

Simone Sobiecziak

**HISTÓRIA DA FÍSICA E NATUREZA DA CIÊNCIA EM  
UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE  
SIGNIFICATIVAS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Luiz O. Q. Peduzzi

Florianópolis - SC  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Sobiecziak, Simone  
História da Física e natureza da ciência em  
Unidades de Ensino Potencialmente Significativas /  
Simone Sobiecziak ; orientador, Luiz O. Q. Peduzzi,  
2017.  
314 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e  
Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Educação  
Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. História da  
Física. 3. Natureza da ciência. 4. Aprendizagem  
Significativa. 5. Unidades de Ensino Potencialmente  
Significativas. I. Peduzzi, Luiz O. Q.. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de  
Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. III.  
Titulo.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

**“História da física e natureza da ciência em unidades de ensino potencialmente significativas”**

Dissertação submetida ao Colegiado do  
Curso de Mestrado em Educação  
Científica e Tecnológica em  
cumprimento parcial para a obtenção  
do título de Mestre em Educação  
Científica e Tecnológica

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 04 DE AGOSTO DE 2017.

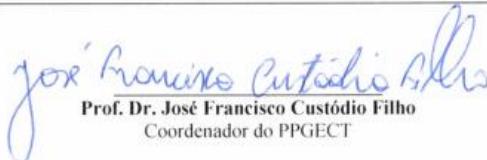
Dr. Luiz Orlando de Quadro Peduzzi (Orientador - CFM/UFSC):

Dr. Breno Arsioli Moura (Examinador - UFABC):

Dra. Isabel Krey Garcia (Examinadora - UFSM):

Dr. José de Pinho Alves Filho (Examinador - CFM/UFSC):

Dra. Sonia Maria Silva Correa de Souza Cruz (Examinadora Suplente - CFM/UFSC):

  
Prof. Dr. José Francisco Custódio Filho  
Coordenador do PPGECT

  
Simone Sobiechzak  
Florianópolis, Santa Catarina, 2017



Este trabalho é dedicado à minha mãe,  
Branca, por todo seu carinho, doação e  
incentivo em minha educação.



## AGRADECIMENTOS

Eis aqui o único momento deste trabalho em que escrevo em primeira pessoa. Uma página destinada a algumas palavras sobre meus sentimentos e emoções... Começo dizendo que o período de mestrado desenvolveu em mim mais do que habilidades acadêmicas; não foram apenas anos de crescimento intelectual, discussões filosóficas e produção científica, mas foram também anos de conquistas pessoais, fortalecimento psicológico, exercício de humildade, de reconhecer a grandiosidade das pequenas coisas e de perceber que quanto mais eu estudava muito mais eu tinha a aprender. Permeando o espaço das emoções, alguns sentimentos de medo, angústia, frustração, em meio a muitas lágrimas, também estiveram presentes. Nesses momentos difíceis pude contar com pessoas especiais, que me ajudaram a enfrentar os desafios e a conquistar meu grande sonho. Por isso afirmo, com convicção, que o mérito não é somente meu, mas de todos os que estiveram presentes em minha vida durante esses dois anos e meio

Agradeço à minha mãe, a Branca, e ao meu pai Valdir, por todo carinho, incentivo e doação para que eu alcançasse esse objetivo. Agradeço ao Rodrigo, meu amor, por todo o apoio, pelos abraços, pelas palavras e por nunca deixar eu me sentir sozinha. Obrigada Célia, minha sogra, por tudo que fez por mim nesses anos de convivência, obrigada por me adotar e por me acolher.

Agradeço aos amigos que ganhei de presente nesse mestrado: Anabel, que foi minha grande incentivadora e amiga, uma pessoa com um grande coração e que inspira paz e amor. Bruno, meu amigo de todas as horas, aquele que descobri como irmão. À Mônica, Yohana, Valdirene, Daiane, minhas amigas que sempre me ouviram no café do EFI e no almoço do RU. Aos meus colegas do grupo, irmãos de orientação, Letícia, sempre doce, sempre pronta a ouvir, sempre me mostrando o lado bom das coisas e Felipe, aquele por quem tenho admiração.

Agradeço ao meu orientador Luiz Peduzzi, por todo o aprendizado e evolução que me proporcionou e pela paciência ao me orientar. Agradeço também aos membros da banca da defesa e da qualificação: à Marinês, uma pessoa incrível, que admiro cada vez mais, Professor Pinho, Professor Breno Arsioli Moura, professora Isabel Krey.

Tenho um agradecimento especial aos alunos que participaram da disciplina Evolução dos Conceitos da Física em 2016-1, vocês foram muito importantes para o trabalho.

Agradeço a toda minha família, meu irmão Cristyan, minha cunhada Daiane, meus tios, primos que sempre tinham palavras de

incentivo para oferecer. Também agradeço a todas as pessoas, as quais nem consigo citar cada uma, colegas de trabalho, alunos, ex-alunos, vizinhos... que sempre demonstraram atenção às minhas conquistas e me proporcionaram palavras de incentivo durante essa jornada.

Tudo isso só foi possível porque todos vocês estiveram comigo.

O-B-R-I-G-A-D-A.

## RESUMO

A presente pesquisa contempla a elaboração, implementação e avaliação de duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) que utilizam certo período da História da Física para promover exemplificações explícitas da natureza da ciência. Buscou-se, com este estudo, investigar a potencialidade dessa proposta em favorecer indícios de aprendizagem significativa sobre o tema em questão. O projeto foi implementado em uma disciplina do curso de graduação em Física da Universidade Federal de Santa Catarina. Tal disciplina faz uma análise histórica e epistemológica dos desenvolvimentos conceituais das teorias físicas, desde os gregos até o século XX. Dentre os assuntos abordados estão os que se encontram nos livros “Força e movimento: de Thales a Galileu” (livro 1) e “Da física e da cosmologia da Descartes à gravitação newtoniana” (livro 2) (PEDUZZI, 2015a, 2015b). Esses dois livros, articulados a outras ações e materiais educativos, foram utilizados para promover a elaboração e implementação das duas UEPS, com o objetivo de verificar a potencialidade dessas unidades de ensino em favorecer indícios de aprendizagem significativa sobre a ndc. Na primeira UEPS, foi utilizado o conteúdo histórico do livro 1 para exemplificar três características da ndc: 1) as diversas influências a que o conhecimento científico é sujeito; 2) as resistências que novos corpos de conhecimento encontram ao tentarem se instituir; 3) a crítica à postura empírico-indutivista na construção do conhecimento. Já na segunda UEPS, o conteúdo do livro 2 foi empregado de modo a exemplificar outras três perspectivas da atividade científica: 4) a falácia de um método científico na construção do conhecimento; 5) a característica provisória do conhecimento e 6) a questão de que os corpos de conhecimento não deixam de fazer parte da ciência e, de sua história, ao perderem sua validade. Os dados oriundos da coleta foram analisados tendo por base a Teoria Fundamentada, na versão de Charmaz (2009), onde foram examinados os possíveis indícios de aprendizagem significativa de cada aluno. A pesquisa evidenciou que a História e Filosofia da Ciência é uma abordagem profícua para exemplificar, explicitamente, a natureza da ciência. Ademais, a análise das duas UEPS indicou que houve indícios de aprendizagem significativa, por efeito das implementações realizadas, em uma expressiva maioria dos estudantes.

**Palavras-chave:** Natureza da ciência. Aprendizagem significativa. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. História da Física. Formação de professores.



## ABSTRACT

The present research contemplates the elaboration, implementation and evaluation of two Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU) that uses a certain period of the History of Physics to promote explicit exemplifications of the nature of science. The aim of this study was to investigate the potential of this proposal in favor of significant learning clues about the subject in question. The project was implemented in a discipline of the undergraduate course in Physics of the Federal University of Santa Catarina. This discipline makes a historical and epistemological analysis of the conceptual developments of physical theories, from the Greeks to the XX century. Among the topics covered are those found in the books "Force and movement: from Thales to Galileo" (book 1) and "From physics and cosmology of Descartes to Newtonian gravitation" (book 2) (PEDUZZI, 2015a, 2015b). These two books, linked to other educational actions and materials, were used to promote the elaboration and implementation of the two PMTU, with the objective of verifying the potential of these teaching units in favor of significant learning clues about ndc. In the first PMTU, the historical content of book 1 was used to exemplify three characteristics of ndc: 1) the various influences that the scientific knowledge is subject; 2) the resistance that new bodies of knowledge find when trying to institute; 3) criticism to the empirical-inductivist posture in the construction of knowledge. In the second PMTU, the content of book 2 was used to exemplify three other perspectives of scientific activity: 4) the fallacy of a scientific method in the construction of knowledge; 5) the provisional characteristic of knowledge, and 6) the question that bodies of knowledge do not cease to be part of science, and of its history, when they lose their vigour. The data from the collection were analyzed based on the Grounded Theory, in the version of Charmaz (2009), where the possible signs of significant learning of each student were examined. The research demonstrated that the History and Philosophy of Science is a profitable approach to explicitly exemplify the nature of science. In addition, to that the analysis of the two PMTU indicated that there were significant evidence of learning, due to the implementations, in a significant majority of the students.

**Keywords:** Nature of science. Meaningful learning. Potentially Meaningful Teaching Units. History of Physics. Teacher training.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: a) O epiciclo e o deferente. b) o movimento de um planeta ao redor da Terra.....	83
Figura 2: O mapa T-O de Barthélemy l' Anglais .....	85
Figura 3: Gravura de Flammarion - Camille Flammarion .....	87
Figura 4: Visão esquemática da relação entre aprendizagem mecânica – ensino potencialmente significativo – aprendizagem significativa. ....	108
Figura 5: Diagrama sobre o método científico .....	226



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Síntese da sequência didática .....	119
Quadro 2: Síntese da sequência didática .....	127
Quadro 3: Codificação dos instrumentos .....	179
Quadro 4: Panorama geral da turma em relação aos indícios de aprendizagem significativa .....	202
Quadro 5: Livros do PNLD 2015 analisados .....	224
Quadro 6: Codificação dos instrumentos .....	237
Quadro 7: Classificação dos alunos em relação aos indícios de aprendizagem significativa .....	267



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Relação entre o número de trabalhos sobre HFC e o número de trabalhos sobre propostas didáticas .....	27
Tabela 2: Formas de abordagem da ndc no ensino.....	62
Tabela 3: Organização dos dados para o cálculo dos escores.....	145
Tabela 4: Escores totais do questionário inicial .....	162



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AS – Aprendizagem Significativa  
C&E – Revista Ciência e Educação (Bauru)  
CAS&MT - *Central Association of Science and Mathematics Teachers*  
CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física  
CSI – *Crime Scene Investigation*  
CTS – Ciência Tecnologia e Sociedade  
CTSA – Ciência Tecnologia Sociedade e Ambiente  
ECF – Evolução dos Conceitos da Física  
EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Física  
FnE – Revista Física na Escola  
HC – História da Ciência  
HFC – História e Filosofia da Ciência  
IENCI – Revista Investigações em Ensino de Ciências  
ndc – natureza da ciência  
OHERIC – Observação, Hipótese, Experimentação, Resultados, Interpretação, Conclusão  
PNLD – Programa Nacional do Livro Didático  
RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física  
SNEF – Seminário Nacional de Ensino de Física  
TAS – Teoria da Aprendizagem Significativa  
TF – Teoria Fundamentada  
UEPS – Unidades de Ensino Potencialmente Significativas  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina



## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>1.A NATUREZA DA CIÊNCIA.....</b>	<b>33</b>
1.1 A COMPREENSÃO DA NATUREZA DA CIÊNCIA PELA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: UMA RETROSPECTIVA HISTÓRICA.....	34
1.2 PERSPECTIVAS ATUAIS DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA.....	38
1.3 CONSIDERAÇÕES FILOSÓFICAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA.....	42
1.3.1 A Ciência Moderna e o Positivismo .....	43
1.3.2 A filosofia da ciência pós-positivista .....	47
1.4 UMA PROPOSTA DE SÍNTESE .....	55
<b>2. O TRATAMENTO DA NATUREZA DA CIÊNCIA POR MEIO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA.....</b>	<b>61</b>
2.1 PERSPECTIVAS DE TRABALHO COM A NATUREZA DA CIÊNCIA.....	61
2.2 A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA.....	64
2.2.1 Considerações desfavoráveis .....	65
2.2.2 Os argumentos favoráveis .....	68
2.2.3 A postura adotada nesta pesquisa .....	71
2.2.4 História da Ciência, natureza da ciência e o exercício da docência.....	72
<b>3. DA CIÊNCIA GREGA À FÍSICA DE NEWTON: POTENCIALIDADES DA HISTÓRIA DA FÍSICA PARA EXEMPLIFICAR A NATUREZA DA CIÊNCIA .....</b>	<b>77</b>
3.1 APRESENTANDO OS DOIS LIVROS SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA UTILIZADOS NESTA PESQUISA .....	77
3.1.1 Organização do estudo dos livros .....	78
3.2 APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DO LIVRO “FORÇA E MOVIMENTO: DE THALES A GALILEU” .....	80
3.3 INCORPORANDO A NATUREZA DA CIÊNCIA AO LIVRO “FORÇA E MOVIMENTO: DE THALES E GALILEU” .....	81
3.3.1 As influências na construção e desenvolvimento do conhecimento (ndc1) .....	82

3.3.2	As resistências suscitadas contra novos corpos de conhecimento (ndc2).....	88
3.3.3	Crítica à concepção atórica da construção do conhecimento (ndc3).....	90
3.4	ESTRUTURA GERAL DO LIVRO “DA FÍSICA E DA COSMOLOGIA DE DESCARTES À GRAVITAÇÃO NEWTONIANA” .....	94
3.5	INCORPORANDO A NATUREZA DA CIÊNCIA AO LIVRO “DA FÍSICA E DA COSMOLOGIA DE DESCARTES À GRAVITAÇÃO NEWTONIANA” .....	95
3.5.1	A recusa da ideia de um único método para construir o conhecimento (ndc4).....	95
3.5.2	O conhecimento possui caráter provisório (ndc5) .....	99
3.5.3	O conhecimento científico para além da superação (ndc6) .....	100
	.....	
<b>4.</b>	<b>ASPECTOS DIDÁTICOS DA PESQUISA: O ESTUDO DA NATUREZA DA CIÊNCIA POR MEIO DE UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS .....</b>	<b>105</b>
4.1	SOBRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	105
4.1.1	Conhecimentos prévios (subsunoeres) .....	106
4.1.2	Aprendizagem mecânica .....	108
4.1.3	Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa .....	109
4.2	UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS .....	110
4.3	CENÁRIO DE APLICAÇÃO DAS UNIDADES DE ENSINO.....	116
4.4	UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (1).....	118
4.4.1	Aspectos sequenciais da UEPS (1) .....	119
4.5	UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (2).....	126
4.5.1	Aspectos sequencias da UEPS (2) .....	127
<b>5.</b>	<b>ASPECTOS INVESTIGATIVOS DA PESQUISA: ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DAS UEPS .....</b>	<b>137</b>
5.1	A METODOLOGIA DA ANÁLISE .....	137
5.2	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS.....	141
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PRIMEIRA UEPS .....	142
5.3.1	Instrumento 1: Questionário (UEPS 1).....	142

5.3.2 Instrumento 2: Discussão de trecho de filme (UEPS 1).....	163
5.3.3 Instrumento 3: Dinâmica em forma de debate (UEPS 1).....	168
5.3.4 Instrumento 4: Diário de campo da pesquisadora (UEPS 1).....	176
5.3.5 Instrumento 5: Avaliação somativa individual .....	181
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA SEGUNDA UEPS .....	204
5.4.1 Instrumento 1: situações-problema introdutórias para verificação de conhecimentos prévios (UEPS 2).....	207
5.4.2 Instrumento 2: exemplificação das três ndc por meio da História da Física presente no filme “Cartesius” (UEPS 2)	220
5.4.3 Instrumento 3: Análise de livros didáticos de Física aprovados pelo PNLD 2015 .....	223
5.4.4 Instrumento 4: exemplificação da ndc pelos alunos (UEPS 2).....	230
5.4.5 Instrumento 5: Avaliação somativa individual .....	240
5.5 ALGUNS ACHADOS.....	269
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>275</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>283</b>
<b>APÊNDICE A –TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DEPOIMENTOS .....</b>	<b>297</b>
<b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO INICIAL .....</b>	<b>298</b>
<b>APÊNDICE C – AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL UEPS (1).....</b>	<b>300</b>
<b>APÊNDICE D – AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL UEPS (2).....</b>	<b>301</b>
<b>APÊNDICE E – TRABALHOS ANALISADOS NO CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>303</b>
<b>APÊNDICE F– LISTA DOS TRABALHOS ANALISADOS NA SEÇÃO 2.1 DO CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>304</b>



## INTRODUÇÃO

A importância de se ter uma visão mais rica e complexa de como a ciência funciona e de que modo ocorre a produção, validação e interlocução do conhecimento científico é uma meta reconhecida pela comunidade de educadores em ciências há muito tempo. Esse assunto, tanto a nível nacional quanto internacional, tem uma história longa, que ainda se mantém como um desafio a ser enfrentado pela educação científica (LEDERMAN, 1992; MATTHEWS, 1995; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; VILAS BOAS et al. 2013; MARTINS, 2015). Nessa perspectiva, uma das premissas básicas para que alunos e professores de ciências possam alcançar compreensões mais amplas *sobre* a atividade científica é a incorporação de aspectos da natureza da ciência (ndc) em suas formações.

A expressão ‘natureza da ciência’ refere-se a um conjunto de ideias sobre a ciência, concebidas pela pluralidade de pontos de vista de filósofos, historiadores e sociólogos da ciência. Cada visão epistemológica produz uma interpretação respectiva da atividade científica e, assim, o confronto de perspectivas distintas leva à reflexão de que não há uma visão única do que possa ser a ndc. Entretanto, quando se fala em abordagem da ndc para o ensino de ciências é possível considerar um nível aceitável de consonância, sobre o qual há mais concordâncias do que desacordos (SÃO TIAGO, 2011). Nesse sentido, na área da educação em ciências, pondera-se que a ndc incorpora um conjunto de conhecimentos produzidos por diferentes disciplinas, a fim de que educadores em ciência possam oferecer aos seus alunos uma caracterização mais clara e reflexiva da atividade científica (LEDERMAN, 2007; SÃO TIAGO, 2011).

Discussões recentes sobre a ndc enfatizam que uma das formas mais eficazes de trabalhar esses estudos na educação científica é por meio de uma abordagem explícita, reflexiva e contextualizada (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000; RUDGE; HOWE, 2009). Ou seja, não basta que os professores levem para a sala de aula afirmações pontuais, específicas sobre as características da construção e desenvolvimento do conhecimento; esses aspectos precisam ser exemplificados em certos contextos, com a consequente reflexão do aluno. Além disso, dada a natureza sofisticada e complexa de boa parte dos conteúdos de ndc, a literatura especializada indica que deve ser utilizado o máximo possível de ilustrações concretas para que não restem significados implícitos, os quais podem levar a percepções inadequadas sobre a atividade científica (LEDERMAN, 2007; MARTINS, 2015).

Entre as diversas possibilidades de abordagens para a ndc, o viés da História e Filosofia da Ciência (HFC) tem sido indicado como um caminho possível e adequado para que esses objetivos apontados pela educação científica sejam alcançados (MATTHEWS, 1995; VANNUCHI, 1996; IRWIN, 2000; PEDUZZI, 2001; SILVA; MARTINS, 2003, MOURA, 2014, para citar alguns). A HFC torna-se um terreno fértil para corroborar e contraexemplificar concepções da ndc. Ela propicia uma visão mais abrangente a respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico, que não são habituais no estudo didático dos “resultados científicos” (MARTINS, 2007; MOURA, 2012).

Em síntese, o uso da HFC no ensino já tem seus benefícios bem reconhecidos pelas áreas de pesquisa em ensino de ciências. Porém, sabe-se que existem algumas adversidades ao se trabalhar com essa estratégia, como, por exemplo, a utilização de textos não condizentes com as exigências da historiografia contemporânea, os quais levam a uma interpretação simplista e ingênua do desenvolvimento de saberes (KLEIN, 1972; WHITAKER, 1979; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Ademais, a utilização da HFC exige, sobretudo, preparo; do contrário, versões eivadas dos fatos podem surgir, como a *quasi-history* – uma reconstrução dos fatos para apresentar os conceitos científicos em uma sequência lógica – e a pseudo-história – uma versão romantizada e idealizada dos fatos históricos (WHITAKER, 1979; ALLCHIN, 2004).

Contemplar um ensino de ciências que ultrapasse as barreiras limitadas dos conceitos científicos e que amplie a abrangência desses conteúdos para a sua construção, desenvolvimento e relação com o mundo, por meio da discussão de questões filosóficas e históricas, não é uma tarefa simples (MOURA, 2008). Em relação a isso, considera-se que promover um trabalho profícuo com a HFC na formação de futuros graduados em Física, seja, então, um fator preponderante, dado que esse tipo de instrução pode fornecer subsídios para que o acadêmico da área de ciências, especialmente de Física, seja capaz de compreender melhor assuntos relacionados a ndc e, também, saber lidar com os principais problemas da ferramenta pedagógica da HFC. Logo, a busca por uma formação histórico-filosófica de qualidade para bacharéis e licenciados em Física torna-se uma das principais justificativas do desenvolvimento deste trabalho. Por certo, os acadêmicos de Física que não enveredarem para o “lado” da docência não prescindem de uma formação que os instrua a conhecer melhor o seu próprio objeto de trabalho: a ciência.

Outro fator preponderante, relacionado ao contexto do assunto que vem sendo desenvolvido nesta introdução, é que grande parte das

pesquisas que versam sobre os benefícios da HFC no ensino tem sido tratadas essencialmente no âmbito teórico (PAIXÃO; CACHAPUZ, 2003; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; BEZERRA, 2014). Tal asserção indica carência de propostas didáticas, que aliem a relação da HFC com a ndc, de maneira explícita. Para fundamentar de forma mais sólida essa argumentação, pode-se recorrer à pesquisa desenvolvida por Bezerra (2014), que utilizou a metodologia do estado da arte para investigar, nos trabalhos publicados em cinco periódicos<sup>1</sup> de ensino de ciências de grande circulação nacional e em dois dos principais eventos<sup>2</sup> em ensino de Física do país, a presença ou ausência de propostas didáticas envolvendo a História e Filosofia da Ciência. O autor investigou todas as publicações desses meios de divulgação desde suas primeiras edições até o ano de 2013.

De acordo com Bezerra (2014), trabalhos sobre HFC têm se mostrado cada vez mais presentes nos periódicos e nos eventos da área. Porém, a preocupação com estudos que abordem propostas didáticas voltadas para o enfoque histórico-filosófico ainda mostra-se irrisória nesse universo de pesquisas. Tal fato pode ser verificado através da sistematização dos resultados do autor, na Tabela 1.

Tabela 1: Relação entre o número de trabalhos sobre HFC e o número de trabalhos sobre propostas didáticas

	nº de trabalhos sobre HFC	nº de trabalhos sobre propostas didáticas	Porcentagem relativa de propostas didáticas em relação ao total de trabalhos sobre HFC
<b>IENCI</b>	16	5	≈31,3%
<b>FnE</b>	39	6	≈15,4%
<b>C&amp;E</b>	53	6	≈11,4%
<b>CBEF</b>	88	7	≈7,9%
<b>RBEF</b>	217	13	≈6%
<b>SNEF</b>	168	33	≈19,7%
<b>EPEF</b>	87	7	≈8%
<b>Total</b>	<b>668</b>	<b>77</b>	<b>≈11,5%</b>

**Fonte:** Elaborado pela autora (2016).

<sup>1</sup> IENCI – Revista Investigações em Ensino de Ciências; FnE – Revista Física na Escola; C&E – Revista Ciência & Educação – Bauru; CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física; RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física.

<sup>2</sup> SNEF – Seminário Nacional de Ensino de Física; EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Física.

A análise percentual desses dados evidencia que apenas 11% de todos os trabalhos sobre HFC que são apresentados nos eventos, ou publicados nos periódicos considerados, são sobre propostas didáticas para o ensino de ciências. Essa lacuna apresentada por Bezerra (2014) enfatiza a necessidade desse tipo de trabalho e, portanto, abre caminhos para a presente pesquisa.

Outro dado importante, também constatado pelo autor, diz respeito às 77 propostas didáticas, das quais somente 28 foram desenvolvidas e aplicadas no ensino superior; as 49 restantes foram empregadas no ensino fundamental e médio. Além disso, dessas 28 propostas voltadas para o ensino superior, apenas 7 eram relacionadas a natureza da ciência.

Tendo em vista essa problemática, busca-se, neste trabalho, apresentar duas propostas didáticas voltadas para a formação histórico-filosófica de futuros professores e pesquisadores de Física, bem como a sua consequente implementação e avaliação. Utiliza-se da perspectiva teórica das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) (MOREIRA, 2011) para conduzir o desenvolvimento do material didático, com o intuito de proporcionar indícios de aprendizagem significativa, de uma compreensão explícita de aspectos da natureza da ciência, por meio do estudo de certo período da História da Física. As UEPS são sequências didáticas fundamentadas em teorias de aprendizagem e sugeridas por Moreira (2011); elas têm como objetivo principal promover indícios de aprendizagem significativa. Nesse sentido, a elaboração, implementação e avaliação das unidades de ensino da presente pesquisa são fundamentadas na teoria da aprendizagem significativa, na versão clássica de David Ausubel (1968, 2000).

A implementação das sequências didáticas realizou-se em uma disciplina, do curso de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, a qual tem por objetivo principal contextualizar histórica e socialmente a evolução das teorias físicas, bem como propiciar elementos que permitam aos estudantes uma compreensão epistemológica do desenvolvimento destas teorias. Dentre os conteúdos abordados na matéria em questão, estão os que se encontram nos livros “Força e movimento: de Thales a Galileu” e “Da física e da cosmologia da Descartes à gravitação newtoniana” (PEDUZZI, 2015a; 2015b). Certos episódios da História da Física presentes nesses dois livros, articulados a outras ações e materiais educativos, estruturaram duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, a partir das quais foram promovidos, aprofundados e discutidos vínculos mais específicos entre o conteúdo histórico e um conjunto de seis características da ndc, com suas respectivas exemplificações e contraexemplificações explícitas.

Os seis aspectos da ndc foram eleitos, levando-se em consideração as sobreposições entre os filósofos Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend e, também, as especificidades deste trabalho, uma vez que um dos objetivos da pesquisa foi relacionar características da ndc com um período da História da Física. Dessa forma, foram elencadas concepções que possibilitassem ser exemplificadas e contraexemplificadas, de maneira profícua, pelos momentos históricos selecionados entre os dois livros.

As concepções sobre a ndc, exploradas neste trabalho, apresentam-se nas seguintes proposições:

- 1. O trabalho científico é influenciado por fatores políticos, sociais, religiosos, afetivos, convicções pessoais; a ciência é um empreendimento humano que não se desenvolve isoladamente e de maneira neutra.*
- 2. A aceitação de novos conhecimentos nada tem de trivial, a substituição de teorias envolve persuasão, disputas e grandes períodos de resistência;*
- 3. A construção do conhecimento por meio de observações ou experimentações neutras, que não envolvem vínculos do observador/experimentador com o fenômeno, é uma falácia; os dados por si só não geram conhecimento.*
- 4. A ideia de um conjunto de regras universais para se fazer ciência, como se existisse apenas um método científico desfigura o processo da construção do conhecimento; o empreendimento científico envolve inúmeros procedimentos, os quais são dinâmicos, não lineares, subjetivos e essencialmente criativos.*
- 5. Corpos de conhecimentos científicos, mesmo os mais amplamente aceitos, são inerentemente provisórios. O conhecimento está sempre sujeito a ser modificado, caso surjam novas teorias que expliquem de forma mais satisfatória os fenômenos.*
- 6. Nenhum conhecimento deixa de ser científico porque foi substituído. No período de sua vigência ele se constituiu em um corpo de conhecimento coerente, com poder explicativo e preditivo.*

Portanto, norteado por reflexões epistemológicas contemporâneas sobre a natureza da ciência e por fundamentos da teoria da aprendizagem significativa, o presente estudo objetiva responder:

**Como Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), baseadas na História da Física, podem promover aprendizagem significativa sobre a natureza da ciência?**

Para responder a esta pergunta de pesquisa foram elencados alguns objetivos.

Objetivo Geral:

- Elaborar, implementar e avaliar duas propostas didáticas que promovam a exemplificação da natureza da ciência por meio da História da Física, com o uso de UEPS, à luz da teoria da aprendizagem significativa.

Da mesma forma, com o intuito de responder ao problema de pesquisa e contribuir para a construção das UEPS, o objetivo geral foi desdobrado em objetivos específicos, quais sejam:

- Explorar concepções sobre a natureza da ciência presentes em seis proposições, de maneira a exemplificá-las no desenvolvimento de duas UEPS;
- Identificar as potencialidades do conteúdo histórico presente nos dois livros selecionados, para exemplificar e contraexemplificar o conjunto de seis características da ndc;
- Elaborar duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas utilizando como conteúdo principal a História da Física e a consequente exemplificação explícita da ndc;
- Implementar e avaliar as UEPS.

A pesquisa, objeto desta dissertação, foi estruturada em cinco capítulos:

O primeiro capítulo, intitulado “*A natureza da ciência*”, apresenta aspectos da literatura e reflexões sobre a natureza da ciência. Nele, são investigadas as diferentes perspectivas dadas à ndc, nos seus mais de 100 anos de existência. Além disso, o tratamento que a expressão ndc recebe no panorama atual também é explorado. Da mesma maneira, o trabalho expõe um percurso epistemológico da ndc, desde o período da Ciência Moderna até a atualidade. Por fim, são estudadas as seis proposições sobre a ndc a serem exploradas nas UEPS.

No segundo capítulo, intitulado “*O tratamento da natureza da ciência por meio da História e Filosofia da Ciência*”, apresentam-se

algumas formas de abordagem da ndc no ensino de ciências, enfatizando-se que uma das áreas mais citadas pela literatura especializada para proporcionar uma compreensão mais adequada de aspectos relativos à ndc é a História e Filosofia da Ciência (HFC).

O próximo capítulo, *“Da ciência grega à física de Newton: potencialidades da História da Física para exemplificar a natureza da ciência”*, apresenta o conteúdo dos livros utilizados nas UEPS “Força e movimento: de Thales a Galileu” e “Da física e da cosmologia da Descartes à gravitação newtoniana” (PEDUZZI, 2015a, 2015b) e retratam-se exemplificações e contraexemplificações, das seis proposições eleitas, da ndc, a partir do estudo de certos episódios históricos presentes nestes dois livros.

No capítulo 4, *“Aspectos didáticos da pesquisa: o estudo da natureza da ciência por meio de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas”*, são expostos os aspectos didáticos da pesquisa, que se referem ao contexto em que o trabalho foi desenvolvido e ao detalhamento dos passos sequenciais das unidades de ensino elaboradas. Além disso, é realizada a exposição do referencial teórico da teoria da aprendizagem significativa e das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.

O último capítulo, *“Aspectos investigativos da pesquisa: análise das potencialidades e limitações das UEPS”*, trata dos elementos investigativos da pesquisa, onde são analisadas as potencialidades e limitações das duas UEPS. Neste espaço, é realizada a extensiva exposição da coleta de dados e a discussão dos instrumentos utilizados. A análise e interpretação do material angariado na pesquisa teve por base a Teoria Fundamentada, na versão de Charmaz (2009), que também é exposta neste espaço.

Após a explanação da análise dos dados, uma síntese com os achados da pesquisa é produzida ao final do capítulo 5. Por fim, as “Considerações Finais”, constituem a última parte do trabalho.



## 1. A NATUREZA DA CIÊNCIA

O entendimento *da* ciência tem sido um propósito extensamente abordado nas pesquisas em educação científica. Tais estudos reconhecem a importância de compreendê-la como um corpo de conhecimentos historicamente construído, imerso no contexto cultural de cada época. Ter conhecimento *sobre* a ciência vai além da compreensão dos conteúdos científicos, envolve seus pressupostos, limites de validade, influências contextuais, possibilita julgar o dogmatismo geralmente presente no ensino de ciências e proporciona senso de reflexão e criticidade (MEDEIROS; BEZERRA FILHO, 2000; FORATO, 2009).

O saber *sobre* a ciência comumente é expressado pela frase natureza da ciência. Tal terminologia é facilmente encontrada em documentos e estudos que tratam do ensino de ciências no Brasil. Na literatura internacional da área, reiteradamente, também são identificadas as expressões “*Naturaleza de la Ciencia*” (em espanhol) ou “*Nature of Science*” (em inglês). Além dessa expressão, que é uma das mais reconhecidas, outras também são utilizadas para o mesmo objetivo, como: natureza do conhecimento científico, natureza das ciências, epistemologia da ciência, ciência como uma forma de saber, desenvolvimento do conhecimento científico, etc.

Ademais, da ampla bibliografia de pesquisas educacionais, no âmbito nacional e internacional, destacam-se documentos governamentais de reforma educacional de vários países, que defendem a pertinência e a importância de levar aos alunos conhecimentos sobre a natureza da ciência (BATISTA, 2007; FORATO, 2009). Esse assunto tem uma história longa que ainda se mantém como um desafio a ser enfrentado pela educação científica.

Entre os argumentos que justificam o ensino da natureza da ciência, Lederman (2007) considera que uma alegação sempre válida (em diferentes períodos e contextos) é possibilitar ao aluno conceber a ciência como um campo de estudo. Para o autor, o ensino da natureza da ciência é defensível quando se tem em vista que seu valor educativo não é simplesmente algo concreto de valor instrumental, mas sim ser inerente à própria ciência. Aliado a isso, Forato (2009) salienta que, para o intrincado processo de construção da ciência, coexistem diversos fatores de um complexo ambiente cultural e não somente aqueles, normalmente, considerados científicos. A autora destaca que entender o desenvolvimento da ciência em seu contexto permite compreendê-la como um campo de estudos humanizado. Cabe enfatizar que a utilização

de análises histórico-filosóficas que tratem de aspectos da natureza da ciência, na educação científica, facilita essa compreensão – e isso será explorado no Capítulo 2.

Nesse contexto, importa ressaltar que um saber historicamente construído envolve certa concepção sobre a forma como fora edificado, ou seja, uma perspectiva relativa aos aspectos epistemológicos do fazer científico. No entanto, existe mais de uma forma de abordagem possível para a natureza da ciência<sup>3</sup> e cada uma delas assume distintas concepções da construção e desenvolvimento do conhecimento científico (MARTINS, 1999). Portanto, faz-se necessário esclarecer o que se entende por natureza da ciência, quais são as suas relações com a Filosofia da Ciência, qual enfoque será dado neste trabalho e quais aspectos serão privilegiados. Desse modo, para uma melhor elucidação dessas perspectivas, serão apresentados a seguir: (i) as mudanças na interpretação da natureza da ciência ao longo dos anos; (ii) como a educação científica tem compreendido a natureza da ciência atualmente e como este trabalho interpreta a ndc; (iii) alguns aspectos epistemológicos da atividade científica e seus vínculos com a natureza da ciência; e (iv) as características sobre a ndc a serem exploradas nesta pesquisa.

## 1.1 A COMPREENSÃO DA NATUREZA DA CIÊNCIA PELA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: UMA RETROSPECTIVA HISTÓRICA

A preocupação alusiva ao entendimento dos estudantes sobre a ciência e sua natureza remonta ao início do século XX. Nessa época, já figuravam como objetivos da educação científica reflexões acerca da atividade dos cientistas e sobre alguns elementos que caracterizavam a ciência (McCOMAS; ALMAZROA; CLOUGH, 1998). Entretanto, o significado e a utilização da terminologia natureza da ciência, tal como são conhecidos atualmente, tomaram forma somente no final da década

---

<sup>3</sup> Importante salientar que neste trabalho o estudo da natureza da ciência leva em consideração bases filosóficas, com o intuito de embasar epistemologicamente os assuntos que se referem às discussões sobre a origem, estrutura e desenvolvimento do conhecimento científico. Esse tipo de abordagem, embora apresente confluências com os estudos da área delimitada como NOS (Nature of Science), não necessariamente se utiliza das mesmas perspectivas de educadores como Norman G. Lederman, William F. McComas, Douglas Allchin, entre outros. Ao se utilizar a sigla 'ndc' para abreviar a expressão 'natureza da ciência', nesta dissertação, não se tem a intenção de relacionar seu significado com a sigla NOS e suas concepções, esta é apenas uma forma de evitar a extensiva repetição do termo.

de 80. Os trabalhos de Norman G. Lederman, principalmente seu artigo de 1992 “*Students’ and Teachers’ Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research*” e documentos oficiais publicados nos Estados Unidos e na Europa no início da década de 90, contribuíram para consolidar o termo e seu significado (MOURA, 2014).

Segundo Lederman (1992) os relatórios da *Central Association of Science and Mathematics Teachers*<sup>4</sup> (CAS&MT) do ano de 1907 já apresentavam argumentos em defesa da compreensão da atividade científica pelos alunos. O volume 9<sup>5</sup> (de março de 1909) do periódico *School Science and Mathematics*, o qual era produto da CAS&MT, já demonstrava um forte argumento em defesa da presença de discussões sobre o método científico e os processos da ciência na educação científica.

No início do século XX, um entendimento adequado da natureza da ciência era relacionado à compreensão e utilização do método científico no ensino de ciências. Nesse período, os educadores consideravam que compreender o método científico era mais importante do que a própria aquisição do conhecimento científico (McCOMAS; ALMAZROA; GLOUGH, 1998). Cabe ressaltar, nesse discurso, a

---

<sup>4</sup> A sociedade foi fundada em 1901, mas sofreu várias mudanças de nome ao longo dos anos. Iniciou em Chicago e foi chamada pela primeira vez de Associação Central dos professores de Física. Em 1902, a Associação tornou-se a Associação Central da Ciência e Professores de Matemática (Central Association of Science and Mathematics Teachers – CAS&MT). Em 1970, a Associação mudou seu nome para Ciência Escola e Associação Matemática (School Science and Mathematics Association (SSMA)), o qual vigora até os dias de hoje. Ao longo dos anos a SSMA em conjunto com a sua revista internacional (School Science and Mathematics), busca elevar o nível do ensino de ciências e matemática. Ela define quatro pontos principais de trabalho: 1) construção e manutenção de uma comunidade de professores, pesquisadores, cientistas e matemáticos; 2) o avanço do conhecimento por meio da pesquisa em ciência, tecnologia, engenharia, matemática e sua integração com a educação; 3) informar a prática através da divulgação de trabalhos acadêmicos; 4) manter uma política que influencia a ciência, tecnologia, engenharia, matemática e sua integração com a educação a nível local, estadual e nacional. Maiores informações em: < <http://www.ssma.org/>>.

<sup>5</sup> Na reunião da seção de biologia do CAS&MT em St. Louis, em 1907, uma comissão foi nomeada para preparar uma declaração sobre "princípios em ensino de biologia". Esse relatório dessa comissão foi apresentado em 1908, na reunião da seção em Chicago. A narrativa foi apresentada pelo Dr. T. W. Galloway, cujos comentários pessoais seguem imediatamente o relatório da comissão. A narrativa foi publicada em março de 1909, no volume 9 do *School Science and Mathematics*.

influência positivista da época, que considerava o aspecto metódico como uma das principais características da ciência. De acordo com Cupani (1989), a corrente positivista defende que a objetividade da ciência é possível porque a pesquisa supõe sempre procedimentos definidos, de comprovada eficácia, para se atingir o conhecimento almejado. O autor enfatiza que o aspecto metódico da ciência, para o positivismo, tem duplo sentido: por um lado porque existe um método geral na ciência (uma maneira de proceder que caracteriza uma pesquisa como “científica”, independente do tema); por outro lado porque cada etapa de uma pesquisa, de acordo com a natureza do tema, exige diferentes técnicas que dizem respeito a identificação dos problemas, à sua adequada formulação e resolução e à avaliação do resultado obtido.

Avançando-se para a segunda metade do século XX, é possível constatar que a explicação formal do que hoje é conhecido como natureza da ciência foi afirmada explicitamente como um objetivo essencial ao ensino das ciências pela *National Society for the Study of Education*. De acordo com McComas, Almazroa e Clough (1998), a forma como esta questão foi apresentada pela entidade americana *National Society for the Study of Education* pode ser vista a seguir:

Existem dois principais objetivos do ensino de ciências: um é o conhecimento, e o outro é o empreendimento. Dos cursos de ciência os alunos devem adquirir um útil comando dos conceitos e princípios da ciência. A ciência é mais do que uma coleção de fatos isolados e sortidos[...] Um estudante deve aprender alguma coisa sobre o caráter do conhecimento científico, como ele tem sido desenvolvido e como ele é usado (McCOMAS; ALMAZROA; CLOUGH, 1998, p.513).

Ao longo das próximas décadas, a conceituação da natureza da ciência foi se modificando devido a evolução da História, Filosofia e Sociologia da Ciência. Isso fez com que educadores e organizações de educação atribuíssem significados diferentes para a expressão natureza da ciência (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000; SÃO TIAGO, 2011). Um exemplo relevante, para deixar isso explícito, é a repercussão que teve o trabalho de Thomas Kuhn<sup>6</sup> sobre a compreensão que se tem de ciência. As interpretações e definições de ndc apresentadas por educadores em

---

<sup>6</sup> Em particular seu livro ‘A estrutura das revoluções científicas’ (Kuhn, 1962).

ciências, antes e depois do trabalho de Kuhn, não permaneceram as mesmas (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000). Ao lançar um olhar sobre essa área no último século, pode-se verificar essas mudanças no significado da ndc. Quanto a isso, Abd-El-Khalick e Lederman (2000) fazem uma retrospectiva sobre o assunto, perpassando todo o século XX. De acordo com os autores, do período aproximado de 1900 até 1960, a preocupação da ndc girava em torno das lógicas normativas para justificar as afirmações científicas, em vez de um relato descritivo de como a ciência funcionava. Nesse estágio, os fundamentos psicológicos e sociológicos eram considerados externos ao desenvolvimento da ciência e, por isso, eram suprimidos. Pode-se resumir essa etapa de estudo da ndc condensando seu significado a compreender o método científico.

A partir de 1960 até aproximadamente 1970, concepções sociológicas, psicológicas e culturais foram invocadas nas tentativas de descrever o trabalho científico. Nessa época, o significado da ndc estava em torno das habilidades de investigação e nos processos científicos (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

No período de 1970 até 1980 aproximadamente, Abd-El-Khalick e Lederman (2000) descrevem que a ênfase foi dada à conciliação entre as descrições da ciência com a prática científica. O conhecimento científico foi caracterizado como provisório, coletivo, humanístico, histórico e empírico (entre outras características). Foi levado em consideração o discurso sociológico do cientista, a adoção geral de uma abordagem “externalista” para o desenvolvimento da ciência e as questões científicas eram situadas em seus contextos sociais e culturais.

Segundo Abd-El-Khalick e Lederman (2000), de 1980 até aproximadamente 1990, começam a aparecer fatores psicológicos nas definições da ndc, como o reconhecimento de que as observações são carregadas de teoria e o papel da criatividade. A estrutura social das organizações científicas e o papel do discurso social na validação das reivindicações da ciência também entraram em cena. Nessa época, um entendimento adequado da ndc estava relacionado à compreensão da natureza empírica e experimental do conhecimento científico e a apreciação do papel central da teoria e investigação em ciência.

A partir de 1990, a ndc passou a incorporar elementos gerais da Filosofia, Psicologia, Sociologia e História das Ciências. A partir desta data, contempla, de maneira geral, os significados que perduram até o momento (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000). Para uma caracterização mais atual, pode-se citar Vázquez et al. (2008, p. 34):

O conceito de NdC engloba uma variedade de aspectos sobre o que é a ciência, seu funcionamento interno e externo, como constrói e desenvolve o conhecimento que produz, os métodos que usa para validar esse conhecimento, os valores envolvidos nas atividades científicas, a natureza da comunidade científica, os vínculos com a tecnologia, as relações da sociedade com o sistema tecnocientífico e vice-versa, as contribuições desta para a cultura e o progresso da sociedade.

Essa descrição, embora considerada bem global, não é consenso na literatura especializada da área. Há diferentes interpretações, rotas, pontos de partida e conclusões sobre o que significa a terminologia natureza da ciência. À vista disso, a próxima seção aborda características da compreensão da ndc na atualidade.

## 1.2 PERSPECTIVAS ATUAIS DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA

Nesta seção serão apresentadas interpretações mais recentes sobre enfoque da natureza da ciência pela educação científica, a partir de uma revisão de artigos. A análise envolveu trabalhos publicados nas revistas: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Ciência e Educação (C & E), Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) e a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), no período compreendido entre 2010 e 2015. Após a triagem<sup>7</sup> inicial, foram encontrados 17 artigos no CBEF, 42 na C&E, 20 na Ensaio, 22 na IENCI e 16 na RBEF, totalizando 117<sup>8</sup> trabalhos.

De todas as formas de abordar o tema ndc, implícita ou explicitamente, foram estabelecidos dois grupos: um apresentou a especificação do que os autores estavam entendendo por ndc e o outro apenas caracterizou o significado da expressão em torno das concepções, aspectos e visões da ndc. Nesse segundo caso, alguns trabalhos apresentaram essas “visões sobre a ndc”, outros somente argumentaram que é possível explorar as concepções da ndc em certas áreas do ensino em ciências e não deram maiores explicações. Portanto, do conjunto de

---

<sup>7</sup> Os artigos selecionados continham a expressão ‘natureza da ciência’ no título, no resumo ou no corpo do texto.

<sup>8</sup> Esses mesmos 117 trabalhos utilizados nesta análise, serão explorados no Capítulo 2, para enfatizar outras características relacionadas à ndc.

trabalhos analisados, um subconjunto de 9<sup>9</sup> artigos, enfatizou-se o que os autores estavam compreendendo por natureza da ciência e serão apresentados a seguir. O restante das pesquisas, que não apresentaram tal descrição, não serão objeto de análise.

Vital e Guerra (2014) conduzem uma investigação com professores de Física egressos de um Mestrado Profissional. O objetivo do artigo foi analisar os caminhos seguidos na construção de propostas pedagógicas que utilizem a ndc como eixo condutor e estudar como as referências atuais sobre a ndc foram associadas por esses professores. Os pesquisadores apresentam a definição do termo ndc com base em Lederman (1992). Para eles, ndc reúne saberes sobre o conhecimento científico, envolvendo os cenários de produção da ciência, os métodos utilizados e o papel dos cientistas. Além disso, os autores salientam que ndc contempla a conexão da ciência com a tecnologia e com a sociedade, bem como com a História, Sociologia e Filosofia da Ciência.

Guttmann e Braga (2015) utilizam um tema específico da Física para tratar certas características da ndc. Eles fazem a aplicação de questionários pré e pós-teste e aplicam um projeto com alunos do segundo ano do ensino médio. Durante as colocações sobre os aspectos da natureza da ciência os autores fazem breves descrições do significado do termo. Para eles, as questões que tratam da natureza da ciência são referentes aos processos de construção do conhecimento científico. Existem ainda dois aspectos sobre a ndc que são enfatizados pelos autores: o primeiro é que o trabalho nesse viés, normalmente, é desenvolvido no interior das disciplinas, com empreitadas individuais de professores que têm interesse pela temática; o segundo é que, no trabalho com a ndc, os assuntos relativos a esse tema não devem substituir os conteúdos das disciplinas, mas os alunos precisam ter um conhecimento básico acerca dessas questões.

Vilas Boas et al. (2013) apresentam, em primeiro lugar, uma discussão acerca da inserção dos conteúdos sobre História da Ciência (HC) no ensino de ciências. Eles levam em consideração os argumentos contrários e favoráveis, mas posicionam-se favoravelmente à questão. Depois, fazem um levantamento bibliográfico sobre o consenso da importância de discussões sobre a ndc. Em relação à definição do termo, defendem que natureza da ciência é “aquilo que a ciência é”, argumentando que trabalhar com a História da Ciência mostraria a realidade sobre a construção do conhecimento científico e, assim, seria

---

<sup>9</sup> No Apêndice E, há uma lista com as referências dos trabalhos analisados neste capítulo.

possível estudar aquilo que a ciência é realmente. Os autores fazem relação da natureza da ciência com a HC durante todo o desenvolvimento do trabalho e defendem que uma forma de se entender a ndc é pelo estudo de como a ciência se desenvolveu ao longo da história. Por fim, salientam que o tema da natureza da ciência é bastante antigo e enfatizam a ideia de que seu significado epistemológico é profundo para o ensino de ciências.

Martins (2015) aborda questões sobre a natureza da ciência no ensino de ciências, mais especificamente sobre o que ensinar e a respeito das visões consensuais nesse campo. Ao final, sugere uma abordagem mais diversificada para lidar com o “saber sobre a ciência” no currículo escolar de ciências. O autor apresenta vários aspectos sobre o que deve ser entendido por natureza da ciência e também outras terminologias que têm o mesmo significado. Para ele, alguns adeptos das visões consensuais sobre a ciência e, vários trabalhos norte-americanos, compreendem o termo ndc como natureza do conhecimento científico; isso implica em deixar de lado os aspectos relativos aos processos e métodos da ciência. Ele argumenta, ainda, que outros pesquisadores, dessa mesma nacionalidade, consideram que a investigação científica é um processo que faz parte do conhecimento da ndc, portanto deve ser levado em consideração e não suprimido. Em relação às diferentes terminologias para denominar a natureza da ciência, Martins (2015) considera que esse termo já virou jargão na literatura especializada, mas também pode aparecer como “saber sobre ciência”, “como a ciência funciona”, “epistemologia da ciência” ou “ideias sobre a ciência”.

Senra e Braga (2014) discorrem sobre a instauração de um projeto de investigação científica e tecnológica que foi aplicado com alunos de cursos técnicos voltados para a área científica. Por meio dessa aplicação, utilizaram uma forma de explorar características da natureza da ciência com os alunos. Os autores não deixaram de mencionar o que significa o termo ndc, já que esse era o eixo norteador do desenvolvimento da pesquisa. Segundo eles, a natureza da ciência é compreendida como metaciência. Utilizando como base Irzik e Nola (2011), eles defendem que os estudos sobre esse tema compreendem os problemas relacionados à construção do conhecimento.

Moreira e Marandino (2015) utilizam a abordagem do “teatro de temática científica”, o qual consiste em uma forma de teatro, que se dispõe a contribuir com a divulgação e a educação científica, para alcançar componentes da alfabetização científica. Tal como o eixo central da pesquisa, os autores delimitam a ndc como um componente dessa alfabetização. Como o artigo é voltado para características de Ciência, Tecnologia e Sociedade (no eixo CTSA), sempre que o termo natureza da

ciência aparece, ele vem acompanhado da expressão 'natureza da tecnologia'. Nesse contexto, os autores salientam que o conhecimento da ndc e da natureza da tecnologia envolve aspectos humanos, éticos e os processos pelos quais os conhecimentos científicos são produzidos.

Souza e Chapani (2015) promovem, por meio de documentos e entrevistas semi-estruturadas, um estudo de concepções sobre a ndc com formandas de um curso de pedagogia. Os autores utilizam como base Guisasola e Morentin (2007) para fundamentar a definição de ndc. Eles dizem que o termo engloba áreas como História, Filosofia e Sociologia para refletir o que é ciência, como os cientistas trabalham – enquanto grupo social, e como a sociedade se comporta frente a isso. Salientam que a ciência é uma produção humana e histórica, situada em um contexto que possui características políticas e socioeconômicas.

Pujalte, Porro e Arduriz-Bravo (2014) utilizam o estado da arte para investigar as imagens de ciência e cientista apresentadas por professores de ciências. Eles também refletem como essas imagens são repercutidas nas aulas desses professores. Os autores interpretam a ndc como uma linha constituinte da alfabetização científica, de conteúdo metacientífico. Salientam que a ndc tem relação com questionamentos sobre o que é a ciência, como ela se modifica ao longo do tempo e como se relaciona com a sociedade e com a cultura.

Almeida e Farias (2011) fazem um trabalho de revisão teórica sobre a natureza da ciência na formação de professores que atuam na área de ensino de ciências. Os autores sustentam (com base em McComas; Clough; Almazroa, 1998) que a ndc articula disciplinas de educação científica e que ela analisa e descreve a ciência em si mesma; o trabalho cita, ainda, outras referências para definir o que é ndc. Os pesquisadores argumentam que ela envolve historiadores, filósofos e sociólogos, abrangendo aspectos de vários estudos sociais da ciência; indicam que ela descreve o que é ciência, como os cientistas trabalham e como a sociedade reage aos esforços científicos; mencionam a reflexão dos métodos que validam o conhecimento, o funcionamento interno e externo da ciência. Por fim, indicam que a compreensão da ndc guia o professor para uma rica descrição do que é ciência aos seus alunos.

Como consideração sobre os trabalhos analisados, é possível assinalar que a área de educação científica apresenta diversas formas de caracterizar a natureza da ciência. Alguns autores valorizaram mais aspectos externalistas, outros enfatizaram características internalistas do desenvolvimento científico e, também, houve os que abordaram as duas

perspectivas, interna/externa<sup>10</sup>, da natureza da ciência. Cabe salientar que, de acordo com a historiografia contemporânea da HC, não deve existir essa dicotomia entre os enfoques internos/externos do desenvolvimento científico; ao se abordar a História da Ciência, os dois pontos de vista, idealmente, devem ser contemplados. Aliado a esses elementos, verificou-se que os trabalhos que têm uma abordagem mais sociológica da ciência, dão grande ênfase aos aspectos relativos à repercussão e reação da sociedade frente aos esforços científicos. Em princípio, essas diferenças de abordagem não configuram discordâncias ou oposições, mas sim perspectivas filosóficas diferenciadas entre os pesquisadores. Os trabalhos examinados revelam o quanto o tema é complexo, a dificuldade de se chegar a uma concordância em relação ao conhecimento *sobre* a ciência e como isso tem se refletido na literatura recente da área.

Após as reflexões suscitadas pela literatura, cabe deixar claro qual a perspectiva sobre a natureza da ciência defendida neste trabalho. Considera-se que a natureza da ciência envolve uma multiplicidade de perspectivas sobre o que é a ciência, em seus aspectos internalistas e externalistas. Ela também contempla aspectos da construção e desenvolvimento do conhecimento científico, suas características histórico-filosóficas, que processos são utilizados para validar os conhecimentos, os valores da comunidade científica e as relações da sociedade com o empreendimento científico.

### 1.3 CONSIDERAÇÕES FILOSÓFICAS SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA

Para possibilitar maiores esclarecimentos sobre o tema, apresentam-se, a seguir, certas vertentes epistemológicas da atividade científica, as quais servem de base para compreender as mudanças filosóficas no constructo da ndc. O período inicial a ser explorado é o da Ciência Moderna. Após, são feitas incursões ao projeto positivista e, por fim, tecidas considerações sobre a filosofia contemporânea.

---

<sup>10</sup> De acordo com Oliveira e Bispo (2012) uma abordagem externalista corresponde a aspectos extracientíficos presentes no desenvolvimento do conhecimento científico, ou seja, envolvem o contexto social, cultural, político ou religioso em que determinado conhecimento científico foi desenvolvido. Já a abordagem internalista é aquela que discute aspectos referentes à teoria, à episteme do conhecimento científico; ela analisa o conteúdo conceitual da ciência.

### 1.3.1 A Ciência Moderna e o Positivismo

Pode-se convencionar que o ciclo da Ciência Moderna corresponde, aproximadamente, ao início do século XVII até o final do século XIX (ROSA, 2012). Esse período é marcado pelas influências das transformações que ocorreram com o Renascimento Científico, a partir das insatisfações com as ideias e explicações do Mundo Medieval sobre a natureza. Há uma abertura social forte, fruto do momento histórico de mudança paradigmática e declínio de uma forma de ver e governar o mundo.

O saber da Antiguidade, bem como da Autoridade e da Escolástica já eram abertamente contestados, pois as explicações da Fé, da Revelação e do Idealismo eram inadequadas para satisfazer a mudança, ampla e social, ocorrida na estrutura do pensamento, que agora requisitava uma explicação objetiva e racional do Universo (ROSA, 2012). As inconsistências na maneira de ver o mundo e conceber a natureza eram reafirmadas conforme ocorriam avanços no campo da Astronomia, da Mecânica e da História Natural (ROSA, 2012).

Os métodos da Filosofia Natural, utilizados para construir o conhecimento, foram, aos poucos, perdendo a confiabilidade, uma vez que:

(...) o conhecimento via observação, acumulação de dados empíricos e enumeração dos fenômenos, resultara equivocado, conforme comprovavam os recentes avanços no campo da Astronomia, da Mecânica, da História Natural entre outros (ROSA, 2012, p. 39).

Os descobrimentos marítimos e as inovações técnicas abriram novos horizontes e perspectivas para uma intelectualidade interessada em compreender o mundo. Isso suscitou, na emergente sociedade intelectual, a busca por uma nova metodologia, mais apropriada, para compreender as novas perspectivas de descobrimentos, invenções e inovações (DURBANO, 2012).

Esses processos de mudança foram longos e lentos, com avanços e retrocessos, repletos de obstáculos e percalços. Culminaram na compreensão da emergência de estudos compostos pela observação e experimentação sistemáticas, e na formulação de novas metodologias científicas de trabalho.

Entre tantos outros, pode-se citar que Bacon e Descartes, na área da filosofia, e Galileu e Newton, na área da Física, foram os expoentes do

desenvolvimento dessas novas metodologias para explorar a natureza e o Universo:

Dois filósofos e dois cientistas do século XVII se dedicaram a essa tarefa, da qual resultariam procedimentos metodológicos divergentes, mas não conflitantes: os filósofos Francis Bacon, defensor do empirismo e da indução, e pioneiro da Ciência experimental; René Descartes, defensor do racionalismo e da dedução pura, e respeitado como fundador da Filosofia Moderna; o físico e matemático Galileu Galilei, iniciador do método matemático e experimental, e considerado o fundador da Física Moderna; e o físico Isaac Newton, que se utilizaria de uma síntese metodológica, com a incorporação do empirismo indutivo baconiano, o racionalismo dedutivo cartesiano e o matemático experimental galileano (ROSA, 2012, p. 39).

Francis Bacon (1561 – 1626), conceituado como o primeiro filósofo moderno, fez críticas categóricas a Aristóteles ao publicar, em 1620, a obra *O Novum Organum*. Esse trabalho apresentou certa persistência em erigir um conjunto de regras de investigação que fosse capaz de viabilizar uma forma de conhecimento provedora do controle instrumental sobre as realidades investigadas (OLIVA, 2003). Os princípios de Bacon foram disseminados intentando creditar a superioridade explicativa da ciência, por oposição às pseudociências e à especulação. Essa forma de estruturar o conhecimento era devotada às meticulosas e rigorosas observações, a partir das quais teorias factualmente enraizadas eram formadas, via indução (OLIVA, 2003).

Esse trabalho propalou a concepção empirista e auxiliou na instituição de uma filosofia que predominou por muito tempo na comunidade científica. Sendo considerado o primeiro filósofo experimental (HACKING, 2012), Bacon instituiu, então, o método empírico indutivista. Os pressupostos dessa concepção, para a construção do conhecimento, justificavam que o conhecimento deriva, direta ou indiretamente, da experiência sensível, do observado. A origem e fundamentação de todo o conhecimento está na observação. A partir da coleta e do registro do maior número possível de dados sobre o fenômeno de estudo, as informações devem ser analisadas em busca de regularidades. Após, a avaliação desses elementos possibilitará a

generalização do corolário, onde a universalização dos resultados é interpretada como cânone máximo de investigação.

O inglês Bacon criticava a ênfase no uso exclusivo da faculdade racional, pois considerava que a razão, por si só, não seria capaz de gerar conhecimento (SARGENT, 1989). Em contrapartida a isso, valorizava a experiência, e para que o pesquisador fosse capaz de interpretar a natureza através do verdadeiro caminho da indução, deveria se desvencilhar dos “ídolos” (BACON, 1999). Esses ídolos e noções falsas, de acordo com o filósofo, distorciam a imagem do mundo, obstruindo a mente humana (BACON, 1999).

De maneira geral, o empirismo e sua base indutivista predominaram na filosofia e no trabalho dos estudiosos desde o final do século XVII. Nessa concepção, mesmo os “cientistas” eram vistos como “tábulas rasas” e somente a partir da experiência, dos sentidos e da cuidadosa e sistemática observação do mundo eram capazes de aprender (MASSONI, 2010). Essa visão de mundo sobre a natureza da ciência ficou conhecida como filosofia empirista-indutivista.

René Descartes (1596 – 1650) vive em um período em que a herança do Renascimento é sólida, mas, mesmo assim, a filosofia escolástica continua a ser ensinada nos colégios e universidades da Europa. Em 1637 ele publica, na França, o “Discurso do método”, por meio do qual especifica a sua forma de conduzir a razão na busca do conhecimento: o método racionalista.

A corrente racionalista, ainda que originada na antiguidade grega, desenvolveu-se no século XVII. Ela ressaltava a importância que a razão e os conceitos oriundos da mente desempenhavam no processo de gênese e fundamentação do conhecimento científico. Nessa compreensão, o conhecimento deriva da razão, do intelecto; ele tem sua origem na intuição intelectual das ideias claras e distintas. As percepções são secundárias e até prejudiciais ao conhecimento.

Para o racionalista cartesiano, o homem traz consigo as fontes do conhecimento através da intuição intelectual, e deve renunciar qualquer ideia que não seja evidentemente percebida pelo intelecto. Essa visão opõe-se à empirista de Bacon, que também acredita que o homem tem em si as fontes do conhecimento, mas, diferentemente dos racionalistas, isso se dá pela sua tendência de percepção pelos sentidos, os quais são utilizados ao observar acuradamente a natureza (PEDUZZI, 2016). Os empiristas depositam a confiança da construção do conhecimento nas observações. Já os racionalistas podem assumir diversas espécies de manifestações, como a revelação, intuição, etc. A lógica dedutiva possibilita provar variadas espécies de proposições científicas.

Com o objetivo de realçar outro marco na História da Filosofia da Ciência, faz-se agora um salto para o século XIX, onde surgiu o projeto Positivista. Essa concepção despontou em meados do século XIX, e foi se desenhando como uma nova orientação filosófica ao buscar o ideal de uma teoria científica (BASTOS; CANDIOTTO, 2008).

Na França, o positivismo de Auguste Comte (1798 – 1857) surgiu com um anseio: só o positivo é objeto da ciência (MASSONI, 2010). Os princípios em torno dessa filosofia indicavam que só é positivo aquilo que pode ser experimentado; também havia a convicção de que o homem poderia sistematizar o funcionamento da natureza, o que levou cientistas e filósofos a aderirem ao “método científico”<sup>11</sup>.

No decorrer do século XIX e início do século XX, surgiram rupturas epistemológicas e distintos campos de pesquisa, além do desenvolvimento geral da ciência. No entanto, isso não erradicou o projeto Positivista na unificação do saber, e então surge, nas primeiras décadas do século XX, uma nova onda para essa filosofia, o positivismo lógico, ou neopositivismo (MASSONI, 2010).

O positivismo lógico, que começou em Viena, teve seu declínio iniciando na década de 1950, mas, mesmo sendo letra morta na Filosofia da Ciência atual, essa concepção de ciência, ainda, tem fortes influências no imaginário popular de cientistas, estudantes e de professores de ciências (MASSONI, 2010).

Chalmers (1993, p. 20) salienta que o positivismo lógico foi:

(...) uma forma extrema de empirismo, segundo o qual as teorias não apenas devem ser justificadas, na medida em que podem ser verificadas mediante um apelo aos fatos adquiridos através da observação, mas também são consideradas como tendo significado apenas até onde elas possam ser assim derivadas.

---

<sup>11</sup> De maneira geral, o método científico é citado como uma sequência pré-determinada de passos que são supostamente seguidos pelos cientistas. Esse método se configura como uma receita infalível para construir o conhecimento e chegar a resultados confiáveis. O método se apresenta de várias formas: uma delas é a sequência OHERIC (observação, hipóteses, experimentação, resultados, interpretação e conclusão); outra, envolve a concepção de que a ciência se inicia com um problema (onde, a partir dele, são acumuladas evidências empíricas e mensuráveis através da observação; depois disso, são elaboradas as hipóteses e então acontece a experimentação para a verificação das conjecturas).

Essa nova ascensão do positivismo encontrou um terreno não muito propício para o seu desenvolvimento, pois ocorreu em uma época que “com o advento da Física Quântica e da relatividade de Einstein, a Física estava avançando espetacularmente e era muito difícil conciliá-la com o positivismo” (CHALMERS, 1993, p. 21). Além disso, quando A. J. Aver introduziu o positivismo lógico na Inglaterra com seu livro “Linguagem, Verdade e Lógica” e se tornou um dos mais famosos ingleses, encontrava-se pregando uma doutrina com deficiências fatais, que já estavam sendo colocadas à tona. Paradoxalmente, nessa mesma época, Karl Popper em Viena e Gaston Bachelard na França já publicavam obras que refutavam diretamente o positivismo (CHALMERS, 1993).

As publicações de Popper e Bachelard foram negligenciadas naquele momento e a maré do positivismo não foi afetada, inicialmente, pelas insuficiências apresentadas. No entanto, com o passar do tempo a Filosofia da Ciência avançou, e após o marco do Positivismo foram se delineando novas concepções. A seguir serão balizadas ideias gerais sobre a filosofia contemporânea e sua relação com a natureza da ciência.

### **1.3.2 A filosofia da ciência pós-positivista**

O final do século XIX e início do século XX foi um período de grande efervescência na ciência, em particular no campo da Física. Essa nova Física ficou conhecida como Física Moderna, apesar de não haver um consenso sobre a cronologia que delimita os períodos clássicos, moderno e contemporâneo. De acordo com Ostermann (1999), compreende-se que a Física Moderna se constituiu entre o final do século XIX até a década de 40 e a Física Contemporânea, após o início da Segunda Guerra Mundial até atualmente.

Insuficiências foram transparecendo nesse panorama na medida em que a visão científica de mundo foi avançando. A exemplo, o determinismo e a relação causa-efeito de uma ideologia reducionista cederam seu lugar a uma ciência não-linear, com espaço para explicações alternativas das teorias e que entende a realidade do universo como uma entidade de natureza complexa (BLIGH, 1989).

Esse gigantesco avanço estremeceu as bases da ciência até então conhecida. Dessa forma, importantes questões relativas a visão clássica do mundo foram suscitadas. Como a Física Clássica não era capaz de responder as dúvidas que esses novos fenômenos suscitavam, uma nova ciência passou a ser construída (CORDEIRO; PEDUZZI, 2011).

O resultado, como se sabe, culminou em novas concepções científicas. Notou-se que a estrutura mais fundamental da matéria, o átomo, era composta de estruturas ainda menores, e guardava consigo enorme energia, conceito que recentemente passara a ser compreendido como uma grandeza não mais contínua, mas, sim, discreta (CORDEIRO; PEDUZZI, 2011, p. 1).

A Filosofia da Ciência foi impulsionada, por esse desenvolvimento da ciência, a lançar um novo olhar para a natureza da ciência e para o trabalho científico. Teve que discutir seus métodos e normas, o papel da observação e experimentação, a racionalidade, entre tantos outros conceitos. Isso a levou a um notável avanço nas suas concepções sobre o conhecimento científico (CHALMERS, 1993; OLIVA, 2003; FRENCH, 2009). Além disso, cabe ressaltar que as grandes revoluções ocorridas na ciência física ocorreram no fim do século XIX e no começo do XX, mas a filosofia só foi considerar a Filosofia da Ciência, profundamente, na década de 1960. Não há exatamente uma relação de causa e efeito, mas uma conjuntura social que levou a essas revoluções filosóficas.

Até o início do século XX, a filosofia considerava que a ciência distinguia-se de outras formas de conhecimento pelo uso do método empírico e da lógica indutiva; o critério de demarcação, até então, era o da verificabilidade das leis e teorias (MASSONI, 2005). Hoje, a concepção pós-positivista se baseia na ideia de que a ciência é uma construção humana, que envolve criatividade, imaginação, razão, erros, acertos, valores, intuição como outras atividades realizadas pelo homem. A subjetividade, a provisoriabilidade e a existência de múltiplas metodologias para construir o conhecimento são também características da Filosofia da Ciência desse novo tempo. O contexto da descoberta e o contexto da justificativa são concebidos de maneira não dicotômica.

Vários filósofos da ciência contribuíram para o surgimento da ‘nova filosofia’ da ciência no século XX. Todos eles na tentativa de romper com as visões positivistas do conhecimento. O primeiro a ser citado é Karl Popper (1902 – 1994), cujas ideias podem ser situadas na transição entre o empirismo lógico e as novas tendências mais radicais que surgiram na Filosofia da Ciência neste período.

O debate entre Popper e os positivistas iniciou com a discussão sobre o *critério de demarcação* de enunciados científicos e pseudocientíficos. Outros itens que também fizeram parte da pauta de críticas que esse filósofo passou a empreender ao positivismo foram relacionados à recriminação do modelo de

investigação positivista, fundamentado na observação como fonte indubitável de conhecimento, uma vez que a ausência de embasamento lógico para o método da indução resultava na sua impossibilidade de garantir a verdade das afirmações científicas (OKI, 2006). A partir disso, Popper propôs uma nova visão de análise lógica e da natureza das hipóteses científicas.

Ao criticar a filosofia empirista-indutivista, Popper considera que a indução não possui argumentos lógicos válidos, porque não se pode usar a indução para justificar a indução (SILVEIRA, 1996). De acordo com o filósofo, é possível se obter, indutivamente, uma conclusão falsa, a partir de premissas verdadeiras. Por esse motivo, a base lógica não é sustentada na indução.

Para Popper, a escolha teórica que o cientista faz para explicar os fenômenos não é guiada pela lógica, mas depende, em grande medida, de seus pressupostos teóricos. Nessa perspectiva, toda observação está arraigada a conhecimentos prévios e expectativas. Isso implica que dois observadores que vêem o mesmo evento podem interpretá-lo de maneiras diferentes, visto que toda observação sempre é precedida de teoria (POPPER, 1982).

Outro ponto a ser levado em consideração, na crítica de Popper ao princípio da indução, diz respeito à necessidade de que um grande número de observações deva ser feito. Não se pode precisar quantas observações podem constituir um 'grande número'. Relacionado a isso, Popper também chama a atenção para a questão da observação ser considerada base segura para derivar o conhecimento. De acordo com o filósofo, os *enunciados observacionais* sempre são realizados na linguagem de alguma teoria e, nessa acepção, a teoria antecede à observação, o que derruba a afirmação empirista-indutivista de que a ciência começa com a observação (MASSONI, 2010).

A construção da ciência para os popperianos é realizada através de *conjecturas e refutações*, ou seja, por meio de hipóteses que são elaboradas humanamente, de maneira livre, para explicar e predizer fenômenos que podem ser refutados pela experiência e, assim, é que se dá o progresso da ciência (MASSONI, 2010). Isso quer dizer que são propostas conjecturas, a partir das quais são elaboradas conclusões gerais controladas por experimentos falseadores. Se a teoria for falseada, deve ser rejeitada. Se o teste corrobora a teoria, ela deve ser submetida a mais testes, cada vez mais rigorosos, com o objetivo de tentar falseá-la. As teorias intensamente falseadas devem ser priorizadas em relação às menos falseáveis. Por isso, de acordo com Popper, os corpos de conhecimento nunca são definitivos, estão sempre sendo colocados à prova.

Aliado à questão da falseabilidade, Popper argumenta que não há um método científico universal que propicie comprovar ou reprová-lo conclusivamente as teorias (POPPER, 1982). De acordo com o filósofo, o

princípio da verificabilidade não é adequado para demarcar a ciência da não-ciência porque a metafísica não é destituída de sentido e, mesmo assim, não é uma ciência. Além disso, segundo Popper, não há um caminho lógico, algorítmico que possa gerir a construção das teorias científicas, isso significa que esse filósofo defende a inexistência de um método científico único e universal.

Segundo a proposta de Popper, o critério de demarcação entre a ciência e outros tipos de conhecimento é a falseabilidade. Porém, mesmo sendo falseáveis, as teorias científicas devem ser interpretadas como tentativas íntegras de descrever uma realidade objetiva (SILVEIRA, 1996).

Dando prosseguimento aos desdobramentos da filosofia pós-positivista no século XX, de acordo com Durban (2012), a partir dos anos sessenta a Filosofia da Ciência orientou-se para perspectivas históricas. Essa concepção foi preponderante nos anos setenta e também início dos anos oitenta e culminou posteriormente no desenvolvimento da reflexão metacientífica no ensino. Esse período ocasionou ampliação na relevância de estudos históricos e sociais, na importância do problema da carga teórica que as observações continham e, também, na atenção ao problema das noções de progresso. Nessa nova etapa da Filosofia da Ciência se sobressaem filósofos como Thomas Kuhn (1922 – 1996), Imre Lakatos (1922 – 1974) e Paul Feyerabend (1924 – 1994).

Um importante marco na Filosofia da Ciência do século XX foi o trabalho de Thomas Kuhn, a partir de sua obra principal *A estrutura das Revoluções Científicas*, de 1962 (OSTERMANN, 1996). Esse livro caracteriza-se por manifestar uma abordagem histórica, onde a História da Ciência fornece elementos para a compreensão da natureza da ciência.

Ao apresentar uma nova visão de ciência, Kuhn elabora críticas ao positivismo lógico na Filosofia da Ciência e à historiografia tradicional. Ele defende, entre outras coisas, que o conhecimento científico não começa com observações neutras, argumentando que a observação é precedida por teorias e, portanto, não há separabilidade entre observação e teoria. Nesse ponto, Kuhn concorda com Popper e intensifica a tese de que o indutivismo não se sustenta (MASSONI, 2005). Kuhn também é contra a concepção de que a construção do conhecimento se dá por indução, é cumulativa<sup>12</sup> e linear, e que o conhecimento científico, daí alcançado, é definitivo; ele acredita que não há justificativa lógica para o método indutivo e admite o caráter construtivo, inventivo e não irrefutável do conhecimento (KUHN, 1998).

De acordo com Kuhn, a ciência progride através de uma seqüência de períodos de *ciência normal*, nos quais a comunidade de pesquisadores

---

<sup>12</sup> Porém, nos períodos de *ciência normal*, ele considera que o conhecimento é cumulativo.

adota um paradigma, interrompidos por *revoluções científicas*, durante os quais ocorrem profundas mudanças conceituais. Ao passo que os novos corpos de conhecimentos são aceitos pelos cientistas, segue-se a nova *ciência normal*, embasada em um novo paradigma. Os paradigmas para Kuhn são “realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KUHN, 1998, p. 13).

No posfácio de *A estrutura das Revoluções Científicas*, de 1969, Kuhn retificou o termo *paradigma* para *matriz disciplinar*. Essa concepção associa um conjunto de compromissos de uma comunidade científica, assim como o antigo paradigma. Ela é chamada de disciplinar porque se refere a uma posse comum aos praticantes de uma disciplina específica e de matriz porque é composta de elementos ordenados de várias espécies (OSTERMANN, 1996).

Os valores constituem um dos elementos de uma matriz disciplinar. Eles são compartilhados pelos cientistas por um período de tempo e concedem certa unidade à atividade investigativa, isso permite que uma comunidade científica seja constituída (KUHN, 2012). Esses valores aderidos pelos cientistas podem ser, por exemplo, a predileção de predições quantitativas às qualitativas ou o respeito à margem de erro permissível numa determinada área. Há, também, valores que devem ser usados para julgar teorias completas, onde são levadas em consideração, por exemplo, a consistência interna, a simplicidade, a compatibilidade com outras teorias, a fecundidade (OSTERMANN, 1996). Cabe salientar que Kuhn, ao descrever a ciência, tenta desmontar a visão positivista de que o conhecimento é construído de maneira totalmente objetiva – e a questão dos valores envolvidos nas comunidades científicas ilustra isso. Ele enfatiza que os critérios adotados pelos cientistas, mesmo que supostamente objetivos, subordinam-se ao cientista que os adere, tendo significados diferentes para diferentes estudiosos.

Outro ponto a ser destacado sobre a filosofia de Thomas Kuhn diz respeito às características da ciência normal<sup>13</sup>. Esse é um período onde há engajamento absoluto e dogmático a um paradigma, o qual concede ao cientista as *regras do jogo*, os problemas suscetíveis de investigação e o objetivo a ser alcançado, as soluções aceitáveis. Todos os problemas

---

<sup>13</sup> Antes de uma ciência em particular se alicerçar como um paradigma do conhecimento, ela passa por um período chamado de pré-ciência. Nessa etapa de desenvolvimento de uma ciência não há consenso sobre os fundamentos de um campo específico do conhecimento e há várias escolas e subescolas em competição (KUHN, 2012).

investigados são dependentes do paradigma vigente e a confiança nesse paradigma é essencial para o desenvolvimento da ciência (KUHN, 1998). Com tanto comprometimento ao paradigma vigente, é de se esperar que os cientistas reajam fortemente a proposições de mudanças significativas na forma com que a investigação científica é normalmente conduzida. “Preconceito e resistência a inovações parecem ser mais a regra do que a exceção no desenvolvimento científico avançado” (KUHN, 2012, p. 24). Portanto, de acordo com a ótica de Kuhn, a substituição de corpos de conhecimento é um processo complexo, que envolve disputas e relutâncias entre comunidades científicas.

A última característica a ser enfatizada sobre o trabalho de Kuhn está relacionada ao período de transição entre paradigmas. No momento de substituição, o antigo paradigma e o novo rivalizam pela primazia na comunidade científica. Como as duas teorias em disputa são logicamente incompatíveis, Kuhn argumenta que os paradigmas competidores possuem concepções de natureza distintas e, assim, são incomensuráveis em suas maneiras de ver o mundo e nele praticar a ciência (KUHN, 2012). Se novas teorias são invocadas para solucionar anomalias na relação entre uma teoria e a natureza, logo, a nova teoria bem sucedida deve possibilitar predições diferentes daquelas oriundas de sua predecessora (OSTERMANN, 1996). Convém salientar que isso não significa que a teoria que foi abandonada perdeu seu *status* de cientificidade, pois, no período de sua vigência, ela se constituiu em um corpo de conhecimento coerente, com poder preditivo e explicativo. Cabe ressaltar ainda que, no pós-fácio de 1969, Kuhn fez novas considerações sobre o assunto da incomensurabilidade, para tentar amenizar as críticas que seu trabalho havia recebido. No referido texto afirma que, embora não se possam contrapor paradigmas adversários, os cientistas, ao se envolverem em debates interparadigmáticos, podem recorrer à tradução com o propósito de constituir um diálogo.

Por sua vez, o húngaro Imre Lakatos apresentou uma “metateoria” (teoria sobre a teoria), que assimila uma versão do falseacionismo de Popper e que, apesar de incorporar algumas ideias de Kuhn, difere dele em diversos pontos (PESSOA JR., 1993). Assim como Popper e Kuhn, Lakatos também criticou a filosofia Positivista e o método empírico-indutivista.

Em seu livro *A Metodologia dos Programas de Investigação Científica*, de 1977, Lakatos descreveu a ciência como um “programa de pesquisa”. Para ele, um programa de pesquisa é uma estrutura que propicia orientações para a pesquisa futura e deve possuir um grau de

coerência que compreenda o mapeamento de um programa estabelecido, além de levar à descoberta de fenômenos novos (CHALMERS, 1993).

Para Lakatos, todos os programas de pesquisa apresentam um *núcleo*, o qual é responsável por conferir unidade a esse programa. O núcleo é associado a uma heurística que estabelece dois tipos de normas metodológicas: uma que determina os caminhos de pesquisa que devem ser evitados (a heurística negativa) e outra que define a forma como prosseguir (a heurística positiva) (DURBANO, 2012).

A heurística negativa impede que o núcleo do programa de pesquisa seja refutado, por isso deve haver um *cinturão protetor*, de hipóteses auxiliares ou complementares, que podem ser modificadas. A heurística positiva indica como modificar e desenvolver esse cinturão (LAKATOS, 1979). Dessa forma, o desenvolvimento da ciência para Lakatos não acontece pelas revoluções ou mudanças de paradigmas relatados por Kuhn, mas pela superação de um programa de pesquisa por outro.

Quando uma inconsistência se manifesta em uma teoria, ela não é simplesmente refutada, de imediato. Ao contrário, um enorme esforço é feito para salvá-la, melhorando ou substituindo seus aspectos problemáticos e preservando os não problemáticos. Ao final “sobrevivem as teorias mais aptas, aquelas que apresentam excesso de conteúdo corroborado em relação às teorias anteriores e que antecipam fatos novos. Pode-se dizer que isso define, para Lakatos, a demarcação entre teorias científicas e não científicas” (MASSONI, 2005). Cabe ressaltar que esse empenho dos estudiosos em proteger o núcleo firme mostra que um corpo de conhecimentos não é abandonado repentinamente. Em consonância com as ideias de Kuhn, existem muitas resistências na comunidade científica, para que novas teorias consigam se instituir.

Os programas de pesquisa podem ser classificados como “progressivos” ou “regressivos”.

Um programa é “teoricamente progressivo” quando cada modificação no “cinturão protetor” leva a novas e inesperadas predições ou retrodições. Ele é “empiricamente progressivo” se pelo menos algumas das novas predições são corroboradas. Sempre é possível, através de convenientes ajustes no “cinturão protetor”, explicar qualquer anomalia. (...) e o programa está “regredindo” ou “degenerando” quando eles apenas explicam os fatos que os motivaram, não prevendo nenhum fato novo, ou, se prevendo fatos novos, nenhum é

corroborado. Um programa está "regredindo" ou "degenerando" se seu crescimento teórico se atrasa com relação ao seu crescimento empírico; isto é, se somente oferece explicações post-hoc de descobertas casuais ou de fatos antecipados e descobertos por um programa rival (LAKATOS apud SILVEIRA, 1996, 223).

Por fim, da Metodologia dos Programas de Pesquisa de Lakatos, é possível deduzir que não existem conhecimentos definitivos, porém, quando um programa regride e outro toma o seu lugar, o que foi abandonado não "morre", ele pode em um momento futuro ser utilizado ainda.

O pensador austríaco Paul Feyerabend adota a tese de que a ciência é um empreendimento essencialmente anárquico no sentido de que "não há uma só regra, embora plausível e bem fundada na epistemologia, que deixe de ser violada em algum momento" (FEYERABEND, 1977, p. 29). Ele compreende o "anarquismo epistemológico" como contestação a um cânone singular, incondicional, absoluto, que vai contra tradições dogmáticas que defendem padrões universais de validade.

Feyerabend defende uma pluralidade metodológica para a construção do conhecimento. Ele argumenta que o cientista deve assumir uma diversidade de métodos, devido ao fato de cada um destes serem plausíveis de uso até certos limites (daí a relevância de se utilizar vários processos metodológicos para obter um maior alcance do desejável, ou seja, do conhecimento). O autor também destaca a importância de se comparar teorias para preservar o processo da competição. "O pluralismo das teorias e das doutrinas metafísicas não é apenas importante para a metodologia; também é parte essencial da concepção humanitária" (FEYERABEND, 1977, p. 71).

Entre os tantos pontos de vista desse epistemólogo contemporâneo, um que merece destaque por ir ao encontro dos objetivos deste trabalho é sobre as influências na evolução científica. De acordo com o pensador, a visão de mundo de cada sujeito influencia na percepção, no pensamento e na forma de argumentação e explicação dos fenômenos. Feyerabend defende que a religião, o mito, os preconceitos e a política exercem influências no trabalho científico.

O último aspecto a ser mencionado sobre as ideias de Feyerabend é o abandono de teorias. Quando um programa de pesquisa (ele utiliza os termos de Lakatos) está em avançado estágio de degeneração, o impulso mais iminente é o de abandoná-lo e substituí-lo por outro que seja mais

promissor. Porém, Feyerabend argumenta que é válido também proceder de maneira oposta, conservando aquele programa, pois os programas que revelam tendência de deterioração podem recuperar-se. “Consequentemente, não se pode racionalmente criticar um cientista que se apega a um programa em degenerescência e não há meio racional de mostrar que são desarrazoadas suas ações” (FEYERABEND, 1977, p. 289). Nesse caso, cabe reforçar a postura de Feyerabend no sentido de argumentar que podem existir resistências a novos corpos de conhecimento e justificar que essa atitude não é irracional. Ele também comenta que os corpos de conhecimento que foram abandonados não deixam de ser científicos por esse motivo, pois no momento em que estavam em vigor apresentavam poder explicativo e preditivo.

Ao concluir as apresentações desses quatro filósofos, cabe salientar que outras epistemologias causaram, também, impactos importantes, tais como Gaston Bachelard, Larry Laudan, Stephen Toulmin, Humberto Maturana, Mario Bunge, Ian Hacking e outros. No entanto, para os propósitos desta dissertação, as ideias mencionadas acima são suficientes para balizar a pesquisa. Em outras palavras, as principais concepções descritas desses epistemólogos dão conta de justificar as características da natureza da ciência que foram exploradas neste trabalho.

#### 1.4 UMA PROPOSTA DE SÍNTESE

A perspectiva sobre o caminho trilhado até aqui permite compreender que a expressão natureza da ciência refere-se a um conjunto de ideias sobre a ciência, fornecidas pelos diversos pontos de vista de filósofos, historiadores e sociólogos da ciência. Cada epistemólogo deu origem a uma visão própria da atividade científica e, assim, o confronto de ideias leva ao pensamento de que não há uma visão única do que seja a ndc. Contudo, quando se fala na abordagem da ndc para o ensino de ciências, é possível considerar que há um nível aceitável de generalidade, sobre o qual há mais consenso do que desacordo (SÃO TIAGO, 2011). Mesmo assim, conforme visto na seção 1.2, existem interpretações diferenciadas e, dependendo da perspectiva do especialista, alguns aspectos são mais valorizados do que outros.

Dada a pluralidade de visões possíveis nas controvérsias epistemológicas, é importante salientar ainda que, embora exista um certo consenso epistemológico sobre a descrição da prática científica, há uma grande discordância em relação às prescrições sobre como a ciência deveria ser. Até porque, é nítido que um consenso geral em nível filosófico é

inatingível: “A ciência é um empreendimento social complexo demais para que dela se possa ter uma caracterização única” (MARTINS, 2015, p. 706).

Com a consciência de que há diferentes ciências e suas naturezas mudam ao longo da história, este trabalho optou por elencar algumas características da atividade científica para serem exploradas mais profundamente. Cabe salientar que a série de tópicos a seguir não tem a pretensão de representar uma forma mais “adequada” de descrever a ciência, mas sim de retratar alguns critérios, estruturas e elementos, que vão ao encontro da perspectiva sobre a natureza da ciência adotada na presente pesquisa.

Os aspectos da ndc foram eleitos levando-se em consideração as sobreposições entre os filósofos Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend e, também, as especificidades deste trabalho, uma vez que um dos objetivos da pesquisa é relacionar características da ndc com um período da História da Física. Posteriormente, essa relação será explorada por meio de uma intervenção didática em uma turma de graduação em Física. Dessa forma, foram elencadas concepções que possibilitassem ser exemplificadas e contraexemplificadas, de maneira profícua, pelo momento histórico selecionado (o que será explorado no Capítulo 3).

Lista de elementos da ndc escolhidos:

**1. O trabalho científico é influenciado por fatores políticos, sociais, religiosos, afetivos, convicções pessoais; a ciência é um empreendimento humano que não se desenvolve isoladamente e de maneira neutra.**

O trabalho científico é desenvolvido por seres humanos – não por robôs automatizados que desempenham suas rotinas friamente, sem motivação, ambição ou criatividade. A personalidade, a origem, os objetivos dos cientistas/pesquisadores são diversificados, e esses fatores influenciam no desenvolvimento de seus trabalhos. Além disso, a ciência está inserida em uma comunidade, a qual é constituída por valores, expectativas, crenças, interesses variados e necessidades que direcionam a investigação (FEYERABEND, 1977; KUHN, 1998).

Uma imagem de ciência neutra, dogmática e individualista é simplista demais, o ofício científico, como empreendimento humano que é, está a todo tempo suscetível a influências.

**2. A aceitação de novos conhecimentos nada tem de trivial, a substituição de teorias envolve persuasão, disputas e grandes períodos de resistência;**

Há uma concepção simplista sobre a ciência de que, quando um corpo de conhecimento com maior poder explicativo e preditivo entra em cena, simplesmente ele desbanca e substitui o conhecimento vigente. Porém, no âmbito da ciência, as teorias que contrariam a supremacia dos conhecimentos já estabelecidos encontram resistências tenazes (FEYERABEND, 1977; LAKATOS, 1979; KUHN, 1998).

Ideias, conceitos e teorias bem sedimentados e de ampla aceitação resistem a conhecimentos que (aparentemente) demonstram as suas insuficiências e apresentam-se mais promissores (ao menos, para os seus autores). Isso não é exceção, mas a regra na ciência (PEDUZZI, 2015b, p. 128).

A relutância em aceitar novas ideias, novos instrumentos e conhecimentos na ciência, pode partir do próprio estudioso, quando se vê questionado sobre seu próprio trabalho, e, assim, defende suas teorias rejeitando as novas. Mas as resistências também podem ser fundamentadas por disputas políticas, ou até religiosas, persuasão, predisposição da comunidade científica para aderir ao novo corpo de conhecimentos, entre outros fatores.

### **3. A construção do conhecimento por meio de observações ou experimentações neutras, que não envolvem vínculos do observador/experimentador com o fenômeno, é uma falácia; os dados por si só não geram conhecimento.**

O pesquisador possui, arraigadas a si, convicções teóricas e crenças, dispõe de conhecimentos prévios, formação e experiências. Esses fatores influenciam seu trabalho e determinam certas expectativas sobre o que ele vai observar e como vai conduzir as explicações (FEYERABEND, 1977; LAKATOS, 1979; POPPER, 1982; KUHN, 1998). De acordo com as concepções atuais da filosofia da ciência, compreende-se que “as teorias não são elaboradas apenas com a matéria-prima dos fatos [os dados observados], mas também com a inventividade da razão humana” (OLIVA, 2003, p. 39).

Um observador pode ver muitas coisas, mas somente algumas fazem sentido à sua interpretação (salvo os casos em que a descoberta é casual, onde isso, inicialmente, não ocorre – mas quando a descoberta é casual, ele também só percebe o que pode perceber, dada a subdeterminação das teorias pelas evidências), ou seja, ele só consegue

ver (no sentido de se interessar, constatar, questionar etc.) aquilo que é compatível com o seu conhecimento e experiência.

**4. A ideia de um conjunto de regras universais para se fazer ciência, como se existisse apenas um método científico desfigura o processo da construção do conhecimento; o empreendimento científico envolve inúmeros procedimentos, os quais são dinâmicos, não lineares, subjetivos e essencialmente criativos.**

O cientista, como ser humano que é, está sujeito a atributos pessoais, a saber, entusiasmo, intuição, criatividade, acasos, erros, em qualquer atividade que realiza. A ciência (mesmo sendo uma atividade de grande sucesso) não é diferente de outros empreendimentos humanos. As metodologias podem ser variadas e os resultados também, abrindo margem para desacordos, controvérsias, substituições de corpos de conhecimentos, etc (FEYERABEND, 1977; POPPER, 1982).

Fazer ciência, em geral, é uma ação desprovida de métodos dogmáticos e regras rigorosas. Reduzir o intrincado processo de construção do conhecimento a um único método deixa de fazer justiça às habilidades sofisticadas que os cientistas usam quando fazem experimentos e ao raciocinarem a partir de evidências. O discurso “do método”, apresentado equivocadamente, não leva em consideração todos os detalhes e características de cada momento da metodologia científica. A hipótese, a experimentação, as inferências, cada estágio do suposto método tem suas particularidades que ficam ocultas quando ele – O método científico – é apresentado de maneira lógica e simplificada.

**5. Corpos de conhecimentos científicos, mesmo os mais amplamente aceitos, são inerentemente provisórios. O conhecimento está sempre sujeito a ser modificado, caso surjam novas teorias que expliquem de forma mais satisfatória os fenômenos.**

A ciência pode sofrer modificações no futuro, por isso os corpos de conhecimento possuem um caráter provisório, mas nem por isso deixam de serem confiáveis. Mesmo que os conhecimentos desenvolvidos sejam muito bem fundamentados, não são definitivos no sentido de que todas as ideias estão abertas a novas análises, e, portanto, podem ser modificadas caso surjam novas evidências (LAKATOS, 1979; POPPER, 1982).

As afirmações científicas mudam à medida que novos dados (teóricos ou empíricos) são obtidos, ou também à medida que antigas evidências são reinterpretadas à luz de novos avanços teóricos, ou

mudanças de direção de programas de pesquisa estabelecidos (LEDERMAN, 2007).

**6. Nenhum conhecimento deixa de ser científico porque foi substituído. No período de sua vigência ele se constituiu em um corpo de conhecimento coerente, com poder explicativo e preditivo.**

Teorias científicas, inclusive as mais consistentes, acabam cedendo lugar a outras, quando pequenas ou grandes falhas são reveladas. O processo não é simples, pelo contrário, bem complexo. É preciso esclarecer que, no encadeamento de substituição de corpos de conhecimento, aquelas teorias ultrapassadas ao longo do desenvolvimento da ciência não são simplesmente abandonadas e esquecidas. A sua coerência e consistência interna estão presentes nos conhecimentos precedentes e os corpos de conhecimento anteriores não deixam de ser científicos.

Interpretar teorias ultrapassadas como não científicas incorre a anacronismos históricos (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Isto é, ter a visão do presente e julgar com normas de valores atuais a história do passado, em que o contexto era outro, é um erro de acordo com a historiografia contemporânea da HC. Os corpos de conhecimento ultrapassados não deixam de ser científicos, pois em determinado momento explicavam de forma satisfatória (ou quase satisfatória) os fenômenos naturais, de acordo com o pensamento vigente (FEYERABEND, 1977; LAKATOS, 1979; KUHN, 1998).

Nos próximos capítulos, serão apresentados aspectos da História e Filosofia da Ciência como aporte para uma melhor compreensão da ndc (Capítulo 2), onde essas características supracitadas serão exemplificadas e contraexemplificadas à luz da História da Física (Capítulo 3).



## 2. O TRATAMENTO DA NATUREZA DA CIÊNCIA POR MEIO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Muitas são as formas propostas para se abordar a ndc no ensino de ciências: recorrendo à experimentos e/ou atividades investigativos, a trabalhos na área de CTS e CTSA, através de abordagens contextuais de Física Moderna e Contemporânea, por exemplo. Este capítulo apresentará uma mostra dessa diversidade metodológica, com o intuito de enfatizar que uma das áreas mais citadas para proporcionar uma compreensão mais adequada de aspectos relativos à ndc é a História e Filosofia da Ciência (HFC).

Trabalhos baseados na HFC estendem sua importância para além dos conteúdos, mostram preocupações com os estudos sobre a ciência em si. Dessa forma, as disciplinas científicas não são trabalhadas apenas de maneira conteudista; se assim pode-se pensar, há possibilidade de tratar outra abordagem, qual seja: a reflexão do desenvolvimento do conhecimento, desde sua origem. No âmbito dessa última perspectiva, convém destacar a importância de se aprender sobre o que caracteriza a ciência como um empreendimento humano, e a defesa da história desta como uma estratégia pedagógica interessante para se discutir certas características da ndc.

Contudo, mesmo que a HFC tenha seus benefícios amplamente reconhecidos pela literatura da área (que serão detalhados adiante), não é lícito deixar de reconhecer os riscos e dificuldades inerentes à mesma. Se a História for mal utilizada no ensino, pode, por exemplo, contribuir para disseminar uma imagem distorcida e mitificada da ciência. Além disso, a historiografia contemporânea da HC alerta sobre os erros historiográficos que alguns textos sobre a História da Ciência apresentam.

Certo desses pressupostos e fazendo referência ao objetivo principal desta dissertação, que é atuar diretamente na formação histórico-filosófica de acadêmicos de Física, neste capítulo também serão retratados alguns tópicos sobre a HFC na formação daqueles que exercerão a docência.

### 2.1 PERSPECTIVAS DE TRABALHO COM A NATUREZA DA CIÊNCIA

Existem inúmeras vertentes para se trabalhar com a ndc. A literatura da área apresenta uma quantidade apreciável de pesquisas que convergem na mesma direção, defendendo e expondo razões para que se agreguem conteúdos específicos na busca de uma educação *em, sobre e*

*pela* ciência (MATTHEWS, 1995; McCOMAS; CLOUGH; ALMAZROA, 1998; GIL PEREZ et al., 2001; HOLTON, 2003; LEDERMAN, 1992; 2007; CLOUGH; OLSON, 2008; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Para ilustrar as formas de tratamento da natureza da ciência no ensino são utilizados os 117 artigos da revisão de literatura do Capítulo 1 (seção 1.2). Da análise das publicações emergiram 22 perspectivas de trabalho para a ndc, as quais são apresentadas na Tabela 2, abaixo:

Tabela 2: Formas de abordagem da ndc no ensino

<b>Abordagem da ndc apontada pelos autores</b>	<b>Quantidade de trabalhos</b>	<b>Porcentagem relativa</b>	<b>Identificação dos trabalhos<sup>14</sup></b>
História e Filosofia da Ciência	46	39%	9 - 64 a 108
CTS e CTSA	15	14%	10 a 24
Alfabetização Científica	12	10%	25 a 36
Ensino de Ciências por investigação	6	5%	31 - 46 a 50
Atividades experimentais investigativas	6	5%	1 a 6
Textos de divulgação científica	4	3,4%	39 a 42
Física Moderna e Contemporânea	3	2,5%	7 a 9
Aprendizado científico informal	3	2,5%	54 a 56
Textos literários	2	1,7%	37 e 38
Experimentação como recurso didático	2	1,7%	62 e 63
Epistemologia/Filosofia	2	1,7%	109 e 110
Textos de epistemologia com alta carga teórica	1	0,8%	43
Histórias imaginadas sobre cientistas	1	0,8%	44
Textos de ficção científica	1	0,8%	45
Currículo com base em temas	1	0,8%	51
Atividades computacionais e experimentais	1	0,8%	52

<sup>14</sup> Há uma lista com as referências enumeradas, para identificação dos trabalhos levantados no Apêndice F.

Laboratório de pesquisa de iniciação científica	1	0,8%	53
Etnobiologia	1	0,8%	57
Clubes de Ciências	1	0,8%	58
Temas polêmicos e argumentação	1	0,8%	59
Museus de Ciências	1	0,8%	60
Laboratório didático	1	0,8%	61
Sem categoria de aplicação	7	5,9%	111 a 117
Total de indicações de abordagem	119 <sup>15</sup>	100%	

**Fonte:** Elaborado pela autora (2016).

De acordo com os dados contidos na Tabela 2, é possível visualizar quais tipos de abordagens são mais indicadas pelos autores para o trabalho com a ndc. Vale ressaltar que, na análise dos artigos, não foi levado em consideração se os trabalhos apresentavam perspectivas de aplicações ou se simplesmente indicavam o uso teórico da ndc. Por isso, salienta-se que esses dados são apenas quantitativos e não podem ser considerados um indicativo de qualidade entre os trabalhos publicados.

Essas pesquisas, ainda que orientadas por distintas perspectivas, têm em comum a ênfase para as potencialidades da utilização do estudo da natureza da ciência no ensino de ciências. De modo bastante visível, é possível constatar claramente que o tratamento mais utilizado nos trabalhos foi a História e Filosofia da Ciência, correspondendo a quase 40% de todas as publicações analisadas. Esse tipo de abordagem tem o objetivo de formar um aluno mais crítico e reflexivo sobre os processos que envolvem a ciência desenvolvendo, assim, concepções mais contemporâneas sobre a natureza da ciência.

A análise realizada reforça a ligação entre ndc e HFC, a qual já vem sendo indicada há um bom tempo pelas pesquisas na área como um artifício para uma educação científica de qualidade. A HFC torna-se um terreno fértil para adentrar, e assim demonstrar e contraexemplificar, concepções da natureza da ciência. Ela apresenta uma visão mais ampla a respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico, que não são habituais no estudo didático dos “resultados científicos” (MARTINS, 2006; MOURA, 2013).

<sup>15</sup> A soma total de artigos na Tabela 2 ultrapassa 117 (que foi o total de artigos analisados, porque alguns autores evidenciam mais de um tipo de abordagem).

Outro fato a ser mencionado é o que diz respeito à abordagem do tipo explícita ou implícita ao se trabalhar a ndc por meio da HFC. De todos os 46 trabalhos que defendem o uso da HFC para abordar a ndc, 29<sup>16</sup> se posicionaram a favor de abordagens explícitas ou apresentaram aplicações com enfoque explícito.

A abordagem caracterizada como “implícita” é aquela que se utiliza de instruções sobre habilidades relacionadas à prática científica ou engajamento em atividades investigativas como um meio para a melhoria das visões de ciência. Já a abordagem “explícita” é aquela que focaliza, diretamente, conteúdos epistemológicos ou aplica elementos de História e Filosofia das Ciências no tratamento de conteúdos específicos (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

A literatura aponta que, em textos históricos, abordagens explícitas sobre a ndc são relativamente mais bem-sucedidas do que as implícitas para o estímulo de reflexões (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000). O uso da HFC de maneira explícita pode contribuir para uma melhor compreensão por parte do aluno a respeito da ciência e propicia um melhor entendimento dos conceitos físicos envolvidos em diversos contextos, a saber: ético, tecnológico, social, entre outros (MATTHEWS, 1995; ALLCHIN, 2003).

Com a justificativa a respeito da utilização da abordagem explícita da HFC para o tratamento da ndc no ensino de ciências, passa-se, agora, para a seção em que o uso da HFC será explorado de maneira pormenorizada, apontando seus benefícios e também os cuidados que deverão ser tomados na utilização desse tratamento.

## 2.2 A HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

A incorporação da História e Filosofia da Ciência na educação científica é uma necessidade pouco questionada atualmente, conforme afirma Moura (2008). Os argumentos que defendem o seu uso também são repercutidos em inúmeros documentos oficiais nacionais e internacionais para a educação científica (PAGLIARINI, 2007). Entretanto, até que esse quadro, com favorecimento da HFC, fosse alcançado, um longo percurso de debates se percorreu. À vista disso, serão apresentadas, brevemente, algumas perspectivas contra e a favor ao

---

<sup>16</sup> A saber, a identificação dos trabalhos com abordagem explícita é: 1, 7, 10, 26, 27, 39, 43, 44, 49, 65, 67, 68, 70, 71, 73, 75, 76, 79, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 97, 98, 99, 101 (Referências enumeradas no Apêndice F).

uso da HFC no ensino e, em seguida, o posicionamento desta pesquisa em relação a elas.

### 2.2.1 Considerações desfavoráveis

Mesmo que hoje sejam reconhecidos os muitos benefícios para a educação científica com o uso da HFC, essa ideia nem sempre foi positiva. Existem críticas históricas por parte de Martin Klein, M. A. B. Whitaker e Thomas Kuhn, por exemplo, que suscitaram objeções contundentes e importantes à utilização didática da HFC (MATTHEWS, 1995; SILVA, 2009).

Primeiro, Martin Klein foi um historiador da ciência e professor de História da Ciência que fomentou oposições incisivas no início da década de 70 sobre a utilização didática da HFC. Ele argumenta que a única história possível nos cursos de ciências é a *pseudo-história*, uma vez que, fundamentalmente, os professores de Física selecionam e usam os fatos históricos com propósitos pedagógicos para atender as necessidades do ensino. Isso os leva a organizar e exibir esses materiais de maneira simplificada e descontextualizada, caracterizando uma forma de apresentação não histórica ou até anti-histórica.

Ao passo de Klein, o argumento gravita em torno da dificuldade de fazer com que a História da Física atenda, ao mesmo tempo, as necessidades do ensino de Física e da historiografia da HC. Ele ilustra isso enfatizando a perspectiva da história pelo físico e pelo historiador: “É tão difícil imaginar-se a combinação da riqueza de complexidade do fato, por que anseia o historiador, com o simples corte agudo do fenômeno que a física procura” (KLEIN 1972, p. 16). Enfim, ele conclui que, como não é possível que o ensino de ciências se alimente de uma história de qualidade, então é melhor não utilizá-la.

Já no final da década de 70, Whitaker (1979) cunhou o termo “*quasi-history*” para criticar um tipo de abordagem didática da história, a qual distorce os fatos para apresentar os conceitos científicos em uma sequência que faça sentido. Esse tipo de tratamento para os episódios históricos despreza os aspectos sociais da ciência; passa a imagem de que as novas descobertas são imediatamente compreendidas e aceitas, além de evidenciar que os grandes cientistas não cometem erros. Quem dissemina esse tipo de história dá ênfase somente às ideias que foram “aceitas”, o que, na opinião de Whitaker (1979), acaba causando o desinteresse do estudante pela ciência, pois a imagem do cientista é de alguém que simplesmente resolve quebra-cabeças (e, nesse ponto de vista, não seria muito interessante) ou de um gênio extraordinário (com

quem o aluno não se identifica) (MATTHEWS, 1995; BALDINATO; PORTO, 2008).

Existem ainda outros tipos de críticas ao uso da História e Filosofia da Ciência no ensino e uma delas é endereçada ao caráter epistemológico dessa didática. Thomas Kuhn, na década de 60, argumentou que a apresentação dos “altos e baixos” dos processos de desenvolvimento da ciência pode desacreditar os estudantes sobre essa esfera.

Segundo Kuhn (2012), expor conceitos, problemas e padrões que já foram abandonados e superados nas ciências poderia desestabilizar as crenças dos estudantes sobre o paradigma vigente. Com isso, Kuhn favorece um ensino com rápida familiarização do estudante com a estrutura conceitual do paradigma vigente e, assim, recusa a utilização da História da Ciência para o ensino.

Atualmente, essas preocupações quanto ao uso didático da HFC ainda permanecem como assunto na literatura da área. Por exemplo, Martins (2006) enfatiza três aspectos negativos da utilização inadequada da HC: *a) Redução da história a nomes, datas e anedotas; b) Concepções errôneas sobre o método científico; c) Uso de argumento de autoridade.* Para ele, quando os pontos negativos se acentuam, a história pode se tornar um obstáculo ao bom ensino de ciências.

Com mais cuidado, discute-se nas próximas linhas os problemas citados por Martins (2006, p. 29):

*a) Redução da história da ciência a nomes, datas e anedotas:*

Esse tipo de abordagem é muito comum nos livros didáticos e também na prática educacional, fazendo reduzir o momento histórico a poucos nomes e datas, enfatizando principalmente o que “deu certo” na ciência. Esse tratamento para a história contribui para fortalecer a ideia de que a ciência é feita por grandes “gênios”, que ela é fruto de “descobertas” marcantes, que o desenvolvimento científico ocorre em datas determinadas; dessa forma, toda a complexidade da construção do conhecimento científico é excluída. Além disso, esse tipo de tratamento da história passa a concepção de que os acontecimentos da ciência são isolados, não possuem relação com aspectos sociais, políticos, econômicos, crenças, imaginação, o que reafirma o ideal de neutralidade científica.

*b) Concepções errôneas sobre o método científico*

Algumas vezes, os professores de disciplinas científicas (inclusive os de nível universitário) não entendem a natureza da ciência. Com efeito, acabam estendendo sua visão distorcida do funcionamento da ciência para

seus estudantes. Uma concepção errônea largamente difundida é a de que o conhecimento é obtido por meio da aplicação de um método científico, com ênfase no método experimental, o que traz consigo a ideia de neutralidade e verdade.

*c) Uso de argumentos de autoridade*

Outra falha no uso da História da Ciência no ensino é o seu uso para tentar obrigar a aceitação dos conhecimentos científicos através de argumentos de autoridade. Uma pretensa certeza científica é invocada, baseada em um nome famoso, para impor crenças; isso deixa de lado os aspectos fundamentais da própria natureza da ciência.

O autor pontua que, muitas vezes, os professores não estão conscientes de sua própria falta de compreensão e acabam sobrevalorizando aspectos da história de maneira romantizada, simplificada e distorcida. Martins (2006) salienta que estudar cuidadosamente a História da Ciência pode reverter em uma grande compreensão da natureza da ciência, mas, para que isso aconteça, os exemplos históricos devem ser reais e não simplesmente lendas sem fundamento, as quais são repetidas por quem nunca fez pesquisa histórica.

Entre tantos outros argumentos presentes nesse âmbito de pesquisa sobre os cuidados com a utilização didática da HFC, pode-se citar os estudos da historiografia contemporânea da HC. Forato, Pietrocola e Martins (2011, p. 35 a 39) citam alguns dos erros mais graves e corriqueiros encontrados ao se trabalhar com a História da Ciência no ensino:

- Interpretar o passado anacronicamente, com valores, ideias e crenças de outra época;
- Interpretar fatos históricos com a finalidade de enaltecer a autoridade de pensadores do passado ou mesmo de algumas instituições (essa característica é também conhecida como Whiggismo);
- Romantizar certos pensadores da ciência do passado como “heróis” sobrevalorizando aspectos específicos de suas contribuições (essa característica é também intitulada hagiografia);
- Reconstruir episódios linearmente da história da ciência, trazendo a seleção apenas dos fatores que contribuem para uma reconstrução ordenada da construção do conhecimento;

- Tratar a história por meio de anedotas e lendas sobre personagens históricos;
- Apresentar a história da ciência por meio de reconstruções dos fatos históricos, situando os acontecimentos cronologicamente do passado até o presente. Essa é a descrição para o termo quasi-history de Whitaker;
- Recortar, selecionar e moldar fatos históricos isolados, com objetivo de ensinar conceitos físicos, simplificando e descontextualizando grosseiramente a história. Essa é a descrição para o termo pseudo-história de Klein;

Se a única opção for de materiais históricos com equívocos, como esses apontados pela historiografia da HC, eles devem ser evitados, conforme indica Peduzzi (2011, p. 12):

A seleção e a utilização de materiais históricos com fins didáticos, desfigurados, cheios de omissões, têm tornado inevitável a presença de uma história da ciência de má qualidade no ensino de física. Se essa pseudo-história, ou história simplificada, for a única possível, então ela deve ser evitada.

O trabalho a partir da HFC demanda preparo e formação do professor para que a sua utilidade não seja negligenciada. Por esse motivo, o exame e distinção de fontes fidedignas pode ser o antídoto para o combate a um relativismo indesejável e inconsequente (PEDUZZI, 2011).

### **2.2.2 Os argumentos favoráveis**

Historicamente, o debate acerca da inserção de História da Ciência nos currículos de disciplinas científicas chegou a um impasse argumentativo na década de 70, onde tanto os favoráveis quanto os contrários à inclusão pareciam ter bons argumentos para defender sua posição (VILAS BOAS et al., 2013). Contudo, desde o surgimento do *Science Teaching*, de Michael Matthews, em 1994, as considerações a favor da introdução de HC no ensino têm sido orientadas segundo a importância atribuída ao esclarecimento da natureza da ciência.

Apesar de bem conhecida, vale a pena repassar a lista de Matthews (1995, p. 172) sobre os benefícios da utilização didática da HFC:

- (1) motiva e atrai os alunos;
- (2) humaniza a matéria;
- (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento;
- (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência – a Revolução Científica, o darwinismo, etc.;
- (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que
- (6) se opõem a ideologia cientificista; e, finalmente,
- (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente.

Matthews (1995) também argumenta sobre a questão das simplificações da história – que poderiam resultar na história *Whig*, na *pseudo-história* ou na *quasi-history*. Ele pontua que as acusações lançadas por Klein, Kuhn e Whitaker não indicam, necessariamente, um obstáculo; elas podem ser resignadas sem que seja necessário excluir a história dos cursos de ciências. A simplificação pode ser concedida, desde que ela não seja uma “caricatura do processo histórico”, e que leve em consideração os propósitos pedagógicos assumidos, oportunizando uma compreensão mais clara da natureza da ciência (MATTHEWS, 1995, p. 177).

Ainda sobre os aspectos levantados por Klein e Whitaker, relativos ao mau uso da História da Ciência, Matthews (1995, p. 177) sugere que eles podem ser superados se for contemplada:

(...) uma história simplificada que lance uma luz sobre os conteúdos discutidos, que não seja uma mera caricatura do processo histórico. A simplificação deve levar em consideração a faixa etária dos alunos e todo o currículo a ser desenvolvido. História e Ciência podem tornar-se mais e mais complexas à medida que assim exija a situação educacional.

Outras ponderações da literatura da área indicam que:

Uma grande contribuição que a história traz ao ensino de ciências é estabelecer aspectos obscuros em certas teorias científicas e derrubar certos dogmas impostos em livros e textos didáticos presentes em salas de aula. Isso, pois a HFC confronta concepções equivocadas que se tem da ciência, tais como o empiricismo e o indutivismo científico (SILVA; PAGLIARINI, 2008, p. 3).

Peduzzi (2001), por sua vez, enfatiza que a História da Ciência pode, em geral, favorecer o aprendizado significativo de equações por meio da interpretação dos conceitos que traduzem leis e princípios, em vez de dar valor somente ao aspecto utilitarista matemático que o ensino tradicional propicia. Ele defende que a HC também pode desmistificar a visão empírico-indutivista da ciência que povoa as salas de aula e livros didáticos; pode mostrar a transformação do pensamento científico no decorrer do tempo; é capaz de contribuir para melhor compreensão acerca das relações da ciência, com a tecnologia, cultura e sociedade; consegue chamar a atenção para as diversidades na construção do conhecimento, além de melhorar o relacionamento professor-aluno e motivar o interesse do aluno pela disciplina. Todos esses benefícios mostram, entre outras coisas, que a História da Física pode contribuir de maneira efetiva para a compreensão da ndc.

Para Martins (2006), a utilização adequada da HFC possibilita uma visão mais completa da construção do conhecimento científico, uma ideia que não está comumente presente nos livros didáticos, pois, em geral, os manuais trazem somente os resultados da ciência. Dessa forma, são deixadas de lado questões como: problemas que motivaram as pesquisas, suas relações com outros acontecimentos da época, seus embates, suas dificuldades e limitações.

Outro ponto destacado por Martins (1990) é a contribuição da História da Ciência em diversos âmbitos do ensino universitário, contanto que isso suceda por meio de materiais apropriados e por professores preparados para tal. No caso particular da formação de professores de ciências, o conhecimento da HC pode facilitar a compreensão da ciência como uma construção humana, que está sujeita a erros e acertos. Portanto:

Sem a História, não se pode também conhecer e ensinar a base, a fundamentação da Ciência, que é constituída por certos fatos e argumentos efetivamente observados, propostos e discutidos

em certas épocas. Ensinar um resultado sem sua fundamentação é simplesmente doutrinar e não ensinar ciência (MARTINS, 1990, p. 4).

A História da Ciência valoriza o caráter mutável da ciência mostrando aos estudantes sua dependência de contextos históricos e culturais, derrubando mitos, humanizando gênios e ainda mostrando que o conhecimento científico aceito, atualmente, é suscetível de transformações (SILVA; MARTINS, 2003).

De forma geral, podemos dizer que há um sentimento de que a inclusão de conteúdos de História e Filosofia no Ensino de Ciências é muito importante, tanto para a formação daqueles que não seguirão carreiras científicas quanto para os que seguirão (MOURA, 2008, p. 22).

Reitera-se que os argumentos supracitados são apenas alguns, dentre a grande variedade de motivos para que a História e Filosofia da Ciência sejam inseridas nos currículos de ciências.

### **2.2.3 A postura adotada nesta pesquisa**

Uma das primeiras conclusões a serem expostas, após as argumentações apresentadas, é a de que, de acordo com a literatura atual, não há controvérsias quanto ao uso da HFC para melhorar concepções da ndc. Isso corrobora os pressupostos fundamentais desta pesquisa que se destina, em um objetivo final, através de uma intervenção didática em uma turma de graduação em Física, utilizar a História da Física para promover a exemplificação da natureza da ciência.

Quanto aos argumentos contrários à inserção da HFC no ensino de ciências, ainda que eles tenham sua validade, cabe salientar que uma abordagem histórica coerente do desenvolvimento científico retrata uma ciência “viva” e que está, ainda, em processo de desenvolvimento. Isso, aos olhos daqueles que acreditam no potencial da HFC, quebra o dogma de uma ciência pronta e acabada, que, geralmente, está na mente dos estudantes, nos livros didáticos e no senso comum de ciência. Além disso, mostrar as modificações de pensamento, os equívocos dos cientistas ajuda a romper com a visão de cientista como ser “iluminado”. Esses aspectos podem estimular em vez de desestimular o estudante, pois este consegue

ver a ciência de forma mais humana, sendo também ele um dos agentes transformadores dessa ciência.

Os argumentos levantados por Klein, Whitaker e Kuhn são extremamente relevantes para aqueles que defendem o uso didático da História e Filosofia da Ciência no ensino. As indicações de equívocos ao se trabalhar a HFC, assinaladas pela historiografia contemporânea da HC e pela literatura mais atual, também mostram as sutilezas e cuidados ao se aplicar esse tipo de abordagem. Porém, convém enfatizar que a utilização da História da Ciência no ensino proporciona mais benefícios do que problemas, desde que tomados os devidos cuidados apontados pelos trabalhos supracitados.

O reconhecimento de fontes fidedignas, a visão crítica ao utilizar livros didáticos com presença de *quasi-history* e *pseudo-história*, a forma de incentivar os alunos a ver o lado construtivo e reflexivo dos conhecimentos desenvolvidos no passado, a maneira de interpretar e mediar concepções de ciência apoiadas na Filosofia da Ciência, o estudo da natureza da ciência de maneira significativa e outras características mais abordadas na utilização didática da HFC, exige daqueles que exercerão (e exercem) a docência uma formação histórico-filosófica de qualidade.

A posição defendida nesta pesquisa é a de que essa formação histórico-filosófica de qualidade pode fornecer subsídios para que o acadêmico da área de ciências, mais especificamente de Física, possa ter uma melhor compreensão da natureza da ciência. Além disso, esse aluno poderá ter maior esclarecimento sobre os principais problemas ao se trabalhar com a HFC.

Nessa perspectiva, este trabalho propõe uma intervenção didática em uma turma de graduação em Física, composta por licenciandos e bacharelados, com o objetivo de utilizar a História da Física para promover a compreensão da natureza da ciência. Por esse motivo, na próxima seção, serão realizadas considerações acerca da interlocução entre HFC e ndc na formação de futuros professores.

#### **2.2.4 História da Ciência, natureza da ciência e o exercício da docência**

Neste momento, é oportuno esclarecer o público-alvo a que esta pesquisa se interessa, que em primeira instância são alunos graduandos em Física. É preciso elucidar que, neste texto, quando se fala em formação de futuros professores de Física, também se quer abranger a formação de futuros pesquisadores em Física. A importância de disciplinas de cunho

histórico e epistemológico estende-se também para a formação de bacharéis, não somente para a formação de licenciados, porque além do conhecimento histórico propriamente dito, discussões sobre a natureza do conhecimento físico e a parte conceitual desses conhecimentos podem ser viabilizadas. O futuro pesquisador, ao reconhecer o funcionamento da sua profissão e do seu objeto de estudo, não prescinde de uma formação histórico-filosófica. Além, é claro, da situação em que esse futuro bacharel poderá exercer a docência. Por esse motivo, sempre que a formação de (futuros) professores está sendo invocada, estar-se-á querendo incluir todos aqueles que, de uma forma ou de outra, exercerão a docência. Não se toma como distinção licenciandos e bacharelados a fim de que a justificativa não se torne repetitiva.

Um professor despreparado epistemologicamente e historicamente, geralmente, possui visões equivocadas sobre a natureza da ciência. Esses professores podem não estar preparados para fazer argumentações de modo a esclarecer a origem e as controvérsias dos conceitos físicos, de leis e de teorias, e, assim, acabam “repassando” concepções simplistas a seus alunos (MASSONI; MOREIRA, 2014).

De acordo com o Conselho Nacional da Educação, nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, cursos de licenciatura, de graduação plena:

Nenhum professor consegue criar, planejar, realizar, gerir e avaliar situações didáticas eficazes para a aprendizagem e para o desenvolvimento dos alunos se ele não compreender, com razoável profundidade e com a necessária adequação à situação escolar, os conteúdos das áreas do conhecimento que serão objeto de sua atuação didática, os contextos em que se inscrevem e as temáticas transversais ao currículo escolar (BRASIL, PARECER CNE/CP 9/2001 (p. 20).

Nesse sentido, é de grande importância para os futuros professores ter compreensão da produção dos conhecimentos que ensina. Enfatiza-se a relevância de terem noções básicas das circunstâncias e dos métodos de investigação desfrutados pelas diferentes ciências. Esses saberes são instrumentos dos quais os futuros docentes podem lançar mão para incrementar e ressignificar continuamente os conteúdos de ensino com a adequada contextualização. Tudo isso com vistas a desenvolver competências necessárias para que não sejam meros repassadores de informações (PARECER CNE/CP 9/2001).

A fim de que a História da Ciência seja trabalhada com vistas ao desenvolvimento de concepções da ndc, é indispensável que as disciplinas de formação da graduação em Física envolvam no currículo, além da História da Física, a articulação entre ela e a epistemologia. Conforme salienta Matthews (1995, p. 165), o envolvimento da epistemologia na formação do professor propicia uma melhor compreensão da essência das ciências e do seu posicionamento no sistema intelectual das coisas:

Não se trata aqui da mera inclusão de história, filosofia e sociologia (HFS) da ciência como um outro item do programa da matéria, mas trata-se de uma incorporação mais abrangente de temas de história, filosofia e sociologia da ciência na abordagem do programa e do ensino dos currículos de ciências que geralmente incluíam um item chamado de “A natureza da ciência”. Agora, dá-se atenção especial a esses itens e, paulatinamente, se reconhece que a história, a filosofia e a sociologia da ciência contribuem para uma compreensão maior, mais rica e mais abrangente das questões neles formuladas.

Relatos de episódios históricos cuidadosamente reconstruídos permitem orientações acerca da natureza da ciência de cada contexto sócio-histórico-cultural, e podem conferir significado às noções epistemológicas abstratas desvendando os diferentes processos que levaram à construção de conceitos (ADÚRIZ-BRAVO; IZQUIERDO-AYMERICH, 2009).

Em suma, todos os argumentos citados nesta seção reforçam as potencialidades que a HFC pode oportunizar para uma melhor compreensão da ndc, assim como os benefícios que uma formação adequada desses aspectos pode proporcionar ao futuro professor. Porém, há outros desdobramentos suscitados pela literatura que esse assunto fomenta. Um deles é o fato de que uma formação histórico-filosófica da ciência não necessariamente incute em concepções de ciência mais adequadas (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000). As pesquisas indicam que o fator principal para essa pouca influência comumente se reflete como consequência da forma que os aspectos da ndc são tratados a partir dos episódios históricos. Elas ressaltam que a discussão da natureza da ciência, fundamentada em fatos históricos, deve ocorrer de maneira explícita com os futuros professores, para que as chances de bons resultados sejam maiores (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000).

Ainda assim, essa atitude não garante que a ndc estará presente nas aulas desses docentes; esse é outro ponto sobre o qual as pesquisas chamam a atenção (MASSONI, 2010).

O pressuposto de que a instrução do professor sobre a ndc pode assegurar que ela refletirá em sua prática docente não é garantido. A literatura aponta que não há uma relação direta nessa suposição, uma vez que diversos fatores podem interferir no processo, tais como a pressão para cobrir todo o conteúdo das aulas, motivação dos estudantes, obstáculos institucionais e experiência docente (LEDERMAN, 1992; MASSONI, 2010). Portanto, instruções sobre o entendimento da natureza da ciência são importantes nos cursos de formação de professores de ciências, contudo, é necessária uma mudança de cultura, a fim de que ela seja incorporada também de forma explícita em suas aulas (MOURA, 2008).

Dessa forma, o presente trabalho propõe uma interlocução entre a natureza da ciência e a História da Ciência de maneira explícita na formação de futuros professores de Física. De acordo com Moura (2008, p. 26):

A partir disso, será possível pensar em novas iniciativas para a formação inicial e continuada de professores, fazendo com que a História e Filosofia da Ciência, integrada com a Natureza da Ciência, influenciem efetivamente na formação de professores aptos a compreender certos aspectos da construção do conhecimento científico e incorporá-los de forma adequada e objetiva em suas aulas.

Para que esses objetivos da abordagem explícita sejam alcançados, é indispensável que os materiais sobre a História da Física sejam de qualidade e que haja um estudo detalhado do episódio escolhido, a fim de evitar visões distorcidas, como a história *Whig*, a *pseudo-história* ou a *quasi-history*. Além disso, também é necessário que se delimite quais aspectos da natureza da ciência serão explorados com o estudo, pelo fato de um acontecimento histórico oferecer diversas perspectivas de análise (MOURA, 2008). Como já foi mencionado no Capítulo 1, os pontos a serem explorados sobre a ndc, aqui, já foram selecionados, é preciso, então, que eles sejam apresentados explicitamente aos futuros professores na intervenção assim como sua consequente exemplificação histórica.

Em vista disso, no próximo capítulo (Capítulo 3) será apresentado o momento histórico a ser utilizado por esta pesquisa, bem como a

exemplificação e contraexemplificação da natureza da ciência a partir dele.

### **3. DA CIÊNCIA GREGA À FÍSICA DE NEWTON: POTENCIALIDADES DA HISTÓRIA DA FÍSICA PARA EXEMPLIFICAR A NATUREZA DA CIÊNCIA**

Considerando a História da Física, nesta dissertação abrangem-se dois períodos de discussão, tratados, respectivamente, nos livros de Peduzzi (2015a, 2015b): “Força e Movimento: de Thales a Galileu” (livro 1) e “Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana” (livro 2). Os momentos históricos selecionados são bastante pertinentes, no sentido de que mostram as transformações que o fazer científico passou, desde os primórdios da “ciência” grega até o desenvolvimento da física de Newton e, por isso, permitem a discussão de vários aspectos da ndc. Uma das razões para dar mobilidade a essas duas camadas da História da Física, se assim se pode dizer, é que estes materiais são parte integrante de uma disciplina de um curso de graduação em Física<sup>17</sup>, que visa uma formação histórica com aspectos filosóficos para os estudantes. Estas características vão ao encontro do principal objetivo desta dissertação: proporcionar instruções acerca da ndc por meio da História da Física, através de uma intervenção didática para graduandos em Física. A partir desses pressupostos, foram planejadas Unidades de Ensino<sup>18</sup> para serem aplicadas, especificamente, nesta disciplina e com estes conteúdos.

Dessa forma, inserindo-se neste cenário de pesquisa, neste Capítulo retratam-se exemplificações e contraexemplificações da ndc, a partir do estudo de certos episódios históricos presentes nos dois livros. As relações entre a ndc e momentos históricos foram mediadas através de discussões e atividades didáticas com os alunos da disciplina, na aplicação das Unidades de Ensino, com o objetivo de chamar a atenção, de maneira explícita, para seis concepções da ndc.

#### **3.1 APRESENTANDO OS DOIS LIVROS SOBRE A HISTÓRIA DA FÍSICA UTILIZADOS NESTA PESQUISA**

Os dois livros selecionados contemplam as exigências historiográficas<sup>19</sup> da HC, um fator decisivo quando se fala em utilizar

---

<sup>17</sup> Trata-se da disciplina “Evolução dos Conceitos da Física” da Universidade Federal de Santa Catarina.

<sup>18</sup> Contudo, os aspectos da intervenção e da disciplina serão retratados somente nos Capítulos 4 e 5, neste momento são apresentados os momentos históricos e a relação deles com a ndc.

<sup>19</sup> Discutidas no Capítulo 2.

didaticamente a História da Física. Ou seja, são tomados os devidos cuidados com anacronismos, *Whiggismo*, hagiografia, ideia da construção do conhecimento de forma acumulativa e linear, anedotas ou lendas sobre personagens históricos e, também, em relação a *pseudo* e a *quasi-history*.

Peduzzi apresenta, em ambos os livros, a História da Física de maneira reflexiva e desenvolve raciocínios sobre enunciados conceituais dos fenômenos físicos, além de certas deduções matemáticas. Ademais, os conteúdos históricos são explorados, dando ênfase a algumas características filosóficas da construção e desenvolvimento do conhecimento físico. Em alguns momentos, o material suscita reflexões explícitas sobre a ndc, mas, em outros, essas interpretações ficam implícitas. Por esse motivo, neste espaço se faz um estudo mais aprofundado de certos aspectos dos livros, enfatizando a relação entre a História presente neles e a ndc, onde são realizados contrastes com vistas a chamar atenção para pontos que possam passar despercebidos pelo leitor/estudante.

Como essas exemplificações da ndc (que serão apresentadas aqui neste capítulo) serviram de base para o planejamento didático das Unidades de Ensino, é importante salientar que esse estudo não recaiu somente sobre os dois livros. O material histórico foi enriquecido com mediações proporcionadas pelo professor da disciplina e pela pesquisadora, através de reflexões mais profundas e de debates. Além disso, é interessante comentar que houve o auxílio de outros instrumentos didáticos que contemplavam o período histórico a ser discutido para que se pudesse ampliar as percepções dos assuntos, como por exemplo filmes, vídeos, artigos científicos e outros livros – didáticos ou não – de Física.

Convém mencionar, ainda, que os pontos de vista que se ilustram aqui formam um conjunto entre as escritas do autor e a interpretação da pesquisadora. Ao mesmo tempo, o estudo realizado nos livros não tem intenção de esgotar as possibilidades de leitura. Dessa forma, os aspectos apresentados neste Capítulo não devem ser interpretados como ilustrações absolutas: eles são o ponto de partida para enriquecer debates e novas reflexões.

### **3.1.1 Organização do estudo dos livros**

A partir de uma leitura preliminar do conteúdo dos livros e com base em perspectivas epistemológicas convergentes, do ponto de vista dos filósofos pós positivistas sobre a natureza da ciência, foram identificadas potencialidades do conteúdo histórico dos materiais para trabalhar com

seis características da ndc. Esses aspectos, que já foram evidenciados ao longo do Capítulo 1, são<sup>20</sup>:

- ✓ **ndc1)** *O trabalho científico é influenciado por fatores políticos, sociais, religiosos, afetivos, convicções pessoais; a ciência é um empreendimento humano que não se desenvolve isoladamente e de maneira neutra.*
- ✓ **ndc2)** *A aceitação de novos conhecimentos nada tem de trivial, a substituição de teorias envolve persuasão, disputas e grandes períodos de resistência.*
- ✓ **ndc3)** *A construção do conhecimento por meio de observações ou experimentações neutras, que não envolvem vínculos do observador/experimentador com o fenômeno, é uma falácia; os dados por si só não geram conhecimento.*
- ✓ **ndc4)** *A ideia de um conjunto de regras universais para se fazer ciência, como se existisse apenas um método científico, desfigura o processo da construção do conhecimento; o empreendimento científico envolve inúmeros procedimentos, os quais são dinâmicos, não lineares, subjetivos e, essencialmente, criativos.*
- ✓ **ndc5)** *Corpos de conhecimentos científicos, mesmo os mais amplamente aceitos, são inerentemente provisórios. O conhecimento está sempre sujeito a modificações, caso surjam novas teorias que expliquem de forma mais satisfatória os fenômenos.*
- ✓ **ndc6)** *Nenhum conhecimento deixa de ser científico porque foi substituído. No período de sua vigência, constituiu-se em um corpo de conhecimento coerente, com poder explicativo e preditivo.*

Da leitura inicial dos capítulos identificou-se que o livro 1 demonstrou potencialidades para ilustrar a ndc1, ndc2 e ndc3, assim como o livro 2 apresentou características férteis para exemplificar as proposições ndc4, ndc5 e ndc6. A partir da definição desses elementos, foram realizadas outras leituras, com mais cuidado, aspirando mais detalhes, a fim de identificar momentos da História da Física que pudessem exemplificar as características da ndc.

O objetivo das próximas seções é utilizar pontos específicos da História, apresentados nos livros, para explicitar a relação deles com a ndc. Portanto, não será estabelecida uma sequência do conteúdo dos materiais, com comentários na íntegra do que está presente neles. Muitas vezes os episódios históricos serão expostos resumidamente, sem levar em conta a narrativa passo a passo do livro. Por isso, recomenda-se que, caso a leitura deste Capítulo, a partir de agora, suscite a necessidade de

---

<sup>20</sup> A partir de agora, as características da ndc a serem exploradas, serão tratadas por ndc1, 2, 3... para simplificar a escrita deste texto.

informações detalhadas do conteúdo dos dois livros, essa leitura seja acompanhada por consultas aos materiais<sup>21</sup>.

Portanto, em seguida, apresenta-se, sucintamente, a estrutura geral dos conteúdos dos dois livros e, após, as possíveis interpretações que podem ser realizadas a partir deles, para exemplificar as três proposições assinaladas em cada um.

### 3.2 APRESENTAÇÃO DO CONTEÚDO DO LIVRO “FORÇA E MOVIMENTO: DE THALES A GALILEU”

O livro é estruturado por meio de sete capítulos. O primeiro aborda características da matéria nos primórdios da “ciência” grega, concepções sobre o movimento dos planetas, o universo aristotélico e o sistema de Ptolomeu. O Capítulo 2 trata da física aristotélica, trazendo a questão dos movimentos naturais, a relação entre *motor* e *movido*, a concepção de força para Aristóteles e a sua interpretação do movimento violento de um projétil. No Capítulo seguinte é discutida a física da força impressa e do *impetus*, sendo apresentadas as visões de Hiparco, Filoponos e Buridan, bem como a relação entre a teoria do *impetus* e a rotação dos corpos celestes, além de serem expostos novos questionamentos à dinâmica dos projéteis.

O Capítulo 4 contempla as novas concepções de mundo, discutindo as vãs tentativas dos sábios da Idade Média de conciliar, não sem divergências, o mito bíblico de uma Terra plana com a Terra esférica da “ciência” grega. O universo de Nicolau de Cusa e o heliocentrismo de Nicolau Copérnico também são explorados. Além disso, são expostas as considerações de Giordano Bruno a favor de um universo infinito e a contribuição de Tycho Brahe, com o seu espírito de precisão, para a ciência. No Capítulo 5, são retratadas as descobertas de Galileu com o uso do telescópio e o impacto que esse instrumento provocou para a visão de mundo aristotélica. São também expostos os primeiros conflitos de Galileu com a Igreja, por conta da sua adesão e defesa do sistema copernicano. Da mesma maneira, expõe-se a relação entre ciência e fé na construção do conhecimento e os caminhos da condenação de Galileu.

Já o Capítulo 6 ilustra a física de Galileu, apresenta suas ideias sobre força e movimento e as influências de Arquimedes sobre o seu trabalho. Além disso, o referido capítulo descreve os estudos de Galileu

---

<sup>21</sup> Estes, podem ser acessados através do link: <http://evolucadosconceitos.wixsite.com/historia-da-ciencia>, na aba “textos”.

sobre o movimento dos corpos, a sua lei da inércia e o estudo do movimento de projéteis. Por fim, o Capítulo 7 apresenta as leis de Kepler do movimento planetário, desde o início de seus estudos até a sua ida a Praga para trabalhar com Tycho Brahe, vindo, posteriormente, a desenvolver seus estudos sobre a órbita elíptica dos planetas.

### 3.3 INCORPORANDO A NATUREZA DA CIÊNCIA AO LIVRO “FORÇA E MOVIMENTO: DE THALES E GALILEU”

Em sua maioria, o livro 1 traz uma discussão sobre o desenvolvimento do conhecimento na Antiguidade e na Idade Média, que corresponde ao período aproximado do século VII a.C. à metade do século XVI d.C. Trata-se de um longo intervalo de tempo, no qual muitos pensadores e filósofos da natureza desenvolveram diversas concepções sobre a constituição do mundo e suas leis de funcionamento. No decorrer desse período, as investigações sobre a natureza se faziam sob a finalidade do que hoje é conhecido por Filosofia Natural (POLITO; FILHO, 2013). Nesse sentido, é oportuno enfatizar que, aqui, a Filosofia Natural é relacionada com características da natureza da ciência, mas isso não significa que o tema é tratado sem distinção, meramente interpretando Filosofia como ciência. Ao mesmo tempo, é interessante notar que esse extenso período não presenciou desenvolvimentos tão profundos quanto os que ocorreram nos cento e cinquenta anos seguintes da Ciência Moderna (WESTFALL, 1977); além disso, existem diferenças marcantes existentes entre a Filosofia Natural e a ciência propriamente dita<sup>22</sup>. Entretanto, é quase impossível imaginar como teria acontecido a chamada Revolução Científica<sup>23</sup> se condições prévias não tivessem sido estruturadas nos períodos anteriores. Por esse motivo, e sem a intenção de adentrar no debate sobre o que é a ciência, é importante explicitar que a opção de considerar a Filosofia Natural na relação com a natureza da

---

<sup>22</sup> De acordo com Polito e Filho (2013), uma das diferenças é que antes da Revolução Científica não existiam ciências naturais constituídas propriamente como ciências particulares, tais como física, biologia ou química. Outro ponto citado pelos autores é que a investigação natural tinha um caráter preponderantemente contemplativo, se baseava por simples observações, sem nenhum ou pouco uso de instrumentos, seguida de teorização de caráter eminentemente especulativo. Não existia a ideia de manipulação e controle das condições físicas para a observação de fenômenos e teste de hipóteses.

<sup>23</sup> A Revolução Científica tem como marco inicial o advento do heliocentrismo (metade do séc. XVI) e como marco final o surgimento da física newtoniana, no fim do séc. XVII (REALE; ANTISERI, 1990).

ciência faz justiça ao entendimento dos historiadores da ciência que vêm nos gregos antigos verdadeiros precursores da Ciência Moderna. Outro ponto a ser enfatizado é o de que o termo “cientista” só surgiu bem depois de Galileu, portanto, para não incorrer a anacronismos ao citar personagens da Filosofia Natural, estes serão denominados de “estudiosos”, “pensadores”, “filósofos” ou outros sinônimos.

Para que as ideias desta seção sejam apresentadas com maior clareza, cada característica da ndc será discutida em subseções diferentes.

### **3.3.1 As influências na construção e desenvolvimento do conhecimento (ndc1)**

Após os esclarecimentos iniciais, passa-se, agora, para o estudo do livro 1, onde nos capítulos 1, 3, 4, 5 e 7 são apresentados vários pontos que podem ilustrar a incoerência da crença na neutralidade dos estudiosos.

O primeiro Capítulo expõe um período em que os filósofos começavam a pensar racionalmente a respeito do mundo em que viviam. O misticismo, a magia e as explicações sobrenaturais estavam sendo deixados de lado na busca de explicações naturais para os fenômenos naturais. Os filósofos pré-socráticos investigavam qual seria a constituição da natureza, sendo que cada um deles elegeu um ou mais elementos, para designar como originário de todas as coisas. Thales de Mileto, por exemplo, escolheu a água como elemento primordial, não a que identificamos modernamente como composto químico ( $H_2O$ ), mas um princípio de umidade universalmente presente em cada coisa, do qual a água comum seria o representante mais perfeito (POLITO; FILHO, 2013). Especula-se que sua preferência por esse elemento foi devida ao seu conhecimento sobre as cheias do Rio Nilo e da importância da água para a agricultura e para a vida.

Com esse exemplo, pode-se inferir que a escolha deste filósofo não foi arbitrária, mas influenciada pela sua forma de ver um mundo dependente da água. O que também pode ser notado, por exemplo, na conjectura sobre a forma da Terra pelos pitagóricos. Os seguidores de Pitágoras, na sua relação íntima com os números, viram na beleza de certos sólidos a simetria matemática e, a partir disso, escolheram o mais perfeito deles: a esfera para representar a forma da Terra.

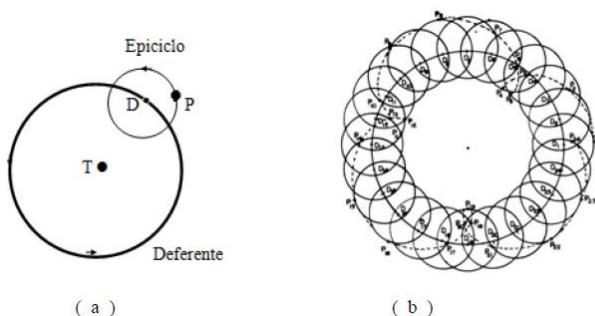
Essas duas breves descrições mostram que, desde os tempos mais remotos, a construção do conhecimento não ocorre de maneira neutra, mas é influenciada por vários fatores, sejam eles mais externos, como a cultura, ou internos, como as convicções de cada pensador. De acordo com Moura (2008, p. 180) “as concepções e crenças individuais dos

cientistas são determinantes na elaboração de suas ideias”. Similarmente, como bem enfatiza Chalmers (1993), a forma de um observador enxergar o mundo depende em parte de sua experiência vivida, de suas instruções e de suas expectativas. E aí, as conclusões de uma investigação podem não ser as mesmas dependendo das concepções anteriores daquele que a realiza.

Avançando um pouco mais no conteúdo desse capítulo, são apresentados alguns sistemas cosmológicos, entre eles o de Ptolomeu. Este, defendia uma astronomia matemática (oriunda dos instrumentalistas que se baseavam no dogma do movimento circular de Platão), na qual a preocupação era desenvolver artifícios matemáticos que fossem preditivos e explicativos. Essas concepções iam de encontro com a astronomia física de Aristóteles. Neste último programa de investigação, os realistas, como eram chamados, buscavam retratar a realidade física dos fenômenos tal como ela era.

A cosmologia de Ptolomeu procurava descrever matematicamente um mundo esférico, em que a Terra, com uma posição privilegiada, ficava imóvel no centro: em um de seus mecanismos, os planetas giravam com movimento circular uniforme em torno de um ponto chamado epiciclo, e o centro dos epiciclos ficava em órbita circular em torno da Terra – essa última órbita era denominada deferente.

Figura 1: a) O epiciclo e o deferente. b) o movimento de um planeta ao redor da Terra.



**Fonte:** Peduzzi (2015a, p. 31).

O ponto em que se quer chegar é o de que Ptolomeu, então instrumentalista, discordava das ideias da astronomia física de Aristóteles, por colocar o centro de rotação dos epiciclos em um ponto que não era a Terra. Nessa época, os fundamentos de Aristóteles tinham ampla predominância e, de acordo com a sua Filosofia Natural, entre

outros aspectos, não poderia existir outro centro de rotação para os corpos celestes que não fosse a Terra. Porém, mesmo tendo uma concepção de mundo diferente da aristotélica, os artifícios matemáticos utilizados por Ptolomeu contemplavam movimentos circulares e colocavam a Terra no centro do mundo, considerando, mesmo que sutilmente, pressupostos da Filosofia Natural. Dessa forma, reforça-se a ideia de que o desenvolvimento do conhecimento dessa época foi influenciado pelas concepções aristotélicas predominantes.

Já o Capítulo 3 traz os pontos de vista de Hiparco, Filoponos, Avicena, Avempace, Buridan, entre outros, sobre o movimento dos corpos. Eles discordavam das ideias aristotélicas em alguns aspectos (ou, muitas vezes, em vários), mas, mesmo assim, todos tentaram adequar as suas explicações a um “universo” finito, o que era uma prerrogativa aristotélica. Embora alguns deles considerassem o movimento no vazio (que era uma visão contrária às aristotélicas, pois se houvesse o movimento no vazio não haveria resistência para cessar o movimento, conseqüentemente, um movimento infinito exigiria um universo sem limites, o que era inconcebível para a física de Aristóteles), tomaram o cuidado de deixar claro que o movimento cessaria em algum momento. Isso remete à influência filosófica da concepção de mundo predominantemente aristotélica, a qual considerava um mundo finito, formado pelas esferas sub e supralunares.

No Capítulo 4 são apresentadas as divergências entre as diferentes visões de mundo sobre o formato da Terra no período medieval, mostrando que o desenvolvimento do conhecimento foi influenciado por concepções religiosas. Um dos conflitos, por exemplo, abrigava a interpretação bíblica de uma Terra plana que contrastava com a Terra esférica da “ciência” grega. Como exemplo disso, pode-se citar as argumentações dos clérigos contra a ideia de uma Terra esférica. Eles alegavam que o conceito de uma Terra globular implicaria em seres que poderiam habitar a zona abaixo do equador. Estes teriam os pés no alto e a cabeça embaixo, os quais eram chamados de *antípodas*. Os eclesiásticos argumentavam sobre a extravagância desses seres, pelo fato de habitarem um local onde a grama cresceria descendo e chuva desceria subindo. As defesas religiosas não contestavam a ordem física do formato da Terra, mas a questão de que se existissem seres habitando a região abaixo do equador, estes não seriam descendentes de Adão, nem dos animais que Noé refugiou na arca.

Essas divergências entre o universo geocêntrico dos gregos e a visão teocêntrica da Igreja Cristã repercutiram na elaboração dos mapas-múndi medievais. A cartografia foi utilizada pelo dogma religioso para

difundir as concepções sobre certas verdades da Bíblia e da fé à maioria da população que era iletrada (pois, para aqueles que não têm acesso aos escritos, as imagens devem falar por si). As obras que mostravam a tentativa de harmonia entre o erudito e a religião revelavam a influência religiosa nos trabalhos “científicos”.

Como exemplo disso, tem-se o mapa-múndi da Figura 2 (a seguir), onde é possível visualizar o mapa-múndi ilustrado em uma enciclopédia medieval de Barthélemy l’Anglais, “*Livre des propriétés des choses*” (Livro das Propriedades das coisas), realizada no século XV. A iluminura representa um tipo de modelo de mapa, chamado de mapa T-O (iniciais de *Orbis Terrarum*), onde a Terra, plana e circular, rodeada e delimitada pelo Oceano água, é representada pela letra O. A letra T (em forma de cruz, símbolo do martírio de Cristo) entremeada no círculo, divide o mundo nos três continentes conhecidos: o travessão horizontal separa a Ásia da Europa e da África; o travessão vertical separa a Europa da África.

Figura 2: O mapa T-O de Barthélemy l’Anglais



Fonte: Peduzzi, 2015a, p. 86.

Além da separação física dos continentes, o mapa pode incitar a representação de Deus, soberano, que está sobre todas as coisas e a governar o funcionamento da Terra. A imagem de Deus, bem acima, está

acompanhada de dois anjos, um a direita e outro a esquerda, os quais também poderiam simbolizar a proteção, conforme escritos da Bíblia Sagrada Cristã, quando se lê: “Mil cairão ao teu lado e dez mil a tua direita, mas tu não serás atingido” (SALMO 91:7).

Ainda no capítulo 4 e, logo, seguindo a linha das influências religiosas para a construção do conhecimento, a nova concepção de mundo de Copérnico vem à tona, através de sua publicação do *De revolutionibus orbium caelestium* (Sobre a revolução das órbitas celestes), em 1543. Aí, Copérnico apresenta um sistema astronômico matematicamente estruturado em que a Terra fica em movimento ao redor do Sol. Suas ideias, além de se mostrarem contrárias à Filosofia Natural de Aristóteles, impugnavam princípios da Igreja Católica. Como consequência disso, Copérnico foi investigado pela Santa Inquisição e quase condenado, salvo, no entanto, por Andreas Osiander, quando este escreveu um prefácio<sup>24</sup> ao *De revolutionibus* transmitindo a ideia de que suas predições eram somente matemáticas. Seu livro não foi colocado, em princípio, no *Index Librorum Prohibitorum* (Índice dos Livros Proibidos), mas, após as publicações de Kepler (que defendiam o heliocentrismo), em 1616, sua obra foi proibida de circular.

Semelhantemente, foi condenado pela Inquisição Giordano Bruno, italiano, doutor em teologia, que viveu a vida conventual por 10 anos e estudou avidamente toda a filosofia grega e medieval, além da cabala judaica (PESSANHA, 1983). Bruno, ao tomar conhecimento dos estudos de Copérnico (entre tantos outros), acabou se afastando da ortodoxia católica, o que lhe rendeu processo por heresia e lhe obrigou a fugir para Roma. A partir desse período, de aproximadamente 1575 até maio de 1592, ele mudou muitas vezes de cidade e país, sempre publicando suas obras e tentando escapar de condenações da Inquisição. Um dos escritos mais polêmicos, o *De I Infinito Universo e Mondi* (Acerca do Infinito do Universo e dos Mundos), pronuncia as ideias de que o mundo seria infinito, a Terra giraria em volta do Sol e existiriam outros inúmeros sistemas solares heliocêntricos. Em 1593, Giordano é preso e fica enclausurado por sete anos; depois, é condenado à morte na fogueira, juntamente com suas obras consideradas heréticas (PESSANHA, 1983).

Esses pontos, enfatizados ao longo do Capítulo 4, podem exemplificar que a religião influenciou no desenvolvimento do

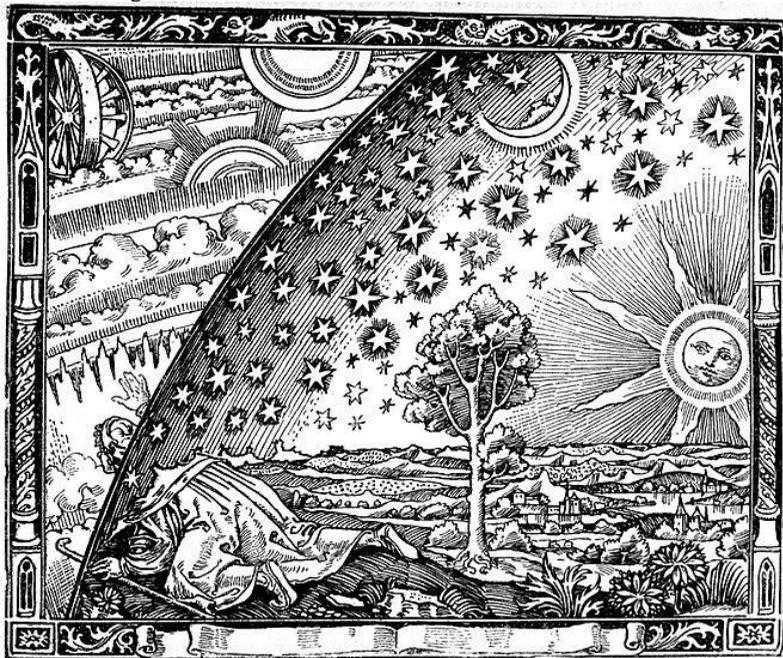
---

<sup>24</sup> Nesse prefácio, Osiander coloca os estudos de Copérnico apenas como ilustrações matemáticas dos fenômenos e não como explicações aplicáveis aos fenômenos da natureza. Uma cópia deste escrito pode ser acessada através do link: <http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/HCTex-Osiander.pdf>

conhecimento da época, seja por ilustrar em mapas-múndi a presença de Deus e a forma plana da Terra ou por proibir que certas informações circulassem no tempo da Inquisição. Pode-se inferir que esses fatores levaram muitos estudiosos da época a contemplar os princípios da escolástica em suas pesquisas.

A escolástica proibia circular ideias não condizentes com os seus pressupostos. Uma imagem que retrata essa situação é a *Gravura de Flammarion*, onde é ilustrada a cosmologia medieval, com uma Terra plana delimitada por um céu sólido e opaco. Nela há um homem vestido com uma longa túnica, ele se ajoelha e passa a cabeça, ombros e braço direito através de uma lacuna na esfera das estrelas e descobre um reino de nuvens, montanhas, sóis e outras coisas mais. Essa gravura foi talhada em madeira por um artista desconhecido e sua primeira aparição documentada foi em 1888 no livro de Camille Flammarion: *L'Atmosphère: météorologie populaire* (A atmosfera: meteorologia popular).

Figura 3: Gravura de Flammarion - Camille Flammarion



Un missionnaire du moyen âge raconte qu'il avait trouvé le point où le ciel et la Terre se touchent...

Fonte: *L'Atmosphère: météorologie populaire* (Paris, 1888), pp. 163. Original em preto e branco.

A legenda que acompanha a gravura no livro de Flammarion profere: “Um missionário da Idade Média diz que ele tinha encontrado o ponto onde o céu e a Terra se tocam...” O peregrino, ao que parece, está em peregrinação da alma e transpõe o limite de seu mundo ao ver um outro universo. Essa imagem pode ilustrar que alguns estudiosos se arriscavam a olhar (fazer conjecturas) para além daquilo que lhes era postulado e que poderia existir algo a mais após a esfera das estrelas.

No Capítulo 5, a luneta de Galileu mostra, juntamente com todo o espanto causado por ela, que as concepções filosóficas/científicas das quais os estudiosos estavam sujeitos poderiam interferir na forma em que viam o mundo. Galileu, norteador pelas convicções copernicanas, ao realizar observações com a luneta, viu o mundo de forma totalmente diferente daqueles que eram adeptos à doutrina aristotélica. Portanto, pode-se inferir que o trabalho do estudioso é influenciado por suas leituras, concepções individuais, e isso mostra que a ciência pode ser sensível a essas inspirações. O desenvolvimento do conhecimento está sujeito a interferências externalistas (por exemplo, política, religião, patriotismo, escolas filosóficas, etc.) e também internalistas (as escolhas teóricas de cada estudioso, por exemplo).

Sobre o trabalho desenvolvido por Kepler, que é retratado no Capítulo 7, pode-se afirmar que a tarefa da qual ele foi incumbido por Brahe – de encontrar a órbita de Marte – e a situação de estar em um local muito bem equipado e de posse de dados e tabelas rigorosamente confiáveis, contribuiu para que ele conseguisse desenvolver suas pesquisas com maior qualidade. Esse é um tipo de influência externa ao trabalho do pesquisador.

### **3.3.2 As resistências suscitadas contra novos corpos de conhecimento (ndc2)**

No Capítulo 1 do livro 1 há a apresentação de alguns sistemas cosmológicos. Entre as concepções expostas, encontra-se a de Aristarco de Samos, que coloca o Sol imóvel no centro do mundo e descreve a organização dos astros, colocando a Terra e os demais planetas a girar ao seu redor. Porém, suas ideias não foram aceitas na época. Sobre isso, pode-se inferir que a causa da não aceitação de suas conjecturas foi devida ao fato de que Aristóteles, sendo um filósofo de grande influência, disseminou a concepção de que a Terra deveria ser o centro do universo e ao seu redor é que deveriam girar os corpos celestes. Esse exemplo pode exemplificar a hegemonia do pensamento vigente (aristotélico)

predominante na época, que criou resistência a novos corpos de conhecimento que poderiam surgir, como o caso de Aristarco.

No Capítulo 4, Copérnico pode ilustrar um tipo de resistência que parte do próprio estudioso, ao enunciar uma ideia nova. Segundo Peduzzi (2015a, p. 98), ele: “Relutou muito em publicar a sua obra principal, pois temia ser ridicularizado com a sua hipótese de uma Terra móvel, que contrariava amplamente a evidência dos sentidos”. O estudioso hesitou, pois tinha dúvidas em relação à repercussão de seu trabalho.

No Capítulo 5, as observações com a luneta de Galileu não foram aceitas passivamente, pois estavam em desacordo com todo o constructo teórico da Filosofia Natural aristotélica. Conforme o texto do livro salienta:

Muitos estudiosos simplesmente se recusaram a olhar através daqueles tubos óticos apontados para o céu, priorizando a razão amparada em uma concepção de mundo, contra a evidência observacional que não tinha sustentação teórica (PEDUZZI, 2015a, p. 136).

Os defensores do aristotelismo alegavam que não se poderia confiar em um simples objeto, que não tinha corpo teórico algum sobre seu funcionamento. Tentavam encontrar problemas e levantar dúvidas sobre o que era observado por meio da luneta, para que a qualquer custo a perfeição dos céus determinada por Aristóteles fosse conservada.

Já no Capítulo 7, observa-se, por exemplo, que houve a supressão do conceito do movimento circular dos planetas, o qual estava vigente há mais de dois mil anos. Kepler conseguiu, com esforço, demonstrar matematicamente e empiricamente que a órbita de Marte (e por extensão a dos demais planetas) em torno do Sol era elíptica, contrariando o dogma do movimento circular. Entretanto, suas ideias não foram aceitas de imediato. Inclusive os próprios copernicanos, embora soubessem que Kepler se apoiava nas visões do heliocentrismo ponderaram-no com certa cautela. Afinal, a filosofia aristotélica ainda era ensinada nas universidades.

Esses exemplos podem retratar que os novos corpos de saberes passam por períodos de resistência ao tentarem se instituir. Além de a nova teoria ser mais preditiva e explicativa em relação a anterior, ela precisa convencer a “comunidade científica” a defendê-la, porém, geralmente, todos estão ao lado do paradigma vigente e é difícil o “novo” ter espaço. A visão de que novas teses, ao entrarem em cena,

simplesmente desbancam e substituem as antigas, pode ser tomada como simplista para ilustrar a construção do conhecimento.

### 3.3.3 Crítica à concepção ateuórica da construção do conhecimento (ndc3)

No Capítulo 1, quanto a escolha de um ou mais elementos pelos primeiros filósofos para determinar a origem de todas as coisas, nota-se que suas preferências não foram arbitrárias, ao contrário, elas tiveram significado para cada um deles. Essas predileções revelam inventividade, análise de hipóteses, vivências, entre outras premissas que reforçam a percepção de que a escolha do elemento não foi imparcial. Nesse sentido, esse exemplo pode ilustrar que as observações para a construção do conhecimento não são neutras, visto que o estudioso sempre possui uma concepção teórica a priori quando realiza investigações “científicas”.

A descrição sobre o formato da Terra e onde ela estaria apoiada: no *apeiron*<sup>25</sup>, na água, ou era infinita em extensão, também são aspectos abordados no Capítulo 1. As conjecturas a esse respeito faziam relação com o elemento originário de todas as coisas e tentavam resolver o problema da regressão ao infinito para a sustentação da Terra. Constatase que as escolhas dos elementos ou das explicações desenvolvidas pelos pensadores iam muito além daquilo que era real e disponível/acessível a eles, mostrando, assim, que o conhecimento não parte necessariamente de percepções empíricas e ateuóricas dos fenômenos naturais. Por exemplo, eles não tinham contato nem conseguiam visualizar o *apeiron* e os átomos, mas utilizavam esses elementos para fundamentar suas conjecturas. Nesse mesmo contexto, os pitagóricos também mostram que nem sempre hipóteses se desenvolveram a partir de observações concretas, pois, com base na perfeição das formas e simetrias, eles extrapolaram os aspectos puramente materiais e desenvolveram explicações para a matematização da natureza.

Ademais, ao longo do texto, constata-se enfaticamente que as percepções para a escolha do elemento primordial e do formato da Terra não partiram de uma mera observação neutra. As conjecturas iam para além do que era acessível aos olhos deles, e mais, eram guiadas pelas concepções apriorísticas de cada pensador. Essa opinião antecipada

---

<sup>25</sup> Anaximandro de Mileto, denominou uma substância indeterminada, distinta de qualquer coisa e sem limites, de *apeiron*. Ele elegeu esse elemento como originário de todas as coisas.

remete aos pressupostos teóricos que todo filósofo apresenta antes de trilhar qualquer caminho na ciência.

Ainda no Capítulo 1, os filósofos desenvolveram vários modelos astronômicos para explicar o comportamento dos astros. Essa é mais uma evidência histórica de que as observações não são neutras. Todos os pensadores observavam os mesmos corpos celestes, mas chegavam a conclusões diferentes: alguns colocavam a Terra no centro, outros o Sol, e outro, ainda, um Fogo desconhecido.

O Capítulo 2, por sua vez, apresenta as concepções do universo de Aristóteles, as quais eram principalmente baseadas no mundo sensível (no que se pode ver, sentir e tocar). Contudo, é preciso compreender que as conjecturas de Aristóteles transcendiam os aspectos da experiência cotidiana; a sua física foi intensamente elaborada e com fundamentos coerentes. Quando Aristóteles “observava” o mundo, ele o via com suas percepções (teóricas) e, dessa forma, ele está longe de ser interpretado como empirista-indutivista. No momento em que a concepção aristotélica defendia a não existência do vazio, por exemplo, a predição era baseada na coerência interna do corpo de conhecimentos, além, naturalmente, da própria observação, pois no mundo revelado pelos sentidos não havia vazio/vácuo.

No Capítulo 3, as discussões sobre a dinâmica dos projéteis entre Tartaglia<sup>26</sup> e uma figura que se intitulava Duque Francesco de Maria mostram que a observação pura, isto é, sem a interpretação dos dados observados, pode levar a equívocos. O Duque, estando convencido de que o movimento de uma bala (projétil) poderia ser retilíneo, tentava persuadir Tartaglia sobre suas concepções. Para ele, alguma parte da trajetória do projétil haveria de ser retilínea se a bala estivesse a muita velocidade. Continuando a tentar convencer Tartaglia, o Duque restringiu suas interpretações a pequenos espaços de “observação”, nos quais era possível concluir, equivocadamente, que a trajetória do projétil era retilínea. Isto é, ele tinha uma posição a priori e tentou usar do argumento empírico para corroborá-la. Evidencia-se, assim, que a crença de que a construção do conhecimento parte de observações neutras, é falha. Toda investigação é arraigada por concepções teóricas iniciais, nas ideias particulares de cada pensador. No caso do Duque, o problema se mostra pela postura “empirista-indutivista”, a qual a partir de percepções ateóricas, sem reflexões, sem estudos iniciais, leva a uma conclusão equivocada.

---

<sup>26</sup> (1500-1557) Engenheiro agrimensor, fez contribuições nas áreas de matemática e Filosofia Natural.

No Capítulo 4, Giordano Bruno, com suas conjecturas, escandalizou os pensamentos de sua época propondo a existência de vida em outros planetas e a infinidade do universo. A preconceção dele era de que Deus é infinito e, por isso, não poderia criar um mundo finito, o que evidencia que ele tinha uma concepção prévia à sua cogitação. Na apresentação de suas ideias, ele afirma que a força do intelecto se sobrepõe as percepções sensoriais: “É na interação com o competente juízo do intelecto e da razão que o factual encontra o substrato conceitual que o assimila e transforma, gerando novos conhecimentos” (PEDUZZI, 2015a, p. 111). Desse modo, Bruno mostra que a simples percepção das coisas sem a adequada interpretação não serve de base concreta para fundamentar conjecturas, mas de outra forma, ela deve ser intermediada pelas interpretações teóricas do estudioso.

Já no Capítulo 5, é possível constatar que a luneta de Galileu contribuiu para grandes descobertas astronômicas. Sobre isso, ao visualizar as manchas solares, Galileu, baseado em suas convicções copernicanas, as concebeu como uma nova descoberta, a de que o Sol tinha manchas e se movia. Isso é similar ao modo como ocorreu com as imperfeições da Lua e os anéis de Saturno. Essas novas manifestações colocavam em dúvida o sistema ptolomaico e a tradição escolástica – da qual a filosofia aristotélica era uma das bases – que defendiam a imutabilidade da esfera supralunar, além de encontrar nas luas de Júpiter um forte motivo para apoiar o heliocentrismo, pois havia ali um centro de rotação que não era a Terra (em contradição ao que defendiam os escolásticos). Por outro lado, Scheiner<sup>27</sup>, ao constatar as manchas solares através da luneta, teve outra interpretação para o mesmo fato: ele idealizou corpos que ficavam entre a Terra e o Sol. Essa é uma forte evidência de que as observações são precedidas pelas concepções teóricas do observador. Cada um deles notou o mesmo fenômeno, mas suas conclusões se deram em função de suas convicções teóricas/filosóficas.

Ainda no Capítulo 5, a constatação, através da luneta, das imperfeições da Lua por Galileu, mas não por Harriot<sup>28</sup>, demonstram que os acasos favorecem somente as mentes preparadas e que observações neutras não fazem parte da construção do conhecimento. Harriot não estava apto, teoricamente, para visualizar imperfeições na superfície da Lua; não tinha compreensões teóricas sobre uma Lua com irregularidades,

---

<sup>27</sup> Christopher Scheiner (1573-1650), um jesuíta alemão que também observou e interpretou as manchas solares.

<sup>28</sup> Thomas Harriot (1560-1621), um matemático inglês, que antecedeu Galileu, observando a Lua alguns meses antes dele.

porque suas convicções aristotélicas não concebiam uma esfera celeste com imperfeições. Já Galileu, no contexto das novas descobertas que estava realizando (a luz de suas convicções copernicanas), estava “preparado” para perceber algo novo. Somente depois das publicações de Galileu, Harriot concebeu sentido às primeiras observações que tinha feito sobre a superfície lunar. Isso, naturalmente, implicou em uma reversão de suas expectativas teóricas, isto é, em uma adesão as concepções de Galileu.

Ainda sobre a luneta de Galileu, salienta-se que ele a utilizou para defender o universo copernicano, mas as suas constatações através deste instrumento não possuíam sustentação conceitual, ou seja, do ponto de vista físico, não havia uma teoria ótica respaldando suas “revelações”. No entanto isso não significa que, por não existir uma conjectura anterior, este filósofo fez observações neutras. Suas conclusões foram determinadas por sua forma de ver o mundo, onde as imperfeições da Lua desveladas pelo telescópio foram vistas como algo possível, pois ele não era mais adepto da visão aristotélica, que defendia uma esfera supralunar incorruptível. Portanto, vale enfatizar que determinadas investigações podem exigir novas teorias, mas isso só é possível porque o investigador estava imerso em uma conjectura prévia (no caso de Galileu, o copernicanismo). Esse tipo de situação propicia, em uma dinâmica de crítica teórica e empírica, para a revisão do conhecimento.

O Capítulo 6 traz, juntamente com as descrições da física de Galileu, a discussão sobre o mítico experimento da Torre de Pisa. O maior problema da crença neste experimento é quando a interpretação leva a acreditar que, a partir dele, um corpo inteiro de conhecimentos foi estruturado. Ou seja, o inconveniente está em interpretar a construção de teorias, diretamente, a partir de uma experiência, sem considerar todo o caminho percorrido por Galileu; o que incorre a uma imagem empírico-indutivista para a construção dos saberes. A ideia simplista do experimento na Torre de Pisa faz parecer que, em um certo dia, Galileu reuniu a comunidade acadêmica para assistir a um ensaio e, após a realização deste, chegou facilmente a uma conclusão. A partir disso, as concepções de Aristóteles sobre o fenômeno foram julgadas equivocadas e Galileu descobriu a partir do experimento (sem estudos, reflexões e conjecturas anteriores) uma nova teoria. Aliado a isso, o conceito que se passa é o de que Galileu fez observações neutras para ver o que iria acontecer (qual das bolas de chumbo cairia primeiro, se a maior ou a menor), mas ao contrário disso, ele percorreu um tortuoso e difícil caminho até chegar no real experimento, que não foi o da Torre de Pisa, mas sim um que envolveu planos inclinados.

### 3.4 ESTRUTURA GERAL DO LIVRO “DA FÍSICA E DA COSMOLOGIA DE DESCARTES À GRAVITAÇÃO NEWTONIANA”

O livro é composto por seis capítulos. O primeiro introduz Descartes, salientando algumas de suas obras e o percurso que o conduziu à razão e à procura acerca da verdade nas ciências. Já no Capítulo 2, uma ideia geral sobre a obra de Newton é expressa, mostrando-se a multiplicidade de seus interesses.

No Capítulo 3, a física e a cosmologia cartesianas são discutidas. Explicita-se como Descartes estabeleceu o princípio da inércia, em consonância com a sua filosofia e chega à primeira explicação mecânica para a gravidade. Também é apresentada a explicação de Descartes para definir a luz e suas principais propriedades.

No próximo Capítulo, o quarto, é retratada a atuação de Descartes referente ao estudo das colisões, além das sete regras que enunciara para o choque mecânico. Ademais, são apresentados os estudos de John Wallis sobre o choque perfeitamente inelástico; os de Christiaan Huygens sobre a colisão elástica; as interpretações de Leibniz sobre a concepção de “força” e a conservação da “força viva”; os estudos newtonianos sobre a conservação da quantidade de movimento em uma colisão e a visão clássica de força.

Já no Capítulo 5, discute-se acerca da gravitação universal newtoniana enunciada no Livro 1 do Principia e aplicada ao movimento celeste no Livro 3. Também são apresentadas e discutidas as correspondências entre Newton e Hooke, o significado dinâmico da segunda lei de Kepler e a lei da força centrípeta para o movimento em uma cônica. Posteriormente, são expostas as regras para filosofar de Newton. A lei da gravitação para órbitas circulares e a aceleração da gravidade para pontos na superfície da Terra e externos a ela são outros assuntos explorados. Em seguida, são apresentados os estudos do sistema Terra-Lua e o episódio mítico da queda da maçã, juntamente com sua discussão epistemológica. Por fim, expõe à crítica a posição empírico-indutivista que considera a dinâmica newtoniana como generalização das leis de Kepler.

Finalmente, no Capítulo 6, abordam-se as dificuldades de aceitação do Principia, tanto na Inglaterra quanto na França, e os esforços que foram desenvolvidos para superar a sua rejeição.

### 3.5 INCORPORANDO A NATUREZA DA CIÊNCIA AO LIVRO “DA FÍSICA E DA COSMOLOGIA DE DESCARTES À GRAVITAÇÃO NEWTONIANA”

A seguir, são expostas as exemplificações e contraexemplificações das concepções ndc4, ndc5, ndc6 a partir da História da Física presente no livro 2.

#### **3.5.1 A recusa da ideia de um único método para construir o conhecimento (ndc4)**

No Capítulo 1, além de outros trabalhos, alguns aspectos da obra de Descartes “Discurso do método para bem conduzir a razão e procurar a verdade...” são apresentados. O método abordado por Descartes não é “O método científico” (no seu sentido dogmático), mas somente uma reflexão do modo como uma investigação deveria proceder de acordo com a sua concepção. Conforme é citado no texto, “A intenção do Discurso não é didática, mas sim narrativa. Descartes deixa isso claro quando diz que seu propósito não é ensinar o método que cada um deve seguir para guiar a sua razão, mas somente apresentar de que modo ele concebeu o seu” (PEDUZZI, 2015b, p. 10).

No decorrer do texto, de forma geral, é enfatizado explicitamente o fato de que não existe apenas um método para a construção do conhecimento (o vulgar método científico), mas que a ciência, sendo um empreendimento humano, pode derivar das mais diversificadas situações e dos mais variados procedimentos.

O método científico, que é disseminado na mídia e em muitos livros didáticos, consiste em etapas pré-determinadas. Um dos passos desse método é a experimentação, a qual tem apenas o papel de corroborar ou refutar teorias em sua forma final. No Capítulo 3, apresenta-se a concepção de Descartes sobre o seu método hipotético-dedutivo e qual o papel da experimentação nele. Conforme o texto do livro 2, o experimento, para Descartes, pode assumir diferentes interpretações. Em algumas situações cumpre o papel de corroborar ou refutar teorias, mas, em outras, interage com as expectativas teóricas do investigador e é parte imprescindível do entendimento do fenômeno físico. Entretanto, caso o experimento não se adeque às reflexões da razão, logo, é a razão que se deve priorizar.

Por meio da História da Física é possível verificar os muitos papéis dos quais um experimento pode assumir. Isso depende do contexto do estudo, da época, das condições da pesquisa. Ele pode reorientar a

investigação científica (às vezes, um experimento apresenta um resultado inesperado que permite ao estudioso se envolver em novas buscas, novos rumos). Por vezes, algumas experimentações não são subsidiadas por teorias (um corpo de conhecimento bem estruturado), logo, estas propiciam a constatação de fenômenos que não são encontrados na natureza; as experimentações também permitem a aquisição de dados matemáticos, e, sobretudo, em muitos momentos, há uma relação muito intensa entre as hipóteses (convicções teóricas dos cientistas) com as experimentações que desenvolvem (RAICIK, 2015).

Sobre a falácia de um único método científico, é possível perceber, no decorrer da História da Física, que a construção do conhecimento, com base naqueles passos pré-determinados, não configura uma realidade. No Capítulo 4, aparecem as concepções de Christiaan Huygens sobre a colisão elástica. São apresentadas cinco hipóteses sobre colisões frontais e unidimensionais entre duas esferas e onze proposições sobre o choque elástico. Ressaltam-se, nesta seção, os chamados “experimentos de pensamento” que Huygens faz a fim de explicar as proposições. Os experimentos de pensamento estão gravados na História da Física desde a época de Aristóteles e tiveram grandes papéis na estruturação da “ciência” e, quando estes se fazem presentes na construção do conhecimento, os passos pré-determinados de um único método científico são falseados. Não houve, no caso de Huygens para o choque elástico, observações, hipóteses, experimentações e conclusões (nesse caso citando o método OHERIC – observação, hipóteses, experimentação, resultados, interpretação e conclusões). Ele simplesmente utilizou-se de suas ideias sobre as colisões e, pautado na razão e criatividade, idealizou as situações de choque para a edificação de seus conceitos.

No Capítulo 5, Newton enuncia regras para filosofar. São quatro regras que, de acordo com ele, conduzem o raciocínio em filosofia:

- 1) Não se deve admitir mais causas para as coisas naturais do que aquelas que são verdadeiras e suficientes para explicar seus fenômenos.
- 2) Por isso, tanto quanto seja possível, é preciso atribuir as mesmas causas aos efeitos naturais do mesmo gênero.
- 3) Devem se considerar como qualidades de todos os corpos aquelas que não podem aumentar nem diminuir e que afetam a todos os corpos sobre os quais é possível fazer experimentos.
- 4) As proposições obtidas por indução, a partir dos fenômenos, não obstante as hipóteses contrárias, devem ser consideradas, na

filosofia experimental, como verdadeiras, exata ou muito aproximadamente, até que surjam outros fenômenos que as tornem ou mais exatas ou expostas a exceções. (NEWTON apud PEDUZZI, 2015b p. 103 e 104).

Para comparar estas concepções de Newton, ressaltam-se outros quatro princípios, trazidos do Capítulo 1 que, segundo Descartes, devem ser respeitados na procura da verdade:

1) O primeiro era de nunca aceitar coisa alguma como verdadeira sem que a conhecesse evidentemente como tal; ou seja, evitar cuidadosamente a precipitação e a prevenção, e não incluir em meus juízos nada além daquilo que se apresentasse tão clara e indistintamente a meu espírito, que eu não tivesse nenhuma ocasião de pô-lo em dúvida. 2) O segundo, dividir cada uma das dificuldades que examinasse em tantas parcelas quantas fosse possível e necessário para melhor resolvê-las. 3) O terceiro, conduzir por ordem meus pensamentos, começando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para subir pouco a pouco, como por degraus, até o conhecimento dos mais compostos; e supondo certa ordem mesmo entre aqueles que não se precedem naturalmente uns dos outros. 4) E, o último, fazer em tudo enumerações tão completas, e revisões tão gerais, que eu tivesse certeza de nada omitir. (DESCARTES apud PEDUZZI, 2015b, p. 13).

As posturas dos dois estudiosos divergem em relação aos preceitos que seguem para a construção do conhecimento. Enquanto Descartes prioriza a razão em detrimento dos sentidos, Newton considera que é através da experiência que as qualidades dos corpos são conferidas. Nas palavras de Newton: “As qualidades dos corpos se esclarecem, e são estendidas a outros corpos, mediante experimentos. Não se deve dar vazão a fantasia dos sonhos contra a segurança dos experimentos” (NEWTON apud PEDUZZI, 2015b, p. 103).

O que se quer evidenciar, ao destacar os preceitos que são seguidos para construir a “ciência” de Newton e Descartes, é a inexistência de um único método para se construir o conhecimento. Cada estudioso priorizou aspectos diferentes, à luz de suas convicções teóricas, filosóficas, físicas,

etc. Descartes enfatiza que para fazer ciência não pode haver dúvidas, o estudo deve ser feito somente por uma pessoa e que as teorias sempre vão evoluindo, do mais simples ao mais complexo. Já Newton foca na questão da observação, levantamento de hipóteses, experimentação e conclusão. Verifica-se uma grande diferença entre os dois “métodos” desses físicos. Portanto, uma vez que há diferenças não existe uma única forma para edificar conhecimentos, o que reforça a concepção de que não existem regras rígidas para se fazer ciência.

Ao adentrar o conteúdo do Capítulo 6, os estudos de I. Bernard Cohen, historiador e especialista em Newton, são invocados, para defender a tese de que Newton desenvolveu “métodos” diferentes ao compor suas obras *Principia* e *Óptica*. Cohen (2002) apresenta argumentos que ilustram que o “estilo” newtoniano não é o mesmo em todos os seus estudos.

Na *Óptica*, Newton pronuncia que as investigações da Filosofia Natural devem proceder pelo método de análise que precede o método da composição. A análise é composta por experimentos e observações, dos quais são extraídas conclusões gerais, por meio da indução. As hipóteses não devem ser levadas em consideração na filosofia experimental, portanto, nenhuma objeção deve ser aceita, a não ser que tenha sido extraída de experimentos ou outras verdades seguras. A síntese (ou composição) baseia-se em pressupor as causas como já descobertas e os princípios como já estabelecidos e, a partir daí, explicar os fenômenos provenientes e demonstrar explicações.

Já, no *Principia*, de acordo com Cohen (2002), Newton separou os aspectos matemáticos e físicos dos problemas. Um conjunto simplificado de premissas físicas foi, então, tratado inteiramente como um sistema matemático. Em seguida, as consequências desses pressupostos idealizados foram deduzidas através da aplicação de técnicas matemáticas sofisticadas. Uma vez que o sistema matemático foi escolhido para representar o sistema físico idealizado, todas as proposições deduzidas no sistema matemático poderiam ser comparadas com os dados de experimentação e observação. As deduções matemáticas eram realizadas em princípio e, após, comparadas à natureza.

Esses “estilos de Newton” (COHEN, 2002) ilustram que não há apenas uma forma para a construção do conhecimento, o que fortifica o argumento contra “O método científico”.

### 3.5.2 O conhecimento possui caráter provisório (ndc5)

Para exemplificar a ndc5, utiliza-se do Capítulo 3, no qual a física e a cosmologia cartesiana ilustram a ruptura da hegemonia da Filosofia Natural aristotélica. A forma de ver o mundo, através de uma física qualitativa e descritiva, é substituída por uma física quantitativa e por novos métodos, a começar pela concepção de Descartes, que compreende a fonte do conhecimento a partir da razão e não da evidência dos sentidos.

Para que uma nova física pudesse suceder a de Aristóteles, foi necessária uma nova compreensão de matéria, de movimento e de mundo. Então, Descartes deu início ao desenvolvimento de sua nova física, a partir da “verdade evidente”, de uma filosofia mecanicista e do método que utilizava a intuição seguida de dedução matemática.

O mundo de Descartes rompeu com a visão “sublunar” e “supralunar” do mundo aristotélico; a dicotomia de uma física celeste e terrestre foi rejeitada pelo mecanicismo cartesiano. Diferentemente do conceito de Aristóteles, para Descartes os corpos terrestres eram sujeitos à corrupção. O conceito aristotélico de um “universo” eterno, sem começo e sem fim, também foi rebatido por Descartes: ele argumentava que o ato de criação de Deus foi o responsável pelo início de tudo. Além disso, a física cartesiana considerava o “universo” indefinido (e não mais finito, como os aristotélicos). Descartes diferenciava o “indefinido” do “infinito”, ele dizia que o primeiro referenciava o desconhecimento de qualquer fim (para a extensão do mundo ou o número das partes divisíveis da matéria, por exemplo), mas que somente Deus poderia ser compreendido como positivamente infinito, por isso atribuía caráter indefinido àquilo que não apresentava fim.

Enfim, estes são apenas alguns exemplos que podem ilustrar a provisoriedade das teorias, mas esta característica da ndc pode ser verificada no decorrer dos dois livros, pois, dos gregos até Newton, muitos corpos de conhecimento foram substituídos ao longo dos séculos.

Hoje, a cada ano que passa, novas tecnologias são criadas, novas “descobertas” científicas são realizadas, e isso mostra que a ciência não é estática: ela é dinâmica e passível de mudanças. A criatividade, intuição e persistência dos cientistas podem levar a ciência a sofrer alterações. Conforme Moura (2008, p. 188) “a Ciência está em constante transformação. Teorias não surgem em sua forma final, acabada e concisa repentinamente na mente dos cientistas. Pelo contrário, são resultados de intermináveis transições e modificações”.

### 3.5.3 O conhecimento científico para além da superação (ndc6)

O capítulo 3 ilustra profundas transformações no conhecimento e uma ruptura na maneira de ver o mundo: a Física qualitativa e descritiva é substituída por uma Física quantitativa, onde novos métodos emergem; o mundo hierárquico e finito e a dicotomia da Física celeste/terrestre vão perdendo sentido – inclusive, o próprio homem é obrigado a repensar seu posicionamento em um cosmo extenso e sem limites definidos –; o mecanicismo de Descartes, que desponta nesse período, impugna as ideias da Filosofia Natural Aristotélica e exige uma nova concepção de matéria, de movimento e de mundo.

Essa conjuntura é propícia para ilustrar que, mesmo que o corpo de conhecimentos de Aristóteles estivesse perdendo seu significado, ele não deixa fazer parte da ciência, e de sua história, porque deixou de ser válido. Os conceitos de Aristóteles foram desenvolvidos de acordo com certa visão de mundo, diretamente associada à estrutura logicamente ordenada do universo aristotélico. Levando em consideração a maneira de ver o mundo físico e os fenômenos naturais, a coerência interna da Filosofia Natural era capaz de responder as perguntas da época com poder preditivo. Enfatiza-se, então, que julgar corpos de conhecimento que foram superados como não científicos implica em não considerar valores e contextos, além de destituir a ciência de sua própria história (PEDUZZI; RAICIK, 2017).

Algumas vezes, os fundamentos aristotélicos são citados em documentários, livros didáticos e de divulgação científica como “errados”, outras vezes, são até ridicularizados e diminuídos para exaltar, por exemplo, a física de Galileu e de Newton. Conforme um vídeo da série “Poeira das Estrelas<sup>29</sup>”, parte 2, que foi exibido na Rede Globo de Televisão, apresentado e elaborado por Marcelo Gleiser:

*(3’13’’ a 3’53’’) “Era assim que Aristóteles explicava a gravidade: segundo ele, uma pedra cai do céu para a terra, porque seu lugar é no chão. Aristóteles também concluiu que quanto mais pesado o objeto, mas rápido ele vai ao solo. Certo? Errado! Essa primeira explicação errada de Aristóteles sobreviveu por 1800 anos, só foi questionada durante a Renascença, na Europa. As teorias de Aristóteles foram aceitas por muito tempo, não só porque eram*

<sup>29</sup> Link de acesso ao vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=LkYrmgkJp5c&t=354s>.

*avançadas demais para a época, mas também, porque com o passar do tempo, a Igreja construiu um poder sem precedentes na história (...)*”

O documentário foi apresentado na televisão aberta, para o público em geral, e é claro que o tempo de duração e outras questões influenciaram na profundidade com que o tema foi tratado. Porém, a imagem que se passa nesse trecho do vídeo é a de que Aristóteles era protegido pela Igreja, mas que sua Filosofia Natural era errada. Tratando-se de um público leigo, sem criticidade para a História da Física, esse documentário criou uma exposição equivocada da ciência. Além disso, Marcelo Gleiser comenta que os fundamentos de Aristóteles só foram contestados na Renascença, o que não procede, uma vez que, entre outros, por exemplo, Hiparco de Nicéia em 130 a.C., já apresentava contestações sobre a dinâmica aristotélica do movimento de projéteis.

No estudo do Capítulo 5 há uma ruptura na forma de pensar sobre a dinâmica do movimento circular e, em consequência, da dança dos planetas. Até esse momento compreendia-se que havia um equilíbrio de forças entre a ação solar e a tendência centrífuga dos planetas. Estudiosos, como Descartes, Huygens<sup>30</sup> e Borelli<sup>31</sup>, tinham a visão de que uma trajetória circular estável demandava a ação de uma força sobre o corpo em rotação (proveniente de quem o girava) para contrabalançar o seu efeito centrífugo. Em 1679, Hooke propôs a ideia de que “o deslocamento de um corpo em uma trajetória curvilínea seria resultado da combinação de dois movimentos: um inercial, ao longo da tangente à curva, e outro atrativo em direção ao centro da trajetória” (PEDUZZI, 2015b, p. 97). Essa nova suposição de Hooke implicava no abandono da noção vigente de força centrífuga e do equilíbrio de forças nas órbitas estáveis. Para ele, havia uma única força dependente do corpo central: a força centrípeta.

Hooke conjecturou essa nova perspectiva teórica porém, a descrição matemática e suas consequências não foram desenvolvidas por ele. Relata-se que, por iniciativa própria, no final de 1679, Hooke correspondeu-se com Newton, a princípio, para informar-se acerca da opinião deste, referente à sua hipótese. Nas correspondências seguintes, Hooke incitava Newton à resolução do problema fundamental do

---

<sup>30</sup> Christiaan Huygens (1629 - 1695) foi um físico, matemático, astrônomo e horologista neerlandês.

<sup>31</sup> Alfonso Borelli (1608 - 1679), professor de matemática da Universidade de Pisa.

movimento planetário a partir de suas suposições. A situação era a seguinte: Hooke conjecturou que a força de atração entre o objeto e o centro da trajetória circular deveria ser inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o Sol e o planeta<sup>32</sup>. Acontece que a dependência da força com o inverso do quadrado da distância era aplicável para órbitas circulares, mas os planetas não descreviam trajetórias circulares.

Newton, é claro, não cedeu à pressão de Hooke para a resolução de um problema que nem mesmo o próprio Hooke lograra êxito. Dessa forma, encerraram-se as correspondências entre eles, mas um legado foi deixado, de Hooke a Newton. A hipótese original de Hooke foi aceita por Newton e “indicou-lhe a direção correta para a análise precisa de um movimento curvilíneo, e da dança dos planetas, em especial” (PEDUZZI, 2015b, p. 99). Doravante, Newton desenvolveu seus estudos e fez demonstrações de que um objeto com uma componente inercial de movimento e sujeito a uma força centrípeta desloca-se em uma trajetória curvilínea. Também estabelece que o seu movimento processa-se de acordo com a segunda lei de Kepler, ou lei das áreas. Contudo, e, além disso, deu significado dinâmico a lei das áreas de Kepler, provando que sobre um corpo, em movimento curvilíneo, atua, continuamente, uma força centrípeta.

Essa querela entre Newton e Hooke, a partir do estudo do movimento circular, teve início, de certa forma, pela conjectura inovadora de Hooke, em desconsiderar a força centrífuga e colocar em seu lugar a centrípeta. Cabe enfatizar que a ideia de força centrífuga considerada por Descartes, Huygens, Borelli ou tantos outros, não deve ser considerada “errada” ou julgada como não científica somente porque foi sobrepujada. A concepção do equilíbrio de forças no movimento circular, em determinada época, tinha poder explicativo. Quando uma teoria ganha o *status* de insatisfatória, deve ser interpretada como um saber que teve seu valor reconhecido em determinado contexto; os saberes não deixam de ser científicos porque foram superados, mas, também, não devem ser ridicularizados em função das novas compreensões que se desenvolveram. Exemplos como esses agregam valor ao ensino de física e atribuem qualidade aos feitos do passado, mostrando, assim, que a ciência tem história.

---

<sup>32</sup> A partir da “regra” da força centrífuga, obtida e publicada por Huygens em 1673, juntamente com a terceira lei de Kepler, era possível chegar à dependência da força com o inverso do quadrado da distância.

Finalizado este capítulo passa-se agora para o seguinte, onde será apresentado o planejamento das intervenções didáticas que utilizaram essas exemplificações da História da Física para enfatizar as seis concepções da ndc.



#### **4. ASPECTOS DIDÁTICOS DA PESQUISA: O ESTUDO DA NATUREZA DA CIÊNCIA POR MEIO DE UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS**

A partir deste momento será apresentada e discutida a metodologia da pesquisa desta dissertação. Para que esse assunto seja tratado de maneira mais clara, considerou-se frutífero dividi-lo em duas partes, a saber: metodologia didática (capítulo 4) e metodologia investigativa (capítulo 5).

No presente capítulo serão expostos os aspectos didáticos da pesquisa, que se referem ao contexto em que o trabalho foi desenvolvido e ao detalhamento do material didático elaborado. Entretanto, antes de adentrar nesses assuntos, será delineado o referencial teórico que sustenta a metodologia didática da pesquisa. Portanto, em um primeiro momento, serão apresentados traços gerais<sup>33</sup> da visão clássica da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel (1968, 2000) como base para a fundamentação das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Em um segundo momento, serão descritos os princípios de desenvolvimento das UEPS, sugeridos por Moreira (2011). Em sequência, o contexto de implementação do estudo empírico será caracterizado, isto é, será esboçado o perfil dos sujeitos e da disciplina em que a pesquisa foi inserida. Por fim, serão discriminados os aspectos sequenciais das duas unidades de ensino.

##### **4.1 SOBRE A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

A teoria de David Ausubel enquadra-se no tipo de aprendizagem “cognitiva”, a qual é relacionada à organização, articulação e operacionalização das informações na mente do aprendiz (MOREIRA, 1999). A aprendizagem significativa (AS) constitui seu significado quando uma nova informação (um novo conhecimento) relaciona-se com o conteúdo de ideias estabelecidas e relevantes existentes na estrutura cognitiva<sup>34</sup> do aprendiz (AUSUBEL, 2003). Nesse processo, há um encadeamento seletivo, particular, entre o novo conhecimento e as ideias formadas e complacentes do ser que aprende. Esta ligação é denominada,

---

<sup>33</sup> É oportuno salientar, que esse texto não tem a pretensão de esgotar todos os conceitos que envolvem a TAS de Ausubel, mas, apenas, fornecer uma visão geral dos principais fundamentos que embasaram a presente pesquisa.

<sup>34</sup> Estrutura cognitiva é entendida como o conteúdo total de ideias de um certo indivíduo e a forma como estão organizadas (MOREIRA; MASINI, 2011).

por Ausubel (2003), de *ancoragem*, e deve ocorrer de maneira *não arbitrária* (plausível, sensível e não aleatória) e *não literal* (isto é, de forma substantiva, não *ao pé-da-letra*) (AUSUBEL, 2003).

Portanto, a AS ocorre quando a nova informação ancora-se nos conceitos, ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz (AUSUBEL, 2003). A assimilação desses novos conceitos de maneira organizada e integrada contribui para sua diferenciação, elaboração e estabilidade nas ideias do estudante (MOREIRA; MASINI, 2011).

Acrescenta-se ainda que:

Se a estrutura cognitiva for clara, estável e bem organizada, surgem significados precisos e inequívocos e estes têm tendência a reter a força de dissociabilidade ou disponibilidade. Se, por outro lado, a estrutura cognitiva for instável, ambígua, desorganizada ou organizada de modo caótico, tem tendência a inibir a aprendizagem significativa e a retenção. Assim, é através do fortalecimento de aspectos relevantes da estrutura cognitiva que se pode facilitar a nova aprendizagem e retenção (AUSUBEL, 2003, p. 10).

Aprendizagem significativa, dessa forma, não é aquela que o indivíduo nunca esquece, mas sim aquela que criou significado efetivo em sua cognição. A *assimilação obliteradora*<sup>35</sup> sempre estará presente, de modo que alguns conhecimentos podem cair no esquecimento se o aluno passa algum tempo sem se utilizar deles.

#### **4.1.1 Conhecimentos prévios (subsunçores)**

David Ausubel chama os conhecimentos prévios dos aprendizes de *subsunçor* ou *ideia âncora*. Estes são organizados por meio de novas ideias (MOREIRA, 2011). Quando o estudante consegue fazer a ligação do seu subsunçor com o novo conhecimento, o segundo passa a fazer sentido em sua estrutura cognitiva. Com isso, é possível que se estabeleçam conexões com os objetivos prévios de aprendizagem

---

<sup>35</sup> Não é um esquecimento total, é apenas uma perda de discriminabilidade, ausência de diferenciação de significados, mas não, uma perda de significados (MOREIRA, 2011).

(geralmente instituídos pelo professor) e seja proporcionado certo nível de aprendizado.

Como a AS processa-se através das interações entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos novos, há a modificação dos conhecimentos prévios e a assimilação das novas proposições de forma significativa. Cada vez que o aprendiz consegue relacionar mais aspectos do novo conhecimento aos seus subsunçores, essa nova ideia vai ficando mais clara e seus subsunçores mais significativos, criando, assim, relações fortes e estruturando a sua cognição (MOREIRA, 2011).

Em linguagem informal, pode-se interpretar que a mente do ser humano está cheia de subsunçores, alguns mais utilizados e elaborados, outros menos. Existem várias ramificações de conhecimentos que são adquiridos ao longo da vida e, se forem através de AS, esses subsunçores estarão ali sempre, alguns de maneira mais ativa, outros nem tanto.

Para Ausubel (2003), a estrutura cognitiva é uma sociedade hierárquica de subsunçores, onde alguns são subordinados a outros. À vista disso, o subsunçor pode evoluir e depreciar, dependendo do desenvolvimento do sujeito com aquele conhecimento. A título de exemplo, quando ocorre a aprendizagem superordenada<sup>36</sup>, os subsunçores evoluem e se transformam em novos conhecimentos âncora (MOREIRA, 2012). Conclui-se, então, que o subsunçor não é exatamente algo pronto e acabado e, também, não tem uma única forma específica. Ele pode desempenhar o papel de conceito, estruturação, proposição, representação, etc., no entanto, nunca vai representar algo materializado e estático.

Cabe ressaltar aqui que as aprendizagens são processos incessantes e dinâmicos. Os subsunçores presentes na estrutura cognitiva do ser humano nem sempre traduzem ideias adequadas. A AS pode ocorrer, também, de elementos indesejados, não somente daqueles intencionais. Os processos que envolvem a aprendizagem fazem parte de um movimento extremamente humano de conhecimento. Sendo assim, a AS vai muito mais além de sequências de etapas, que parecem rígidas.

---

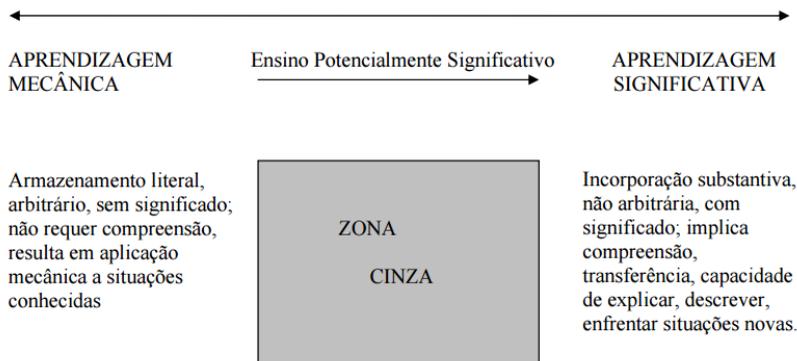
<sup>36</sup> A AS superordenada é aquela em que o novo conhecimento, depois de assimilado, cria novos subsunçores que servem de ideia-âncora para novos conhecimentos e amplia o entendimento do aluno de maneira mais rica, mais estável.

### 4.1.2 Aprendizagem mecânica

A aprendizagem mecânica, para Ausubel, é interpretada como sendo “a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva” (MOREIRA, 2008, p. 2). Nesse tipo de aprendizagem, os conhecimentos não são construídos por significação na estrutura cognitiva, mas são retidos por um período temporário. Isso acontece, por exemplo, quando o aluno decora, assimilando literalmente as informações, com o objetivo de fazer alguma avaliação. Os conhecimentos novos não são relacionados com outros presentes na estrutura cognitiva do aluno. Dessa forma, eles são utilizados apenas no momento da avaliação e depois são descartados.

Moreira (2012) salienta que a AS e a aprendizagem mecânica estão ao longo de um mesmo contínuo, elas não são consideradas dicotômicas entre si. O esquema da Figura 4 estruturado pelo autor mostra que a aprendizagem ocorre no campo intermediário entre a aprendizagem mecânica e a significativa. O autor salienta que um ensino potencialmente significativo pode facilitar o transitar do aluno nessa zona de contingência, para que, assim, a aprendizagem possa se tornar significativa.

Figura 4: Visão esquemática da relação entre aprendizagem mecânica – ensino potencialmente significativo – aprendizagem significativa.



**Fonte:** Moreira (2012).

Moreira (2012) ainda chama atenção para a característica da ilusão de que uma aula bem dada, um discente bem aplicado e notas boas signifiquem, necessariamente, uma AS. O aluno precisa tornar o conhecimento como seu, de maneira a assimilar as novas informações, ou

seja, todo o conteúdo precisa ter significado para ele. Muitas vezes o estudante desenvolve uma infinidade de exercícios de maneira mecânica, mas no momento da prova qualquer variável que não seja a mesma dos exercícios praticados pode fazer com que ele não consiga resolver o problema, se não aprendeu com significado, mas de maneira mecânica.

Além disso, outro aspecto importante a ser considerado é que a AS possibilita o indivíduo aprimorar suas compreensões, através, por exemplo, da aprendizagem superordenada. Quando a aprendizagem ocorre de forma somente mecânica, o sujeito possui um entendimento restrito àquilo que ele memorizou, não conseguindo resolver situações, problemas diferentes daqueles que ele estava treinado para responder.

Por fim, é prolífico comentar que a aprendizagem mecânica não se sucede em um “vácuo cognitivo”, uma vez que alguma espécie de associação pode subsistir, apesar disso, esse vínculo, não é no sentido de interação como na aprendizagem significativa (MOREIRA, 2008).

#### **4.1.3 Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa**

Para que a AS ocorra de acordo com os pressupostos ausubelianos, alguns cuidados devem ser tomados ao se programar o conteúdo. Ausubel considera que é relativamente mais fácil para o ser humano aprender certo conteúdo de maneira mais geral, com aspectos mais inclusivos, e depois seguir às partes diferenciadas, do que partir de pontos específicos e se chegar a compreensão do todo. Assim, ele concebe a ideia de que a estruturação do conteúdo na mente do indivíduo é organizada hierarquicamente. Essa graduação na estrutura cognitiva tem as ideias mais inclusivas no topo e essas, progressivamente, incorporam fatos mais diferenciados (MOREIRA; MASINI, 2011).

Ao passo que a AS vai sendo construída, concepções sobre o conteúdo estudado são elaboradas e diferenciadas, como resultado das sucessivas interações. O desenvolvimento dos conceitos na estrutura cognitiva é viabilizado na medida em que os elementos mais gerais são incluídos primeiramente; assim, do ponto de vista ausubeliano, esses conceitos devem seguir uma diferenciação progressiva e, aos poucos, devem ser detalhados e especificados (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Levando em consideração esse princípio, Ausubel (2003, p. 6) considera que a premissa da diferenciação progressiva “(...) reconhece que a maioria da aprendizagem e toda a retenção e a organização das matérias é hierárquica por natureza, procedendo de cima para baixo em termos de abstração, generalidade e inclusão”.

Moreira e Masini (2011) ponderam, ainda, que, além de proporcionar a diferenciação progressiva, deve-se chamar a atenção para diferenças e similaridades importantes entre os conceitos aprendidos. É fundamental reconciliar inconsistências reais ou aparentes, é necessária uma reconciliação integrativa que segue na direção de:

(...) um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações (MOREIRA; MASINI, 2011, p. 6).

Com esses dois conceitos, isto é, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, a AS reporta a ideia de que, ao aprender de maneira significativa, deve-se progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquiridos, a fim de perceber diferenças entre eles, mas é aconselhável, também, proceder a reconciliação integradora. Se exclusivamente forem diferenciados cada vez mais os conceitos, ao final, tudo será percebido de maneira diferente e nenhuma relação será estabelecida. Por outro lado, se os significados forem somente integrados indefinidamente, tudo será constatado de maneira igual. Sendo assim, os dois processos “diferenciação progressiva” e “reconciliação integrativa” devem ser trabalhados simultaneamente e com intensidades distintas.

#### 4.2 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

Uma sequência didática é uma maneira de sistematizar conteúdos e atividades de maneira organizada, seguindo a uma ordem lógica que deve estar vinculada aos objetivos de ensino, tencionando tornar eficaz a aprendizagem dos alunos.

Moreira (2011) propôs uma forma de sequência didática que pode ser entendida como uma maneira de sistematizar conteúdos e atividades de maneira organizada, seguindo uma ordem lógica que deve estar vinculada aos objetivos de ensino, tencionando tornar eficaz a aprendizagem dos alunos. Tais sequências foram fundamentadas teoricamente nos princípios da AS de David Ausubel, nas teorias de educação de Joseph D. Novak e de D.B. Gowin, na concepção interacionista social de Lev Vygotsky, na proposição dos campos conceituais de Gérard Vergnaud, na ideia dos modelos mentais de Philip

Johnson-Laird e na aprendizagem significativa crítica de M.A. Moreira – sendo denominadas de *Unidade de Ensino Potencialmente Significativa* – UEPS –.

Segundo Moreira (2011, p. 2 e 3), as UEPS têm como princípios:

- ✓ O conhecimento prévio é a variável que mais influencia na aprendizagem significativa (Ausubel);
- ✓ Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no ser que aprende; essa integração é positiva, construtiva, quando a aprendizagem é significativa (Novak);
- ✓ É o aluno quem decide se quer aprender significativamente determinado conhecimento (Ausubel; Gowin);
- ✓ Organizadores prévios mostram a relacionabilidade entre novos conhecimentos e conhecimentos prévios;
- ✓ São as situações-problema que dão sentido a novos conhecimentos (Vergnaud); elas devem ser criadas para despertar a intencionalidade do aluno para a aprendizagem significativa;
- ✓ Situações-problema podem funcionar como organizadores prévios;
- ✓ As situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade (Vergnaud);
- ✓ Frente a uma nova situação, o primeiro passo para resolvê-la é construir, na memória de trabalho, um modelo mental funcional, que é um análogo estrutural dessa situação (Johnson-Laird);
- ✓ A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação devem ser levadas em conta na organização do ensino (Ausubel);
- ✓ A avaliação da aprendizagem significativa deve ser feita em termos de buscas de evidências; a aprendizagem significativa é progressiva;
- ✓ O papel do professor é o de provedor de situações-problema, cuidadosamente selecionadas, de organizador do ensino e mediador da captação de significados por parte do aluno (Vergnaud; Gowin);

- ✓ A interação social e a linguagem são fundamentais para a captação de significados (Vygotsky; Gowin);
- ✓ Um episódio de ensino envolve uma relação triádica entre aluno, docente e materiais educativos, cujo objetivo é levar o aluno a captar e compartilhar significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino (Gowin);
- ✓ Essa relação poderá ser quadrática na medida em que o computador não for usado apenas como material educativo; ou seja, na medida em que for também mediador da aprendizagem;
- ✓ A aprendizagem deve ser significativa e crítica, não mecânica (Moreira);
- ✓ A aprendizagem significativa crítica é estimulada pela busca de respostas (questionamento) ao invés da memorização de respostas conhecidas, pelo uso da diversidade de materiais e estratégias instrucionais, pelo abandono da narrativa em favor de um ensino centrado no aluno (Moreira).

Além desses preceitos, o autor destaca que outras questões devem ser levadas em consideração na construção das UEPS. Por exemplo, sobre o conteúdo a ser ensinado, é necessário que ele seja desenvolvido mediante atividades organizadas, as quais devem ser aplicadas em nível progressivo de complexidade de conhecimentos. Ademais, essas atividades devem propiciar a construção do conhecimento de forma crítica e ativa no processo de aprendizagem. Em razão dos aspectos sequenciais das UEPS, é necessário, também, que os alunos tenham voz; eles devem ser participantes da construção de seus próprios conhecimentos. Cabe ao professor, então, possibilitar em sua prática docente uma forma de aprender e ensinar, que favoreça o diálogo e a interação com seus alunos.

A sistematização dos conteúdos em uma UEPS mostra-se como um artifício de apoio-pedagógico ao oportunizar um ensino que estimula a participação ativa e a construção da autonomia dos alunos. Para tanto, novos conceitos devem ser trabalhados através de uma conexão lógica de atividades que trarão, em princípio, as ideias de forma mais geral, com intenção de apresentá-las gradativamente e de maneira mais específica. Esses processos devem ser realizados ao longo do percurso didático-pedagógico, para que, ao final, o aluno tenha internalizado, de maneira

crítica, substantiva e não arbitrária, os novos conceitos. Para Moreira (2011), isso ocorre através da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa.

Para que a construção de uma UEPS atenda aos requisitos prescritos por seu autor, as unidades de ensino devem contemplar atividades colaborativas e diversificadas. Essas propostas didáticas precisam favorecer a mediação, captação e negociação de significados entre os alunos de maneira organizada, seguindo uma sequência lógica, visto que o aprendiz deve ser apto a utilizar o conhecimento construído no ambiente escolar em novas condições que possa encontrar em seu cotidiano.

Nessa perspectiva, Moreira (2011, p. 3 a 5) recomenda que sejam seguidos alguns aspectos sequenciais na elaboração das UEPS; mesmo assim, cabe ao professor buscar a melhor forma de segui-los:

1º aspecto sequencial: definir o tópico específico a ser abordado, identificando seus aspectos declarativos e procedimentais tais como aceitos no contexto da matéria de ensino na qual se insere esse tópico;

2º aspecto sequencial: criar/propor situação(ções) – discussão, questionário, mapa conceitual, mapa mental, situação-problema, etc. – que leve(m) o aluno a externalizar seu conhecimento prévio, aceito ou não-aceito no contexto da matéria de ensino, supostamente relevante para a aprendizagem significativa do tópico (objetivo) em pauta;

3º aspecto sequencial: propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno, que preparem o terreno para a introdução do conhecimento (declarativo ou procedimental) que se pretende ensinar; estas situações problema podem envolver, desde já, o tópico em pauta, mas não para começar a ensiná-lo; tais situações-problema podem funcionar como organizador prévio; são as situações que dão sentido aos novos conhecimentos, mas, para isso, o aluno deve percebê-las como problemas e deve ser capaz de modelá-las mentalmente; modelos mentais são

funcionais para o aprendiz e resultam da percepção e de conhecimentos prévios (invariantes operatórios); estas situações-problema iniciais podem ser propostas através de simulações computacionais, demonstrações, vídeos, problemas do cotidiano, representações veiculadas pela mídia, problemas clássicos da matéria de ensino, etc., mas sempre de modo acessível e problemático, i.e., não como exercício de aplicação rotineira de algum algoritmo;

4º aspecto sequencial: uma vez trabalhadas as situações iniciais, apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva, i.e., começando com aspectos mais gerais, inclusivos, dando uma visão inicial do todo, do que é mais importante na unidade de ensino, mas logo exemplificando, abordando aspectos específicos; a estratégia de ensino pode ser, por exemplo, uma breve exposição oral seguida de atividade colaborativa em pequenos grupos que, por sua vez, deve ser seguida de atividade de apresentação ou discussão em grande grupo;

5º aspecto sequencial: em continuidade, retomar os aspectos mais gerais, estruturantes (i.e., aquilo que efetivamente se pretende ensinar), do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação (que pode ser através de outra breve exposição oral, de um recurso computacional, de um texto, etc.), porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação; as situações-problema devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade; dar novos exemplos, destacar semelhanças e diferenças relativamente às situações e exemplos já trabalhados, ou seja, promover a reconciliação integradora; após esta segunda apresentação, propor alguma outra atividade colaborativa que leve os alunos a interagir socialmente, negociando significados, tendo o professor como mediador; esta atividade pode ser a resolução de problemas, a construção de uma mapa conceitual ou um diagrama V, um experimento de laboratório, um pequeno projeto,

etc., mas deve, necessariamente, envolver negociação de significados e mediação docente;

6º aspecto sequencial: concluindo a unidade, dar seguimento ao processo de diferenciação progressiva retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão, porém de uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa; isso deve ser feito através de nova apresentação dos significados que pode ser, outra vez, uma breve exposição oral, a leitura de um texto, o uso de um recurso computacional, um audiovisual, etc.; o importante não é a estratégia, em si, mas o modo de trabalhar o conteúdo da unidade; após esta terceira apresentação, novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores; essas situações devem ser resolvidas em atividades colaborativas e depois apresentadas e/ou discutidas em grande grupo, sempre com a mediação do docente;

7º aspecto sequencial: a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo trabalhado; além disso, deve haver uma avaliação somativa<sup>37</sup> individual após o sexto passo, na qual deverão ser propostas questões/situações que impliquem compreensão, que evidenciem captação de significados e, idealmente, alguma capacidade de transferência; tais questões/situações deverão ser previamente validadas por professores experientes na matéria de ensino; a avaliação do desempenho do aluno na UEPS deverá estar baseada, em pé de igualdade, tanto na avaliação formativa (situações, tarefas resolvidas colaborativamente, registros do professor) como na avaliação somativa;

---

<sup>37</sup> Para Moreira (2011) a avaliação somativa é aquela que busca avaliar o alcance de determinados objetivos de aprendizagem ao final de uma fase de aprendizagem; é usualmente baseada em provas de final de unidade, em exames finais.

8º aspecto sequencial: a UEPS somente será considerada exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa (captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver situações problema). A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

Nesse sentido e com o exposto até o momento, o objetivo principal das duas UEPS desenvolvidas neste trabalho configurou-se em buscar facilitar a AS de uma compreensão explícita de certos aspectos da natureza da ciência (ndc) por meio da História da Física.

Nas seções seguintes serão detalhados os aspectos metodológicos da proposta didática das UEPS referente a este trabalho à luz dos referenciais teóricos aqui descritos.

#### 4.3 CENÁRIO DE APLICAÇÃO DAS UNIDADES DE ENSINO

As duas UEPS foram elaboradas com o objetivo de favorecer indícios de AS sobre um conjunto de concepções acerca da natureza da ciência, a partir do estudo de dois segmentos da História da Física. As características da construção e desenvolvimento do conhecimento físico foram utilizadas para exemplificar e contraexemplificar seis concepções da ndc.

As sequências didáticas foram implementadas na disciplina Evolução dos Conceitos da Física (ECF), que faz parte do currículo do curso de Física, nas modalidades bacharelado e licenciatura, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Essa disciplina propõe-se a realizar uma análise histórica e epistemológica dos desenvolvimentos conceituais das teorias físicas, desde os gregos até o século XX. Ela é compulsória e desenvolvida ao longo de 72 horas semestrais, que são distribuídas em 4 aulas, de 50 minutos cada, por semana. ECF é oferecida no 8º semestre para o bacharelado e 9º semestre para licenciatura, tem como pré-requisito Estrutura da Matéria II ( cursada no 6º semestre pelo bacharelado e no 7º, pelo licenciando).

O estudo empírico ocorreu no primeiro semestre do ano letivo de 2016, durante o período de 14 de março até 16 de maio. Foram quatro aulas por semana, sendo duas aulas às segundas-feiras e duas às quartas-

feiras, totalizando 34 aulas, de 50 minutos cada – que foram divididas em 20 aulas para a primeira unidade e 14 aulas para a segunda.

Nesse período, treze alunos cursaram a disciplina, com frequência suficiente. Desses, três eram estudantes da licenciatura e dez do bacharelado. Excepcionalmente, nesse semestre, um aluno ouvinte frequentou as aulas. Foi um estudante do bacharelado, que já havia cursado a disciplina ECF no semestre anterior e ficado com nota máxima na mesma, por ter interesse pelos temas abordados. Esse “elemento” a mais no desenvolvimento das UEPS trouxe importantes contribuições ao grupo durante as discussões, mas o estudante não realizou, obviamente, as atividades de avaliação.

O grupo de acadêmicos ficou, então, composto por 14 alunos no desenvolvimento das unidades de ensino em sala de aula e 13 alunos para a análise das avaliações. A turma foi constituída por 3 moças e 11 rapazes, com idades entre 21 e 32 anos, os quais foram nomeados pelas letra do alfabeto, de A até N.

Mais da metade dos alunos demonstrou, desde os primeiros encontros, terem leituras anteriores sobre a Filosofia da Ciência, Epistemologia ou História da Ciência/Física. Os licenciandos têm contato com a Epistemologia em outras disciplinas do curso. Já os estudantes do bacharelado não possuem durante o curso nenhuma cadeira que trate de assuntos filosóficos ou históricos (o único contato com a História da Física que alguns relataram ter, anteriormente a ECF, foi devido a certos professores comentarem aspectos históricos, esporadicamente, em alguma aula). Mesmo assim, vários bacharelandos demonstraram que já haviam tido contato com a História e/ou Filosofia da Física; esses alunos afirmaram que buscaram esse tipo de conhecimento por iniciativa própria, a partir da curiosidade, dada a importância do assunto.

O grupo, de maneira geral, foi muito participativo, ativo e dinâmico no decorrer das aulas. Na maioria dos encontros todos os alunos estavam presentes, demonstrando, com isso, a importância que eles deram a disciplina. Essas particularidades da turma elevaram o nível das discussões em sala e foram fatores preponderantes para que os objetivos propostos na aplicação das UEPS, em sua maioria, fossem alcançados.

O planejamento das UEPS seguiu, em princípio, um delineamento geral do que seria tratado em cada aula. Contudo, esse plano inicial foi modificado semana a semana, tomando como consideração os conhecimentos prévios expressados pelos alunos e a reação deles frente às atividades propostas. Duas vezes por semana a pesquisadora e o professor titular da disciplina encontravam-se para analisar a aula anterior e organizar a próxima, sempre levando em consideração os princípios das

UEPS e a evolução (ou não) dos alunos. Essas modificações no planejamento foram realizadas de modo a contemplar a avaliação dos processos de maneira contínua. Além disso, foi compreendido esse ato como uma via de mão dupla, ou seja, ao mesmo tempo em que o aluno era avaliado em relação ao progresso (ou não) dos seus conhecimentos prévios iniciais, a posição docente também ponderava seu próprio trabalho que estava à *baila*. Contudo, para fins de organização e síntese na apresentação dos dados desta pesquisa, apenas o formato final das sequências didáticas será apresentado.

Em relação ao desenvolvimento das aulas em sala, todas foram mediadas, em conjunto, pelo professor titular da disciplina e pela pesquisadora, que realizava intervenções pontuais, convites à discussão para os alunos e, eventualmente, apresentava alguns seminários.

#### 4.4 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (1)

A primeira unidade de ensino foi constituída a partir do livro “Força e Movimento: de Thales a Galileu” (PEDUZZI, 2015a). Estruturado em sete seções – já apresentadas no capítulo 3 – o conteúdo do livro foi aprofundado e entrecruzado com a discussão de três concepções da ndc – entre as seis que foram abordadas no capítulo 1 –, a saber:

**ndc1)** O trabalho científico é influenciado por fatores políticos, sociais, religiosos, afetivos e por convicções pessoais; a ciência é um empreendimento humano que não se desenvolve isoladamente e de maneira neutra;

**ndc2)** A aceitação de novos conhecimentos nada tem de trivial, a substituição de teorias envolve persuasão, disputas e grandes períodos de resistência;

**ndc3)** A construção do conhecimento por meio de observações ou experimentações neutras, que não envolvem vínculos do observador/experimentador com o fenômeno, é uma falácia; os dados por si só não geram conhecimento.

Em termos metodológicos, salienta-se que foi solicitado aos alunos que os capítulos do livro fossem lidos previamente a cada aula, para o bom andamento da unidade de ensino.

Antes de iniciar o desenvolvimento da UEPS com os alunos, a pesquisadora apresentou-se para a turma, explicou os objetivos da pesquisa e pediu a assinatura dos alunos de um termo de autorização de uso de depoimentos. Todos os alunos assinaram, concordando, assim, em

liberar seus depoimentos e avaliações para serem analisados nesta dissertação. À vista disso, as avaliações somativas individuais entregues pelos alunos foram disponibilizadas a eles, após a correção, para conferência, e foram devolvidas para a pesquisadora para as posteriores análises. O modelo pode ser visualizado no Apêndice A.

#### 4.4.1 Aspectos sequenciais da UEPS (1)

Quadro 1: Síntese da sequência didática

Semana	Aulas	h/a data	Objetivos	Atividades	Contexto da AS
1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup> aula	1 h/a 16/03	Apresentação da pesquisa e aplicação do questionário.	Aplicação do questionário	Investigação dos conhecimentos prévios
	2 <sup>a</sup> aula	1 h/a 16/03	Discussão das justificativas do questionário.	Discussão em grande grupo	Situações problema introdutórias
2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup> e 4 <sup>a</sup> aulas	2 h/a 21/03	Discussão do capítulo 1: “De Thales a Ptolomeu”.	Aula expositiva e dialogada em grande grupo.	Diferenciação progressiva
		23/03	Feriado municipal - recesso		
3 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup> e 6 <sup>a</sup> aulas	2 h/a 28/03	Discussão do capítulo 2: “A física aristotélica”. Apresentação geral das três proposições sobre a ndc.	Aula expositiva e dialogada em grande grupo. Exibição de trecho de vídeo.	Diferenciação progressiva
		2 h/a 30/03	Discussão do capítulo 3: “A física da força impressa e do <i>impetus</i> ”.	Aula expositiva e dialogada. Dinâmica em forma de debate.	Diferenciação progressiva
4 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup> e 10 <sup>a</sup> aulas	2 h/a 04/04	Discussão do capítulo 4: “As novas	Aula expositiva e dialogada	Diferenciação progressiva

			concepções de Mundo”.		
	11 <sup>a</sup> e 12 <sup>a</sup> aulas	2 h/a 06/04	Discussão do capítulo 5: “Galileu e a teoria copernicana”	Exemplificações das três ndc a partir do capítulo pelos alunos	Complexidades
5 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup> e 14 <sup>a</sup> aulas	2 h/a 11/04	Discussão do artigo: <i>Eppur si muove</i> : A defesa do copernicanismo teve papel central nas condenações de Galileu?	Seminário expositivo e dialogado	Complexidades
	15 <sup>a</sup> e 16 <sup>a</sup> aulas	2 h/a 13/04	Discussão do capítulo 6: “A física de Galileu”.	Aula expositiva e dialogada. Discussão de trecho de vídeo/documentário	Reconciliação integrativa
6 <sup>a</sup>	17 <sup>a</sup> e 18 <sup>a</sup> aulas	2 h/a 18/04	Discussão do capítulo 7: “As leis de Kepler e o movimento planetário	Aula expositiva e dialogada	Reconciliação integrativa
	19 <sup>a</sup> e 20 <sup>a</sup> aulas	2 h/a 20/04	Avaliação Análise crítica de filme de longa e de curta metragem.		Avaliação somativa individual
		<b>Total geral: 20 aulas de 50 minutos cada, distribuídas ao longo de seis semanas.</b>			

**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (2016)

De acordo com os aspectos sequenciais da teoria que fundamenta as UEPS, as etapas desenvolvidas foram:

**1º Passo** – Definir os tópicos específicos e os objetivos a serem abordados.

Segundo a teoria que fundamenta as UEPS, o primeiro passo envolve definir o tópico específico a ser abordado que, na proposta, foi, justamente utilizar a História da Física como subsídio para uma melhor compreensão de certos aspectos da ndc e do trabalho científico.

**2º Passo** – Criar/propor situações (que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio).

1ª aula (1 h/a) – 16/03/2016

Desenvolveu-se uma situação inicial para investigar os conhecimentos prévios dos alunos. Nessa circunstância, eles foram incentivados a externalizar suas ideias sobre os três aspectos específicos da ndc (ndc1, ndc2, ndc3). Para isso, foi construído um questionário em escala Likert (com espaço para justificativa de cada questão). As proposições<sup>38</sup> apresentadas versavam sobre características da ndc que seriam exploradas no decorrer das aulas (uma cópia do questionário encontra-se no Apêndice B).

**3º Passo** – Situações-problema (em nível introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno).

2ª aula (1 h/a) – 16/03/2016

O próximo passo contemplou a preparação do ambiente para a introdução das questões a serem discutidas por meio de situações-problema de caráter introdutório, levando em consideração os conhecimentos prévios expressados pelos alunos. Para suprir essa etapa, propôs-se uma discussão oral, em grande grupo, das questões que os alunos responderam no questionário. Esse processo não exigiu que os aprendizes chegassem a certos consensos ou conclusões, mas, somente, que eles argumentassem sobre as respostas que deram no questionário e, também, que pudessem se envolver com o assunto da natureza da ciência.

**4º Passo** – Diferenciação progressiva (partindo de conhecimentos mais gerais para ir para os mais inclusivos).

O quarto aspecto sequencial deveria apresentar o conhecimento a ser ensinado/aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva.

---

<sup>38</sup> O questionário continha, também, questões relativas a outras três características da ndc referentes a UEPS 2.

Isto é, começar com aspectos gerais, para dar uma visão inicial do ‘todo’ que seria trabalhado na UEPS e, depois, abordar aspectos específicos. Para esse momento, foi realizada a discussão dos quatro primeiros capítulos do livro 1: 1) “De Thales a Ptolomeu”, 2) “A física aristotélica”, 3) “A física da força impressa e do *impetus*” e 4) “As novas concepções de mundo”. O quarto passo envolveu quatro encontros de duas aulas cada.

3ª e 4ª aulas (2 h/a) – 21/03/2016

No trabalho com o capítulo 1, o conteúdo foi apresentado, olhando com atenção para as colocações e dúvidas dos alunos. Ao mesmo tempo, procurou-se despertar a atenção para os três aspectos específicos da ndc, exemplificando e contraexemplificando-os no contexto do capítulo. Através do texto, foi possível mostrar que o conhecimento não se origina necessariamente de observações e, quando elas se fazem presentes, não é de maneira neutra. Na ocasião da escolha de um ou mais elementos pelos primeiros filósofos para determinar a origem de todas as coisas, constatou-se isso. Algumas vezes esses elementos eram observáveis (concretos, exemplo: água, ar e terra), mas, em outras, eram abstratos e inacessíveis aos sentidos (como, por exemplo, o *apeiron*). As preferências de cada pensador revelavam inventividade, análise de hipóteses, vivências, entre outras premissas que reforçam a percepção de que a escolha do elemento não foi imparcial.

5ª e 6ª aulas (2 h/a) – 28/03/2016

Ao tratar o capítulo 2, a discussão da história e dos conceitos físicos buscou explicitar a presença dos três aspectos específicos da ndc. Como exemplo, pode-se citar as concepções do universo de Aristóteles, que foram, principalmente, baseadas no mundo sensível (no que se poderia ver, sentir e tocar); mas é preciso compreender que as conjecturas dele transcendiam os aspectos da experiência cotidiana. Quando esse filósofo “observava” o mundo, ele o via com suas concepções (teóricas) e, dessa forma, a estruturação de seu corpo de conhecimentos não se assemelha, em nada, com a concepção empirista-indutivista. Por exemplo, quando a visão aristotélica defendia a não existência do vazio, essa predição baseava-se, naturalmente, na própria observação, pois, no mundo revelado pelos sentidos, não havia vazio/vácuo, mas era fundamentada na coerência interna do corpo de conhecimentos. A saber, como Aristóteles adotava a ideia de um universo finito, caso um corpo se movesse no vazio, desenvolveria uma velocidade infinita, a qual exigiria a existência de um universo também infinito, o que não era possível.

Em um segundo momento da aula, e de forma a diversificar a metodologia empregada para a abordagem do tema, utilizou-se um trecho de vídeo<sup>39</sup> da série CSI (Crime Scene Investigation). A cena proposta apresenta um cientista forense passando uma imagem de ciência neutra, infalível e totalmente imparcial, ideia que não se coadunava com as concepções de ciência que estavam sendo exploradas com o grupo nas aulas. Procurou-se à vista desse audiovisual gerar uma discussão geral sobre a concepção de ciência que o vídeo passa, em comparação ao que se estava estudando com a História da Física. Por fim, para que as três concepções da ndc fossem melhor evidenciadas em relação ao seu conteúdo epistemológico, realizou-se um momento de diferenciação progressiva, onde a pesquisadora elaborou uma apresentação no *Power Point*, contemplando a descrição de cada uma das três proposições e a consequente discussão em grande grupo.

7ª e 8ª aulas (2 h/a) – 30/03/2016

Para a discussão do capítulo 3, a história e os conceitos físicos envolvidos no texto foram abordados de maneira a explicitar os três aspectos específicos da ndc. Na sequência, propôs-se uma dinâmica, em forma de debate, na segunda parte da aula. A turma foi dividida em quatro grupos a fim de gerar dois debates entre duas duplas de personagens históricos: um argumentou sobre as visões aristotélicas, predominantes no momento histórico, de força e movimento; o outro sustentou as concepções de Filoponos. Os outros dois grupos se dividiram de maneira que um defendeu a concepção empirista-indutivista de uma figura que se intitulava Duque Francesco Maria d'Urbino, e o outro defendeu as investidas do engenheiro e agrimensor Niccolò Tartaglia sobre estudos de balística. O objetivo dessa dinâmica foi explorar a relação entre os novos corpos de conhecimento e as resistências que eles encontraram para se instituírem em meio aos conhecimentos vigentes (no caso Aristóteles *versus* Filoponos). Além do mais, enfatizou-se as falhas da elaboração de conhecimentos pela concepção empirista-indutivista (no caso, Duque *versus* Tartaglia).

9ª e 10ª aulas (2 h/a) – 04/04/2016

A intervenção do professor e da mestrandia explicitou os três aspectos da ndc, além de outros que surgiram na discussão do capítulo 4, com os alunos. Esse capítulo traz a visível relação das influências que sujeitam o conhecimento no decorrer da história, especificamente, nesse

---

<sup>39</sup> Pode ser encontrado no link: <https://www.youtube.com/watch?v=yr4ZsPuRaIo>

caso, em relação à Igreja Católica, que barra as novas concepções de mundo de Giordano Bruno, por exemplo.

**5º Passo** – Complexidades (estruturar os conceitos através da apresentação de novas situações-problema em um nível mais alto de complexidade, diferenciação e abstração). Esse passo envolveu dois encontros de duas aulas cada um.

11ª e 12ª aulas (2 h/a) – 06/04/2016

No próximo passo sequencial da UEPS propôs-se um momento de aumento de complexidades. Nessa aula, em vez de o professor explicitar as características da ndc presentes na história, os alunos encaminharam o andamento das discussões sobre o capítulo 5, “Galileu e a teoria copernicana”. Para isso, uma lista impressa com as três concepções (ndc1, ndc2 e ndc3) foi entregue aos alunos, para que, de posse do enunciado específico de descrição de cada uma das concepções, eles pudessem fazer a exemplificação explícita através da História da Física de que trata o capítulo.

13ª e 14ª aulas (2 h/a) – 11/04/2016

Em seguida, propôs-se um aspecto mais incisivo no aumento das complexidades. Foi realizada, então, uma apresentação de novas situações-problema, no entanto de outro texto e com uma visão alternativa à história que foi apresentada até o momento. Tal texto foi trabalhado com os alunos para mais uma vez exemplificar e contraexemplificar as três proposições da ndc. Para esse fim, utilizou-se o texto “*Eppur si muove: a defesa do copernicanismo teve papel central nas condenações de Galileu?*” (DAMASIO; PEDUZZI, 2015). Esse artigo propõe outro ponto de vista sobre o julgamento de Galileu – o de que a versão oficial da condenação, por ele sustentar o copernicanismo, em 1633, foi uma farsa arquitetada pelo papa Urbano VI para defender a si mesmo e a Galileu de acusações mais graves naquele século.

**6º passo** – Reconciliação integrativa (retomar as características essenciais dos conteúdos, através de apresentação de novos significados). Esse aspecto sequencial envolveu dois encontros de duas aulas cada um.

15ª e 16ª aulas (2 h/a) – 13/4/2016

Na sequência, uma nova situação-problema deveria ser introduzida, retomando as características mais relevantes do conteúdo em questão. Para esse aspecto sequencial, além da exemplificação e

contraexemplificação das três características da ndc na discussão do texto do capítulo 6, “A física de Galileu”, foi apresentado um audiovisual, a fim de variar as atividades desenvolvidas. Utilizou-se a parte<sup>40</sup> 2 da série “Poeira das Estrelas”, que foi exibida no programa Fantástico da Rede Globo e apresentada por Marcelo Gleiser. Nesse episódio, o apresentador expõe alguns aspectos da filosofia aristotélica, indicando que ela estava “errada” e que um dos primeiros a contestá-la foi Copérnico. Também são enfatizadas as ideias de que Galileu fez o experimento da Torre de Pisa e que ele foi o “pai” do Método Científico. O vídeo foi assistido pela turma e, após isso, com a mediação do professor e da mestrandia, os alunos se colocaram em postura de análise, à luz do que foi visto no capítulo, quanto aos aspectos históricos, conceituais e a exemplificação da ndc.

17ª e 18ª aulas (2 h/a) – 18/04/2016

Buscando a reconciliação integrativa, realizou-se a discussão do capítulo 7: “As leis de Kepler e o movimento planetário”. Nesse texto pode-se perceber, por exemplo, que há a supressão do conceito do movimento circular dos planetas, o qual estava vigente há mais de dois mil anos. Kepler conseguiu, não sem esforço, demonstrar, matematicamente e empiricamente, que as órbitas dos planetas em torno do Sol eram elípticas, contrariando o dogma do movimento circular. Mesmo assim, suas ideias não foram aceitas de imediato, quando sua obra foi divulgada. Até mesmo os copernicanos, sabendo que Kepler se apoiava nas ideias do heliocentrismo, interpretaram esse novo corpo de conhecimentos com certa cautela. Afinal, a filosofia aristotélica ainda era ensinada nas universidades. Esse exemplo mostra a resistência que novos corpos de conhecimento podem sofrer, diferentemente da interpretação simplista da construção do conhecimento, na qual os conhecimentos mais preditivos e explicativos simplesmente substituem os já ultrapassados.

**7º passo – Avaliação.**

19ª e 20ª aulas (2 h/a) – 20/04/2016

Perseguido todo o processo, a avaliação foi pensada de forma a procurar indícios de AS. Foram registrados, ao longo das intervenções, os possíveis indícios de evolução conceitual em relação aos tópicos estudados sobre a natureza da ciência, denotando, como efeito, aprendizagens significativas. Para isso, foram coletados dados das aulas

---

<sup>40</sup> Pode ser acessada pelo link:  
<https://www.youtube.com/watch?v=LkYrmgkJP5c>

e gravações em áudio das falas dos alunos, para que, assim, as concepções dos mesmos pudessem ser registradas, e os indícios pudessem ser identificados posteriormente, na análise dos dados.

Para uma avaliação somativa individual, propôs-se uma nova situação para que os conhecimentos sobre a história da ciência e ndc fossem externalizados em outro nível de conhecimento. Pensou-se, então, numa análise histórica, conceitual e epistemológica de um filme (“Ágora”) e um vídeo sobre a história da ciência (“Grandes Personagens da História: Galileu Galilei e Marie Curie”). Os alunos deveriam analisar criticamente um desses materiais e apontar os momentos em que o audiovisual sugeria exemplificação ou contraexemplificação das proposições sobre a natureza da ciência estudadas. O enunciado elaborado é apresentado no Apêndice C. Para a realização desta avaliação foram disponibilizadas duas aulas para que os alunos trabalhassem em sala e pudessem sanar eventuais dúvidas. Após esse período, eles tiveram o prazo de uma semana para entregá-la. Além disso, durante o desenvolvimento do trabalho, eles poderiam entrar em contato com a mestranda, caso sentissem necessidade, para orientações.

**8º passo** – Efetividade (procurar indícios de AS por meio da avaliação formativa e somativa da UEPS

Se os alunos apresentaram uma visão crítica a respeito das imagens inadequadas da ciência manifestadas nos vídeos (bem como as adequadas) e, se eles souberam argumentar, com fundamentação histórica, a exemplificação ou contraexemplificação das mesmas, esses poderão ser indícios de AS e de uma avaliação positiva da UEPS. Isso tudo será analisado no capítulo 5. (Total geral: 20 aulas de 50 minutos cada).

#### 4.5 UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA (2)

O livro base para a História da Física tratada nessa segunda sequência didática é intitulado “Da física e da cosmologia da Descartes à gravitação newtoniana” (PEDUZZI 2015b), já apresentado no capítulo 3 da presente dissertação. O desenvolvimento dessa unidade de ensino seguiu metodologicamente a mesma estratégia que a UEPS 1, demandando que os capítulos propostos fossem lidos previamente pelos alunos.

A UEPS 2 abordou uma lista com outras três concepções da ndc: **ndc4)** A ideia de um conjunto de regras universais para se fazer ciência, como se existisse apenas um método científico, desfigura o processo da construção do conhecimento; o empreendimento científico envolve inúmeros procedimentos, os quais são dinâmicos, não lineares, subjetivos e, essencialmente, criativos.

**ndc5)** Corpos de conhecimentos científicos, mesmo os mais amplamente aceitos, são inerentemente provisórios. O conhecimento está sempre sujeito a modificações, caso surjam novas teorias que expliquem de forma mais satisfatória os fenômenos.

**ndc6)** Nenhum conhecimento deixa de ser científico porque foi substituído. No período de sua vigência, constituiu-se em um corpo de conhecimento coerente, com poder explicativo e preditivo.

#### 4.5.1 Aspectos sequencias da UEPS (2)

Quadro 2: Síntese da sequência didática

Semana	Aulas	Data h/a	Objetivos	Atividades	Contexto da AS
7ª	1ª e 2ª aulas	25/04 2 h/a	Discussão dos capítulos 1: “Sobre René Descartes” e 2: “Sobre Isaac Newton”.	Aula expositiva e dialogada	Investigação dos conhecimentos prévios
	3ª e 4ª aulas	27/04 2 h/a	Discussão de trechos de vídeos para sondagem inicial.	Aula expositiva e dialogada em grande grupo/auxílio de mídias	Situações-problema introdutórias
8ª	5ª e 6ª aulas	02/05 2 h/a	Discussão do capítulo 3 “A física e a cosmologia cartesiana”.	Aula expositiva e dialogada	Diferenciação progressiva
	7ª e 8ª aulas	04/05 2 h/a	Discussão do capítulo 4 “A dinâmica das colisões e o surgimento	Aula expositiva e dialogada com auxílio de trechos	Diferenciação progressiva

			de uma nova física”.	de vídeo para discussão.	
9 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup> e 10 <sup>a</sup> aulas	09/05 2 h/a	Discussão do capítulo 5 “A gravitação newtoniana”.	Aula expositiva e dialogada. Apresentação de análise de livros didáticos.	Complexidades
	11 <sup>a</sup> e 12 <sup>a</sup> aulas	11/05 2 h/a	Discussão do capítulo 6 “Das resistências à gravitação ao contexto de sua aceitação”.	Exemplificação das três ndc à luz do conteúdo do capítulo pelos alunos	Reconciliação integrativa
10 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup> e 14 <sup>a</sup> aulas	16/05 2 h/a	Avaliação	Avaliação – análise crítica de livros didáticos e/ou de divulgação científica	Avaliação somativa individual
		<b>Total geral: 14 aulas de 50 minutos cada, distribuídas ao longo de 4 semanas.</b>			

Fonte: Elaborado pela pesquisadora (2016).

As etapas desenvolvidas compreenderam os seguintes passos:

**1º passo** – Definição de temáticas. Esta UEPS segue o mesmo tópico específico abordado na UEPS (1), a saber: utiliza a História da Física como subsídio para uma melhor compreensão de certos aspectos da ndc e do trabalho científico.

**2º passo** – Investigação dos conhecimentos prévios (elaborar situações que visem a explicitação da estrutura cognitiva relevante).

1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> aulas (2 h/a) – 25/04/216

Sendo necessário que os alunos externalizassem seus conhecimentos sobre o assunto, sugeriu-se que, como situação inicial, fossem discutidos os capítulos 1 “Sobre René Descartes” e 2 “Sobre Isaac Newton” do livro. Com o estudo desses dois capítulos, os alunos puderam ter uma ideia geral do assunto sobre a História da Física, que seria tratado no decorrer das aulas e, também, exteriorizar suas concepções sobre a natureza da ciência, a partir dos aspectos enfatizados pelo professor e pela mestrandia.

Os mediadores iniciaram instigando os alunos a expor suas concepções sobre as três novas características da ndc. Uma delas tratava da falácia “do método científico”, e justamente o capítulo 1, traz os preceitos ou regras que devem ser obedecidos com rigor, segundo Descartes, na procura da verdade. O professor e a mestrandia promoveram uma discussão sobre a existência (ou não) de um único método para construir conhecimento para que, assim, os alunos demonstrassem seus níveis de informação, noção e conhecimento sobre o assunto.

Ao dialogar sobre o capítulo 2, similarmente, foram motivadas discussões para que os alunos externalizassem suas concepções sobre “o método científico”, pois Newton também se manifesta quanto à questão de como se deve fazer ciência. O físico inglês enfatiza, não por acaso, o caráter empírico da Filosofia Natural, em contraponto ao racionalismo cartesiano. Além dessa característica da ndc, também puderam ser levantados pontos sobre os novos corpos de conhecimento que foram construídos por Newton, pois o capítulo aborda as revoluções que ele provocou na Matemática e na Física; assim, os alunos foram incentivados a expor suas ideias sobre a provisoriabilidade do conhecimento.

Partindo do pressuposto de que todos os alunos estudaram a História da Física trabalhada na UEPS 1 (pois a UEPS 2 foi trabalhada como sequência da UEPS 1), outra discussão pode ser fomentada; os estudantes foram estimulados a debater sobre qual o papel dos corpos de conhecimento que foram estudados anteriormente a Newton, se eles foram simplesmente abandonados ou se deixaram de ser científicos porque foram ultrapassados. Com esses dois capítulos e com as discussões fomentadas, eles externalizaram suas noções sobre as três novas proposições da ndc. Salienta-se que essa sondagem inicial não teve o objetivo de chegar a respostas conclusivas, somente de investigar os conhecimentos prévios dos alunos.

**3º passo** – Situações-problema introdutórias e continuação da investigação de conhecimentos prévios, utilizando estratégias diversificadas para dar mais sentido aos novos conhecimentos.

3ª e 4ª aulas (2 h/a) – 27/04/2016

Para a elaboração de situações-problema introdutórias e continuação da investigação de conhecimentos prévios, foi utilizada uma estratégia diversificada a fim de dar sentido aos novos conhecimentos sobre a ndc, que estavam sendo inseridos nessa UEPS. Foram exibidos fragmentos de audiovisuais com o propósito de discutir com os alunos os três aspectos específicos da ndc.

Inicialmente, foram suscitadas questões a respeito “do método científico”. O primeiro trecho de vídeo exibido para a discussão foi da série CSI (Crime Scene Investigation). No fragmento de filme<sup>41</sup> um agente forense está investigando um crime e levanta três hipóteses: que um homem tenha sido ou jogado, ou pulado, ou caído de cima de um prédio. Ele então pega três bonecos, com a mesma massa e altura da vítima, e simula as três possibilidades. Ao fim, conclui, com certeza, que a vítima foi jogada de cima do edifício. O investigador comenta, ainda, que ele é um ótimo cientista, porque segue rigorosamente o método científico, em vez de utilizar, por exemplo, simulações de computador para desvendar os crimes. Após a exibição, os alunos foram provocados com questões sobre: a sequência rígida de passos a serem seguidos para construir o conhecimento; se o conhecimento pode ser produzido de outra forma que não seja por essas etapas pré-definidas; o papel que o experimento desempenha na sequência de etapas do método científico; entre outras.

Ainda sobre “o método científico”, foi apresentada uma parte de um episódio da série<sup>42</sup> “O mundo de Beakman”, onde o personagem principal, Beakman, explica como os cientistas trabalham, listando e demonstrando os passos da investigação científica: problematização, definição das hipóteses, experimentação, conclusões e formulação de novas hipóteses, se necessário. Sobre essas cenas, foram fomentadas questões para levar os alunos a pensarem, entre outras coisas, se existem ou não outras características no processo de construção do conhecimento,

---

<sup>41</sup> Pode ser acessado pelo link:  
<https://www.youtube.com/watch?v=jC8t4IDDCKM>

<sup>42</sup> Esse programa de televisão foi exibido no Brasil em períodos não consecutivos, desde 1992 até 2011, nos canais TV Cultura e Rede Record. Na temporada 1, episódio 14 de 1993, Beakman exemplifica de maneira simples e cativante “o método científico” (pode ser acessado pelo link <https://www.youtube.com/watch?v=cJWaVeWQJdw>).

que estão além daquelas apresentadas nas etapas “do método científico” enunciado por Beakman.

Para explorar o aspecto da ndc sobre a provisoriedade do conhecimento, foi exposto um fragmento do texto de introdução do livro<sup>43</sup> de ensino superior “Física 1 – Mecânica”, que enfatiza essa característica. A partir da citação, destacada a seguir, foram propostas discussões sobre a provisoriedade do conhecimento, sobre como ocorrem as modificações e substituições do conhecimento físico:

Seção 1 – “A natureza da Física”, p. 2:

*“A física não é simplesmente uma coleção de fatos e de princípios; é também um processo pelo qual chegamos a princípios gerais que descrevem como o universo físico se comporta.*

*Nunca se encara uma teoria física como verdade final e acabada. Existe sempre a possibilidade de novas observações exigirem a revisão ou o abandono de uma teoria. Faz parte da natureza da teoria física podermos desaprovar uma teoria ao encontrarmos um comportamento que não seja coerente com ela, porém nunca podemos provar que uma teoria seja sempre correta”.*

Como quarta situação-problema, foi exibido, com a conseqüente reflexão, o episódio 3 (Uma nova astronomia) da série “Poeira das Estrelas”, exibida na Rede Globo, no ano de 2006, pelo programa Fantástico. Nessas cenas<sup>44</sup>, o apresentador, Marcelo Gleiser, descreve que Tycho Brahe convidou Johannes Kepler para trabalhar em seu castelo, em Praga, com o intuito de provar, de uma vez por todas, que a Terra era o centro do cosmo. Após 18 meses de convívio entre os dois, Brahe vem a falecer, e Kepler torna-se o novo astrônomo imperial. Nos anos seguintes, início do século XVII, Kepler, utilizando-se com brilhantismo dos dados de Brahe, finalmente desvenda o mistério das órbitas dos planetas em torno do Sol. Marcelo Gleiser também comenta que Kepler confirma a ideia de Copérnico, sobre o Sol ser o centro do movimento dos planetas, e que Johannes foi o primeiro a enunciar que uma força vinda do Sol era responsável pelo movimento desses planetas. Com esse vídeo foram sugeridas discussões sobre os corpos de conhecimento desenvolvidos

---

<sup>43</sup> Sears, F.; Young, H.; Freedman, R. A.; Zemansky, M. W. Física 1 – Mecânica. Editora Pearson Education (Universitários). Português. 424 p. 2008.

<sup>44</sup> Link de acesso: <https://www.youtube.com/watch?v=ZOyqN-GbjvA&list=PLA8124EF193A42761&index=3>

antes de Kepler, aventando reflexões sobre qual foi o papel deles para a estruturação dos estudos desse astrônomo. Sobre as “teorias” que foram ultrapassadas, ao Kepler instituir o movimento elíptico dos planetas em torno do Sol, os alunos foram questionados se elas “atrapalharam o desenvolvimento da ciência”, “se elas estavam ‘erradas’”, “se elas contribuíram para o desenvolvimento dos estudos de Kepler”, “se elas deixaram de ser científicas porque foram abandonadas”.

Todas essas situações-problema incitaram os alunos a discutirem entre si, e em grande grupo, como forma de motivá-los a compreender melhor a ndc.

**4º passo** – diferenciação progressiva (partir de conhecimentos mais gerais para ir aos mais inclusivos). Esse passo envolveu dois encontros de duas aulas cada.

5ª e 6ª aulas (2 h/a) – 02/05/2016

Uma vez trabalhadas as situações iniciais, o próximo passo foi explorar o capítulo 3, “A física e a cosmologia cartesiana”, levando em conta a diferenciação progressiva, isto é, começou-se com aspectos mais gerais da história e dos conceitos físicos que são ilustrados no capítulo. Esses aspectos deram uma visão inicial do todo, para que então pudessem ser exemplificados os tópicos sobre a ndc. A exposição oral dos aspectos históricos e conceituais foi vinculada à exemplificação explícita das proposições da natureza da ciência. Pôde-se, por exemplo, entre outras coisas, chamar a atenção ao fato de que, conforme é explicitado no texto, Descartes e Bacon defendem filosofias antagônicas sobre a forma de construir conhecimentos. Descartes considera que os sentidos são fonte de erros, por isso ele desconsidera a concepção baconiana de que é a partir da percepção dos sentidos que se edificam conhecimentos; ele pondera que o conhecimento tem sua origem na intuição intelectual de ideias claras e distintas. Porém, mesmo com pontos de vista tão divergentes, Bacon e Descartes se opõem à filosofia aristotélica. Esse aspecto pôde revelar aos alunos que a estruturação do conhecimento apresenta-se, na História da Física, de formas diversificadas. Enquanto Bacon inicia a edificação de conhecimentos a partir de observações e experimentos, o prelúdio para Descartes são as considerações *a priori*, as quais lhe dão os princípios gerais das explicações físicas.

Também pôde ser evidenciado, com a discussão desse capítulo, a provisoriamente do conhecimento, e os papéis que as “teorias” ultrapassadas tiveram em sua construção. Por exemplo, a hegemonia da filosofia aristotélica, que perdurou por quase dois mil anos, está sendo

ultrapassada nesse momento histórico, mas nem por isso esses conhecimentos foram totalmente descartados, ou deixaram de ser científicos, uma vez que, quando estavam vigentes, estes conhecimentos possuíam poder explicativo e preditivo e fizeram parte da História da Física. Além disso, Descartes, ainda que tenha vários pontos de divergência com a filosofia aristotélica e que afirme que a Física do passado deve ser “morta e enterrada”, conserva alguns elementos dela, como a não existência do vazio. Esse exemplo ilustra, também, que os conhecimentos não surgem do nada; eles podem manifestar-se de algumas insatisfações com o conhecimento precedente, por isso, a Física que já foi ultrapassada tem um papel importante na história da edificação das novas teorias.

7ª e 8ª aulas (2 h/a) – 04/05/2016

O próximo passo da estrutura da UEPS envolve, ainda, a diferenciação progressiva. Para esse fim, propôs-se o estudo do capítulo 4, “A dinâmica das colisões e o surgimento de uma nova física”. Na primeira parte da aula, foram discutidos os aspectos históricos e conceituais do capítulo, aliados a exemplificação explícita da ndc. Já na segunda parte, foi realizada uma análise epistemológica da filosofia de Descartes. Para isso dois trechos do filme<sup>45</sup> “Descartes” foram apresentados.

O primeiro fragmento<sup>46</sup> mostra Descartes, em 1618, morando em Breda, quando era soldado do exército de Maurício de Nassau. Ele se encontra com o matemático Isaac Beeckman, e ali explicita sua maneira de ver o mundo e de como concebe a elaboração de conhecimentos, o papel da matemática nessa edificação e a forma racional de compreender o universo. Após isso, em uma aula de medicina, ele contrapõe a sua visão de mundo racionalista com a aristotélica (pautada nos sentidos e na verdade evidente) que está sendo defendida pelo professor. Com esse vídeo, pôde-se explorar as diversas formas de se conceber o conhecimento, pois há uma enfática diferenciação entre duas vertentes filosóficas sendo apresentadas.

Também foi possível levantar questões sobre os conhecimentos que foram ultrapassados, como os de Aristóteles. A filosofia aristotélica, no período de sua vigência, compôs um corpo de conhecimento com coesão, que tinha poder preditivo e explicativo em uma maneira de

---

<sup>45</sup> DESCARTES (Cartesius). Diretor: Roberto Rossellini. Itália: Luci, 162 min, 1974. DVD, color

<sup>46</sup> Link para acesso: <https://www.youtube.com/watch?v=rDYmbk-jXJA>

conceber o mundo físico e os fenômenos naturais (PEDUZZI, 2011). É preciso analisar o corpo de conhecimentos de Aristóteles, de acordo com o período em que estava vigente; simplesmente concluir que esses conhecimentos eram “errados” ilustra uma forma anacrônica de interpretar a História da Física. Esse corpo de conhecimentos foi hegemônico por quase dois mil anos e, depois de muitas resistências, foi ultrapassado. Isso mostra a provisoriabilidade do conhecimento, o qual pode, a qualquer momento, apresentar insuficiências e dar espaço para outras explicações, mesmo os mais amplamente aceitos.

No segundo trecho<sup>47</sup>, Descartes está, a pedido do padre Mersenne, apresentando sua forma de ver o mundo e construir o conhecimento para alguns estudiosos, e ali enuncia suas regras para o bem conduzir da verdade. Esse fragmento do filme pode explorar a concepção das variadas formas, e dos procedimentos diversos que podem ser utilizados na construção do conhecimento. Os alunos foram incentivados a refletir sobre suas primeiras ideias que foram expostas (no início da UEPS), quando pensavam em uma única forma pré-definida de construir o conhecimento. Nesse mesmo ponto, foram discutidos os papéis que os experimentos podem ter na estruturação dos conhecimentos, pois, mesmo sendo racionalista, Descartes defende que a experimentação não tem apenas o papel de corroborar ou refutar teorias em sua forma final, como é ilustrado “no método científico”.

**5º passo** – complexidades (novas situações-problema em nível mais alto de complexidade).

9ª e 10ª aulas (2 h/a) – 09/05/2016

Dando continuidade aos aspectos sequenciais da UEPS, o próximo capítulo trabalhado foi o 5, “A gravitação newtoniana”. Com esse capítulo, mais uma vez, a ideia equivocada de um único método para construir conhecimentos foi explorada, pois Newton enuncia as suas concepções sobre a forma de conceber o conhecimento, a qual especificamente deve apresentar contrapartida empírica. Outro ponto percorrido no capítulo foi sobre a concepção empírico-indutivista da construção do conhecimento, pois o episódio da maçã, quando mal interpretado, pode trazer a conclusão de que o conhecimento pode surgir do nada, apenas com uma observação neutra seguida de indução.

No segundo momento da aula, foi apresentada uma revisão de livros didáticos de Física do Ensino Médio, sobre como eles apresentam

---

<sup>47</sup> Link para acesso: <https://www.youtube.com/watch?v=VyR-r9v-D1Q>

as concepções de construção do conhecimento, e se realmente enfatizam a ideia “do método científico”. Essa apresentação teve como objetivo mostrar aos estudantes como as ideias mais simplistas da natureza da ciência podem estar presentes, além de em filmes e em vídeos, também nos livros didáticos.

**6º passo** – reconciliação integrativa (retomar as características essenciais dos conteúdos, através da apresentação de novos significados).

11ª e 12ª aulas (2 h/a) – 11/05/2016

Para dar conclusão à unidade e envolver o processo de diferenciação progressiva buscando a reconciliação integrativa, foi realizada uma abordagem diferenciada. Nessa aula, em vez de o professor e a mestrandas mediar as discussões e exemplificarem as concepções da ndc que estão presentes no capítulo 6, “Das resistências à gravitação ao contexto de sua aceitação”, propôs-se que os alunos desempenhassem essa função. Para esse fim, uma lista com o enunciado específico das proposições trabalhadas até aqui foi entregue aos alunos para uma atividade colaborativa em equipe. Os alunos foram divididos em seis grupos, cada um correspondente a uma característica da ndc trabalhada até agora. Como todos já haviam lido o capítulo previamente antes da aula, foram dados alguns minutos, para que os grupos se organizassem e encontrassem no texto os pontos a serem exemplificados. Após, cada grupo argumentou sobre a exemplificação ou contraexemplificação da proposição da ndc que recebeu e foi realizada a discussão em grande grupo juntamente com a mediação docente.

**7º passo** – avaliação.

13ª e 14ª aulas (2 h/a) – 16/05/2016

Por fim, a avaliação somativa da aprendizagem foi proposta aos alunos. Para que os objetivos da UEPS fossem contemplados, sugeriu-se uma avaliação com aspectos diferenciados daqueles que já foram explorados em sala de aula através dos vídeos e das discussões em grande grupo. Para isso, propôs-se uma avaliação em forma de análise de material didático. Poderia ser uma vídeoaula, um livro didático de ensino médio ou superior; esse material deveria ser analisado historicamente, conceitual e filosoficamente. Os alunos poderiam explorar a visão de ciência que o material trazia e contrastar com as discussões que ocorreram no decorrer das UEPS e, também, com o texto do livro utilizado. O enunciado apresentado aos alunos encontra-se no Apêndice D. Para a realização

desta avaliação foram disponibilizadas duas aulas para que os alunos trabalhassem em sala e pudessem tirar eventuais dúvidas. Após esse período, eles tiveram o prazo de uma semana para entregá-la. Além disso, durante o desenvolvimento do trabalho, eles poderiam entrar em contato com a mestranda, caso sentissem necessidade, para orientações.

### **8º passo** – efetividade.

Se os alunos apresentaram uma visão crítica a respeito das imagens inadequadas da ciência presentes nos livros e, se souberam argumentar com fundamentação histórica a exemplificação ou contraexemplificação, isso poderá ser indício de AS e de uma avaliação positiva da UEPS. Esses dados serão analisados no capítulo 5. (Tempo total da UEPS – 14 aulas de 50 minutos cada).

## 5. ASPECTOS INVESTIGATIVOS DA PESQUISA: ANÁLISE DAS POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES DAS UEPS

Este capítulo apresenta a análise de duas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas: uma relacionada à História da Física presente no livro “Força e movimento: de Thales a Galileu” (PEDUZZI, 2015a), e outra ao conteúdo do livro “Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana” (PEDUZZI, 2015b). Tal investigação procurou explorar a capacidade das sequências didáticas enquanto instrumentos que pudessem proporcionar indícios de aprendizagem significativa sobre alguns aspectos da natureza da ciência. Assim, na primeira sequência didática, foram exemplificadas três características da ndc: a) As influências de diversas naturezas que o conhecimento fica sujeito em sua construção e desenvolvimento; b) As resistências que novas teorias enfrentam ao tentarem se instituir; c) A crítica à postura empírico-indutivista e atórica da ciência. Já na segunda unidade de ensino foram exemplificadas outras três ndc: a) A falácia de um único método para construir o conhecimento; b) A provisoriedade do conhecimento científico; c) A compreensão de que uma teoria não deixa de ser científica porque foi descartada. A metodologia investigativa ou metodologia de pesquisa a ser adotada para tal objetivo será discutida a seguir, onde parte-se da descrição da coleta de dados, discussão dos instrumentos utilizados e exposição da avaliação somativa.

### 5.1 A METODOLOGIA DA ANÁLISE

A análise dos dados da pesquisa foi realizada por meio de uma abordagem qualitativa, contando também com alguns tópicos quantitativos, onde a interpretação teve por base a Teoria Fundamentada (TF). Os métodos da TF respaldam-se em orientações sistemáticas, ainda que flexíveis, para colher e analisar informações, tendo em vista a construção de teorias “fundamentadas” nos próprios dados (CHARMAZ, 2009). Essas orientações proporcionam um agrupamento de conceitos gerais e dispositivos heurísticos para a prática da pesquisa qualitativa. Deste modo, em vez de uma dedução de hipóteses analisáveis a partir de teorias existentes, são os dados que constituem a base da teoria (STRAUSS; CORBIN, 2009).

As teorias fundamentadas podem ser estabelecidas a partir de variados tipos de instrumentos, tais como: notas de campo, entrevistas, informações gravadas, relatórios, etc. Já as características dos dados buscados pelo pesquisador dependem do assunto e da acessibilidade a

eles. Destaca-se que a seleção de elementos relevantes proporciona materiais sólidos para a organização de uma análise significativa, pois, de acordo com Charmaz (2009, p. 30),

Os dados relevantes são detalhados, focados e completos. Eles revelam as opiniões, os sentimentos, as intenções e as ações dos participantes, bem como os contextos e as estruturas de suas vidas. A obtenção de dados relevantes significa uma descrição “densa”, como a redação das extensivas notas de campo das observações, a coleta dos relatos pessoais dos respondentes por escrito e/ou a compilação de narrativas detalhadas.

Essa pluralidade da TF ilustra as grandes vantagens da pesquisa qualitativa sobre a quantitativa, uma vez que se pode acrescentar novas peças ao quebra-cabeça da investigação ou criar quebra-cabeças completamente novos. Sobre isso, Massoni (2010, p. 117) argumenta com algumas interrogativas que:

O pesquisador qualitativo está permanentemente perguntando-se quais as ações, o que está acontecendo naquele cenário particular? Qual o significado das ações e eventos para os indivíduos que deles participam, naquele momento e naquele espaço? Como estão organizadas as ações relativamente aos princípios e organizações da vida cotidiana? Como o que está acontecendo naquele cenário se relaciona com os outros sistemas externos? O objetivo desse tipo de pesquisa é a compreensão de uma realidade social particular. Não está em busca de princípios universais, mas sim de *universais concretos*. Procura esmiuçar a forma como indivíduos ou grupos de pessoas constroem o mundo à sua volta, o que estão fazendo, o que está lhes acontecendo e como se relacionam com os sistemas externos.

A versatilidade da pesquisa qualitativa permite ao pesquisador seguir os indícios que vão surgindo na investigação. No caso desta pesquisa, indícios de aprendizagem significativa. Os métodos da teoria fundamentada ampliam essa flexibilidade e, simultaneamente, podem

oferecer mais foco à investigação, que muitos outros métodos; “Como uma câmera com muitas lentes, primeiramente você percebe uma ampla extensão da paisagem. A seguir, você troca as suas lentes diversas vezes para aproximar cada vez mais essas ações” (CHARMAZ, 2009, p. 31). Se bem utilizada, a teoria fundamentada acelera a obtenção de um ponto central claro no que ocorre em seus dados, sem sacrificar o detalhe das ações desempenhadas.

De acordo com a TF, alguns questionamentos podem ser realizados de modo a auxiliar na observação dos eventos no ambiente de pesquisa e, assim, focalizar os dados para aproveitá-lo ao máximo:

- Qual é o ambiente da ação? Quando e como a ação acontece?
- O que está acontecendo? Qual é a atividade geral em estudo, qual o comportamento de prazo relativamente longo sobre o qual os participantes se organizam? Quais ações específicas compreendem essa atividade?
- Qual é a distribuição espacial e temporal dos participantes nessas localidades?
- Como os atores (participantes da pesquisa) estão organizados? Quais são as organizações que realizam, supervisionam, regulam ou promovem essa atividade?
- Como os membros estão estratificados? Quem está ostensivamente no comando? O fato de estar no comando é algo que se altera conforme a atividade? Como as pessoas alcançam e mantêm a condição de membro?
- A que os atores prestam atenção? O que é considerado importante, preocupante, decisivo?
- O que eles ignoram propositadamente e que poderia interessar a outras pessoas?
- Quais são os símbolos que os atores invocam para compreender as suas esferas de vida, os participantes e os processos neles presentes, bem como os objetos e eventos que encontram? Quais denominações são por eles atribuídas a objetos, eventos, pessoas, papéis, cenários e equipamentos?
- Quais práticas, habilidades, estratégias e métodos de ação os atores empregam?
- Quais teorias, motivos, desculpas, justificativas ou outras explicações são utilizadas pelos atores para a prestação de contas relativa às suas

participações? - Como eles explicam uns aos outros, e não a investigadores estranhos, aquilo que eles fazem e por que o fazem?

- Quais os objetivos buscados pelos atores? Na perspectiva dos atores, quando uma ação é bem ou mal executada? Como eles avaliam a ação – com base em quais padrões? E por quem esses padrões são elaborados e aplicados?

- Quais recompensas os diversos atores obtêm por meio das suas participações?

(CHARMAZ; MITCHELL, 2001, p. 163).

Na medida em que os dados forem expostos aqui, algumas dessas indicações serão também consideradas para melhor contextualização do ambiente de pesquisa. Posteriormente a essas recomendações, é realizada a análise das informações coletadas, conforme a estrutura sugerida por Charmaz (2009).

Primeiramente, de acordo com Charmaz (2009), os dados “brutos” são lidos e relidos em busca de códigos – esse processo é denominado *codificação*. “Codificar significa categorizar segmentos de dados com uma denominação concisa que, simultaneamente, resume e representa cada parte dos dados” (CHARMAZ, 2009, p. 69). Os códigos podem revelar o modo como foram selecionados, separados e classificados os materiais. Essa metodologia de questionamento analítico abrange, pelo menos, duas fases principais: a *codificação inicial* e a *codificação focalizada*. A fase inicial envolve o estudo rigoroso de fragmentos (palavras, linhas, segmentos ou incidentes) de maneira a reconhecer os termos narrativos dos participantes. Já a etapa focalizada é mais seletiva e utiliza os códigos iniciais mais significativos ou frequentes para classificar, sintetizar, integrar e organizar a quantidade total de informações.

Os propositores da teoria fundamentada, Strauss e Corbin (1990), apresentam, ainda, um terceiro tipo de codificação, a axial, que relaciona as categorias às subcategorias. Essa fase especifica as propriedades e as dimensões de uma categoria e reagrupa os dados que foram fragmentados durante a codificação inicial para dar coerência à análise. Basicamente, a codificação axial segue o desenvolvimento de uma categoria principal: classifica, sintetiza e organiza os dados reagrupando-os após as etapas iniciais de codificação.

Por fim é realizada a *redação do manuscrito*, onde o pesquisador cria argumentos para persuadir o leitor das suas interpretações e conclusões. Nesse momento são esclarecidas as ideias, realizadas

comparações intrigantes, criam-se discursos que intencionam provocar discussões teóricas e tecem-se contribuições relevantes da pesquisa.

Seguindo a linha de organização dos dados pela TF, apresenta-se, no espaço deste capítulo, primeiramente, o contexto de cada instrumento a ser analisado e, após, os dados sólidos, seguidos da codificação e categorização interpretativa realizada pela pesquisadora. Finalmente, a redação do manuscrito, com os achados a pesquisa, será apresentada ao final de toda a análise.

## 5.2 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Tendo por base a versão de Charmaz (2009) para a interpretação da TF, compartilha-se da posição tal e qual o pesquisador torna-se parte do mundo que estuda e dos dados que coleta. Ou seja, ele constrói suas teorias fundamentadas por meio do seu envolvimento e das suas interações com as pessoas, perspectivas e práticas de pesquisa. Portanto, a abordagem da presente dissertação enfatiza que a leitura dos significados implícitos dos participantes de pesquisa, bem como as opiniões sobre as experiências – e as teorias fundamentadas concluídas dessas informações – são construções da realidade, praticadas pela pesquisadora, dado que qualquer versão teórica oferece um retrato interpretativo do mundo estudado e não um quadro fiel dele.

Levando em consideração esses pressupostos sobre a interpretação dos dados e considerando, também, o referencial da teoria da aprendizagem significativa, a partir de agora, serão descritos e analisados os resultados obtidos sobre as atividades presentes na primeira e na segunda UEPS.

Salienta-se que, na descrição dos dados, os 14 alunos participantes do estudo serão denominados com as letras do alfabeto de A a N. Essa designação não adota uma ordem alfabética ou qualquer outra sequência; segue apenas uma estratégia de organização aleatória para não expor nenhum dos participantes da pesquisa. Os instrumentos foram analisados com vistas a proceder a verificação de indícios de aprendizagem significativa e, ainda, a validação das UEPS. As transcrições e descrições dos instrumentos foram realizadas tomando aulas gravadas em áudio e também os registros e anotações no diário de campo produzido pela pesquisadora, a partir das observações e vivências durante a implementação. Essas informações, então, compõem o material para a análise processual das UEPS que aqui se propõe.

### 5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA PRIMEIRA UEPS

Na descrição das sequências didáticas, realizada no capítulo anterior, foi possível observar que elas apresentam, em sua estrutura, uma quantidade significativa de dinâmicas que tiveram o objetivo de facilitar a construção do conhecimento. Outras tiveram, ainda, o papel de tornar explícito para quem pesquisou, conviveu ou trans-formou os alunos, e também para eles próprios, as concepções prévias sobre determinado assunto abordado, de maneira a procurar ativar os subsunçores necessários para o desenvolvimento dos estudos. Porém, nem todas essas atividades foram utilizadas para verificar indícios de aprendizagem significativa. As intervenções que objetivaram esta verificação são denominadas, doravante, de "instrumentos".

Na UEPS (1) os instrumentos utilizados foram eleitos de acordo com as etapas (cronológicas) de desenvolvimento da sequência didática. Isto é, escolheu-se o questionário inicial e sua posterior discussão, como objetos de investigação de conhecimentos prévios e situação-problema introdutória. Em sequência, foram eleitas duas atividades de diferenciação progressiva: a análise de um trecho de um episódio da série de televisão CSI (*Crime Scene Investigation*) e também, uma dinâmica em forma de debate entre personagens da história presentes no capítulo número 3 de Peduzzi (2015a). Consecutivamente, optou-se por utilizar o diário de campo da pesquisadora referente a discussão do capítulo número 6 também de Peduzzi (2015a), que fez parte do passo sequencial de aumento de complexidades para a reconciliação integrativa. Por fim, foi analisada a avaliação somativa individual, que consistiu no estudo de dois filmes, um de longa metragem e outro de curta metragem (este em forma de animação).

#### 5.3.1 Instrumento 1: Questionário (UEPS 1)

O questionário, aplicado enquanto instrumento para análise, foi um meio de sondagem inicial para investigação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto ndc. Algumas afirmações sobre certas características da ndc, então exploradas nas UEPS<sup>48</sup>, foram colocadas em escala *Likert* e configurando um espaço para a justificativa das escolhas dos alunos em relação a tais afirmativas. Salienta-se que o uso do

---

<sup>48</sup> Salienta-se que o questionário teve seu foco maior na UEPS (1), mas como alguns aspectos da ndc convergem com a UEPS (2), ele também será utilizado ao início da segunda sequência didática.

questionário não objetivou relações com pré-teste e pós-teste, por exemplo, mas sim uma forma de documentar e deixar registradas quais as concepções iniciais dos alunos sobre o assunto e, a partir disso, ter um “norte” para guiar o desenvolvimento das aulas. Além disso, esse instrumento contribuiu para a análise da evolução conceitual dos alunos ao longo de todo o processo de intervenção.

Após a aplicação do questionário, as respostas foram debatidas em grande grupo obtendo, assim, uma forma de discussão que admitiu criar situações-problema introdutórias. Esse preâmbulo das discussões objetivou proporcionar sentido aos novos conhecimentos que seriam introduzidos na UEPS (1), levando em consideração o que eles já sabiam. As colocações dos alunos neste instrumento foram cruciais na elaboração sequencial da UEPS (1), isto é, influenciaram na escolha e planejamento das atividades desenvolvidas posteriormente.

De acordo com Best (1970), a técnica da escala *Likert* atribui um valor de equivalência para cada uma das cinco respostas: Concordo Fortemente (CF) – Concordo (C) – Indeciso (I) – Discordo (D) – Discordo Fortemente (DF). Para a análise das respostas, quando a afirmação é favorável, os escores variam de 5 para CF até 1 para DF, no caso de declarações desfavoráveis a sequência de pontuação é atribuída ao contrário, ou seja, 1 para CF e 5 para DF. O autor salienta, ainda, que é importante que o número de declarações favoráveis e desfavoráveis seja aproximadamente igual. No caso do questionário desta pesquisa, foram 8 asserções, 4 contendo afirmativas favoráveis e 4 desfavoráveis.

A análise das respostas compreendeu uma parte quantitativa de escores calculados de acordo com as sugestões de Best (1970), e uma parte qualitativa, que envolveu a justificativa escrita dos participantes sobre cada questão, abaixo da alternativa. A *posteriori*, esses dois estudos foram cruzados.

A aplicação do questionário sucedeu da seguinte maneira: em um primeiro momento foi entregue a lista de asserções aos alunos e incentivado que eles realizassem a leitura com atenção e refletissem sobre as perguntas para poder obter uma justificativa mais construída em termos de sua discussão. Foi solicitado, também, que eles respondessem de acordo com as suas concepções e não com o que achavam que deveria ser respondido. Não foi realizado nenhum tipo de explicação sobre cada proposição e nem o que seria avaliado com as respostas, tampouco o que estava sendo investigado e quais os objetivos da pesquisa que estava iniciando ali. Os estudantes demoraram pouco mais do que 35 minutos para responder as 8 questões.

Após todos terminarem, a pesquisadora explicou do que se tratava o assunto do questionário, fez algumas breves considerações sobre o que é a ndc, com o que ela se preocupa e explanou aos alunos um delineamento geral da pesquisa que seria realizada. Com o questionário em mãos, os estudantes foram convidados a exporem à turma, em um grande grupo, seus pontos de vista, argumentações e raciocínios sobre as afirmações do questionário. Enfatizou-se a eles que no momento da discussão não caberia considerar justificativas adequadas ou inadequadas, porém, se tratava, apenas, de um momento de “troca de ideias”. Salientou-se, ainda, que no decorrer das intervenções didáticas, esses assuntos seriam tratados mais profundamente, de forma a demonstrar, através da História da Física, exemplificações dessas características da construção do conhecimento científico.

- **Análise cruzada do questionário (qualitativa e quantitativa)**

Primeiramente, apresentam-se os dados quantitativos de cada questão e, após, eles cruzam-se com a análise qualitativa. Nesse processo, comparam-se os resultados quantitativos com as justificativas discursivas de cada resposta do opinário. Além disso, registrou-se, por meio de gravações em áudio, a discussão em relação às opiniões dos alunos, produzidas no grande grupo. Isso permitiu extrair, de algum modo, informações que complementaram a investigação.

Ao final de cada questão discutida é realizado o fechamento com os códigos focais que emergiram do estudo. Após a conclusão de toda a análise das questões, são realizados comentários gerais sobre este instrumento e também é traçado um perfil geral dos alunos através da interpretação cruzada.

### **Questão 1:**

**Toda investigação científica começa, necessariamente, pela observação sistemática do fenômeno a ser observado.**

Afirmção desfavorável<sup>49</sup>:

( 0 ) CF – 1      ( 6 ) C – 2      ( 1 ) I – 3      ( 6 ) D – 4      ( 1 ) DF – 5

ETI – 70

ETR – 44

EM – 3,14

---

<sup>49</sup> Apresenta-se, em cada item, a frequência de respostas (o número entre parênteses ao lado das opções CF, C, I, D, DF), a pontuação (1 a 5) de cada alternativa de acordo com a afirmação favorável ou desfavorável, o escore total ideal ETI, o escore total real ETR e o escore médio EM.

Para esta primeira questão, apresenta-se a Tabela 3 com o objetivo de demonstrar o cálculo e organização dos dados para os escores. As próximas questões seguem a mesma estruturação, mas, para fins de síntese, as tabelas de cálculos serão suprimidas.

Tabela 3: Organização dos dados para o cálculo dos escores

Pontuação da afirmação desfavorável	Escore total ideal	Escore total real	Escore médio (máximo 5,0)
CF = 1	$1 \times 0 = 0$	$1 \times 0 = 0$	Max: $70/14 = 5,0$
C = 2	$2 \times 0 = 0$	$2 \times 6 = 12$	
I = 3	$3 \times 0 = 0$	$3 \times 1 = 3$	Médio real: $44/14 = 3,14$
D = 4	$4 \times 0 = 0$	$4 \times 6 = 24$	
DF = 5	$5 \times 14 = 70$	$5 \times 1 = 5$	
	$\Sigma = 70$	$\Sigma = 44$	

Fonte: Elaborada pela pesquisadora (2016)

### Questão 1 (análise cruzada):

O escore da questão 1 indica que metade dos alunos acredita que a observação pode fazer parte da construção do conhecimento. Esses estudantes consideram que ela está presente no processo, de alguma forma, mas que, não necessariamente, investigações científicas iniciam pela observação do fenômeno.

Dos seis alunos que assinalaram opções de concordância, quatro – D, G, I e B – colocaram ressalvas em suas respostas discursivas, demonstrando que eles levaram em consideração situações de investigação científica que não iniciam, obrigatoriamente, pela observação. A exemplo, toma-se a seguinte transcrição:

#### Aluno B

*“Concordo. Em geral é assim, mas não necessariamente. Se um fenômeno conhecido, embora ainda não observado sistematicamente, for parecido com outro já estudado, é possível aproveitar a descrição deste naquele”.*

Apenas dois alunos, dentre os quais também concordaram com a proposição, afirmaram que a construção do conhecimento científico inicia-se pela observação. Percebe-se isso na justificativa do aluno K, que suscita uma concepção empirista-atéorica da construção do conhecimento

e também do aluno J, que dá a apresentar um raciocínio semelhante ao de K, tendo em vista afirmar que a investigação deve partir da realidade.

**Aluno K**

*“Concordo. Sem a observação da natureza e de tudo que está a nossa volta não aparecerão perguntas e consequentemente investigação científica”.*

**Aluno J:**

*“Concordo. Pois é complicado sair de algo imaginado ou parecido. Muitas vezes pode sair de realidade ou verdade”.*

O restante dos alunos – E, F, H, M, N, C, A – assinalaram opções de discordância e justificaram de acordo com a alternativa assinalada, negando que a observação seja o primeiro passo da investigação científica. Observe-se a justificativa de N, por exemplo:

**Aluno N**

*“Discordo. Acredito que com o auxílio da matemática e intuição o cientista é capaz de obter atalhos para resultados que podem ser provados [posteriormente] pela experiência”.*

O aluno L deixou uma abertura para a indeterminação da afirmação ao escrever que “nem sempre, eu acho”, trazendo um contraexemplo de que as investigações não iniciam, necessariamente, pela observação:

**Aluno L:**

*“Indeciso. Nem sempre, eu acho. Por exemplo as teorias que envolvem a física do buraco negro, este objeto não pode ser observado diretamente e a investigação (acho) não começou pela observação mesmo que indiretamente”.*

Os alunos K e J, especificamente, demonstraram um olhar que mostra um ponto potencial a ser discutido, de maneira a buscar desconstruir alguns discursos mais simplistas em torno da ndc. Sobre isso, Gil Perez e colaboradores (2001) elaboraram um trabalho extensivamente referenciado, apontando algumas das “visões deformadas do trabalho científico”, muito comuns em meio a estudantes e professores. Dentre os aspectos levantados, a concepção empírico-indutivista e atórica, que destaca o papel “neutro” da observação, é um deles. Mesmo que a

presente pesquisa esteja sendo desenvolvida entre os anos de 2016 e 2017, isto é, mais de 15 anos depois do notável trabalho do grupo de Gil Perez, ainda é possível perceber essas visões em alunos de graduação que estão nas últimas fases do curso. Logo, por mais que as pesquisas na área da natureza da ciência tenham sido desenvolvidas sobejamente, percebe-se que ainda se faz necessário arremeter esforços nesse assunto.

Um outro aspecto a ser mencionado é que, durante as discussões em grande grupo alguns alunos argumentaram que as palavras “necessariamente” e “sistemática” tornaram-se problemáticas para a afirmação (alunos N, H e E).

**Aluno E:**

*“Esse ‘necessariamente’ é no sentido de obrigação? Como se o conhecimento fosse obrigado a iniciar pela observação? (...) Eu me preocupei com essa palavra ‘sistemática’”.*

O objetivo de acrescentar tais termos nas proposições foi, de fato, provocar os alunos a refletirem sobre características “fechadas” para a construção do conhecimento.

A partir da análise da questão 1, surgiram três códigos focais:

- (i) O conhecimento pode surgir a partir de outras teorias; não necessariamente da observação.
- (ii) O conhecimento pode surgir a partir da reflexão, ideias, intuição; não necessariamente da observação.
- (iii) O conhecimento surge através de observações da natureza.

**Questão 2:**

**A ciência não é universal, ou seja, ela é influenciada por fatores culturais e nacionais; é afetada por valores sociais, políticos e filosóficos.**

Afirmação favorável:

( 3 ) CF – 5      ( 5 ) C – 4      ( 2 ) I – 3      ( 1 ) D – 2      ( 3 ) DF – 1  
 ETI – 70  
 ETR – 46  
 EM – 3,29

**Questão 2 (análise cruzada):**

Os escores desta questão descrevem uma tendência dos alunos a considerar influências “extracientíficas” no desenvolvimento da ciência. Porém, novamente, a análise das respostas discursivas mostra algumas particularidades desse panorama.

Dos oito alunos que assinalaram opções de concordância, seis justificaram suas respostas de acordo com a alternativa escolhida – N, M, A, L, B, G. Ou seja, estes estudantes demonstram compreender que a prática científica é permeada por fatores extracientíficos. A título de exemplo, cita-se as falas de G:

**Aluno G:**

*“Concordo. A pesquisa tende a aprofundar-se nas necessidades e curiosidades de um povo, mas as vezes por ser custeada por outras fontes, ou regulada por instituições, acaba por seguir ou evitar certos assuntos/caminhos”.*

Os dois outros alunos – J, C – que, embora tenham assinalado que concordavam com a proposição, quando escreveram suas justificativas, demonstraram opinião contraditória sobre as influências na construção do conhecimento.

**Aluno J:**

*“Concordo. A ciência busca a verdade, porém esses fatores podem interromper o processo dessa busca ou até tendenciá-lo”.*

**Aluno C:**

*“Concordo. A ciência de fato é influenciada por questões culturais tanto é assim que existem descobertas que ocorreram em paralelo no mesmo período. Porém é universal naquele período”.*

O aluno J demonstra uma contradição na própria escrita. Ao que parece, ele afirma que a ciência busca uma verdade e fatores externos podem prejudicar esse processo. Já o aluno C respondeu a questão detendo-se muito mais ao termo “universal”. Durante as discussões em grande grupo, foi possível perceber que este estudante considera a ciência universal, e que as influências que ela sofre são somente locais e em certos

períodos de tempo. De acordo com ele, sendo as influências temporais, elas não tiram o *status* de universalidade da ciência.

Ainda que indecisos, os alunos I e F reconheceram a existência de influências no desenvolvimento da ciência, mas afirmaram que, idealmente, isso não deveria ocorrer. Essa interpretação remonta a um realismo ingênuo da parte desses estudantes, dando credibilidade a uma imagem de ciência neutra e que se desenvolve isoladamente (MEDEIROS; BEZERRA FILHO, 2000). Como exemplo, as falas de I:

**Aluno I:**

*“Indeciso. Idealmente ela deveria ser, mas atualmente há interesses econômicos (“produção de nova tecnologia”) e políticos envolvidos”.*

Por fim, dos alunos que assinalaram as opções de discordância, três – D, K, E possuem pontos de vista semelhantes aos estudantes que assinalaram a opção “indeciso”. Conservam uma visão de ciência idealmente neutra e que se desenvolve isoladamente. Como exemplo:

**Aluno D:**

*“Discordo fortemente. Na minha concepção, isso acontecia no passado, mas já deve ter sido superado, pois esta não deve sofrer esses tipos de influência”.*

Já o aluno H, apesar de assinalar a opção de discordância, ao justificar-se, demonstrou concordar e compreender adequadamente a proposição:

**Aluno H:**

*“Discordo fortemente. Valores sociais, políticos e filosóficos sofrem influência internacional, afetando/mudando os fatores culturais, universalizando a ciência”.*

Ao que parece, o aluno demonstra confusão sobre o aspecto ‘universal’ da ciência. Ou seja, ele afirma que a ciência é universal no sentido de que ela sofre influências, até, internacionais, o que a torna global.

É possível observar pontos de vista bem distintos no grupo, como, por exemplo, a comparação entre as colocações de K e N, a seguir.

Enquanto um afirma que a ciência é sensível a influências por ser um empreendimento desenvolvido por humanos, o outro afirma ao contrário.

**Aluno K:**

*“Discordo. Acho que a ciência é universal e que o que é influenciado por fatores culturais e nacionais é o método científico”.*

**Aluno N:**

*“Concordo. A ciência é feita por humanos que são seres sociais. Os cientistas estão expostos a diversos fatores e seus princípios afetam o resultado do seu trabalho, a ciência”.*

O aluno K ainda faz menção ao método científico (que seria praticado pelos homens e estes sim estariam sujeitos a influências), mas afirma que a ciência em si (como se fosse um núcleo duro, separado) não é afetada por essas interferências.

Os dados desta questão são semelhantes aos resultados obtidos em pesquisas com os mesmos objetivos. Citando caso análogo, Monteiro (2014), em sua dissertação de mestrado, questionou estudantes de graduação em Geofísica (bacharelado) e Física (licenciatura) sobre a influência, ou não, de fatores extracientíficos “como crenças pessoais, posições morais, religiosas, políticas etc. na prática científica” (MONTEIRO, 2014, p. 128). Entre as duas turmas, 63% dos estudantes afirmaram que: a) não existem influências, pois isso não é uma prática da ciência; b) Há influências, mas elas atrasam o progresso científico; c) Há influências, mas, idealmente, não deveria existir, uma vez que isso é um empecilho para o desenvolvimento da ciência. A partir daí, é interessante notar que essas três categorias elencadas pela autora são semelhantes ao espectro de justificativas de alguns alunos desta pesquisa (com a ressalva de que a autora invocada chamou atenção para aspectos de cunho mais internalistas e a questão desta dissertação citou influências de diversas naturezas). Dos outros 37% participantes da pesquisa de Monteiro (2014), uma parcela (14%) respondeu apenas com “sim” sem justificar e outra parte dos respondentes (23%) deixou em branco.

Da análise da questão dois, emergiram os seguintes códigos:

- (i) A prática científica não sofre influências extracientíficas.
- (ii) Visão de ciência neutra que se desenvolve isoladamente.

- (iii) Há influências, mas elas atrasam o desenvolvimento científico.
- (iv) Há influências, mas, idealmente, não deveria existir.
- (v) Compreensão de que o trabalho científico sofre influências de diversas naturezas.

### Questão 3:

**A elaboração de leis e teorias envolve a criatividade, a intuição e a imaginação do pesquisador.**

Afirmção favorável:

( 6 ) CF – 5      ( 7 ) C – 4      ( 1 ) I – 3      ( 0 ) D – 2      ( 0 ) DF – 1  
 ETI – 70  
 ETR – 61  
 EM – 4,36

### Questão 3 (análise cruzada):

Essa proposição apresentou um escore alto: 13 alunos – A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, L, M, N – entre os 14, escolheram alternativas e justificaram no sentido de concordância em relação a fatores subjetivos estarem presentes na atividade científica. De maneira geral, nas justificativas, todos valorizaram a criatividade, intuição e imaginação no processo de construção do conhecimento científico, mas salientaram que só isso não é suficiente, complementando suas respostas com outras características que são importantes para o desenvolvimento da ciência. Dos alunos classificados nesta posição, cita-se como exemplo a transcrição dos escritos de G:

#### **Aluno G:**

*“Concordo fortemente. Analisar dados, elaborar hipóteses, e criar experimentos que possam prová-las certas ou erradas, além do já citado, requer conhecimento e persistência”.*

Até mesmo o aluno K, que assinalou “Indeciso” na justificativa, demonstrou compreender que o processo da construção do conhecimento envolve, por exemplo, a criatividade:

**Aluno K:**

*“Indeciso. Penso que além da criatividade a elaboração de teorias depende também de alguns conhecimentos prévios, curiosidade e reflexão”.*

Na literatura da área, é possível encontrar ocorrências de respostas parecidas com os detectados na presente pesquisa. Massoni (2010), ao aplicar um questionário com alunos do ensino médio de três diferentes escolas, obteve para a questão que invocava a criatividade e imaginação no trabalho científico 88,5% de concordância dos estudantes. De acordo com a autora, é mais provável, ainda que não se possa concluir definitivamente, que esses alunos tenham apresentado esse nível de respostas de forma irrefletida, uma vez que, de maneira geral, eles demonstraram acreditar no processo metódico da construção do conhecimento. Para a pesquisadora: “Criatividade e imaginação, quase se confundem com genialidade, são ingredientes necessários para captar de forma adequada o que os dados empíricos transmitem de forma codificada” (MASSONI, 2010, p. 363). Os níveis dos respondentes da pesquisa evocada e da presente dissertação são diferentes, mas, nas justificativas dos graduandos, é possível perceber que eles consideram a criatividade e imaginação como características importantes (do cientista) na formulação e sistematização do conhecimento. Curiosamente, um aluno justificou sua afirmativa com o mesmo padrão de respostas encontrado por Massoni (2010):

**Aluno A:**

*“Concordo fortemente, pois generalizar e encontrar princípios por trás de fenômenos é um processo um tanto genial”.*

De acordo com a epistemologia contemporânea, envolver aspectos como a criatividade, a intuição e a imaginação no trabalho científico agrega a essa esfera um traço mais humano. Bunge (2000, p. 17) compila bem essa ideia, ao afirmar que “(...) nenhuma teoria física jamais resultou da contemplação das coisas ou mesmo dos dados empíricos – toda teoria física tem sido a culminação de um processo criativo que ultrapassa em muito os dados à mão”.

Da interpretação desses dados um código emergente, relacionado às influências que a construção do conhecimento está sujeita, demonstrou que, além dos fatores de cunho mais externo, os de âmbito interno,

relacionados às características e capacidades do cientista, também influenciam a construção do conhecimento.

Assim, pode-se codificar que:

- (i) A criatividade e imaginação são importantes para a elaboração e sistematização do conhecimento.

#### **Questão 4:**

**O conhecimento científico é provisório, ou seja, com o passar do tempo poderá haver algo que leve à sua rejeição.**

Afirmção favorável:

(9) CF – 5      (3) C – 4      (0) I – 3      (2) D – 2      (0) DF – 1  
 ETI – 70  
 ETR – 61  
 EM – 4,36

#### **Questão 4 (análise cruzada):**

Novamente, trata-se de uma questão com escores altos, sobre a qual doze alunos concordaram e, desses, onze – C, G, B, L, A, M, N, F, D, E, H – demonstraram, de maneira geral, compreender a característica provisória do conhecimento. A título de exemplo, segue a justificativa do aluno B:

##### **Aluno B:**

*“Concordo fortemente. É notório que a ciência avança, e isso não só de forma progressiva, isto é, com o acréscimo de conhecimento ao já existente. O abandono e substituição de teorias é coisa frequente na ciência”.*

O aluno J também concordou fortemente com a proposição; apesar disso, sua justificativa dá a pensar que o conhecimento está sempre se aprimorando, em busca de uma “verdade” final:

##### **Aluno J:**

*“Concordo fortemente. Nós temos limites, mas sempre estamos em busca da verdade e nos aprimorando para tal”.*

Este aluno manifesta a concepção de que o conhecimento evolui e que as modificações (que ele considera presentes na construção do conhecimento) servem para aperfeiçoá-lo em busca de um máximo total.

Já os alunos que assinalaram a posição de discordância, demonstraram traços semelhantes ao aluno J em suas justificativas. Eles argumentaram que a ciência busca um conhecimento “total”, uma verdade final; foi o caso dos alunos I e K.

**Aluno I:**

*“Discordo. Não acho que seja verdade. Todo o conhecimento é importante para avançarmos rumo ao conhecimento “total” (conhecer como tudo funciona), mesmo se uma teoria é descartada em favor de outra que explica melhor tal fenômeno”.*

**Aluno K:**

*“Discordo. Acredito que hipóteses podem ser rejeitadas mas penso em conhecimento científico como algo concreto e com comprovação”.*

Durante as discussões em grupo, o aluno K afirmou que as modificações que ocorrem não acarretam, necessariamente, em rejeições. Ele argumentou, ainda, que a ciência teria um núcleo, a verdade absoluta, que nunca muda e que somente algumas condições de contorno desse núcleo é que se modificam.

Esse aspecto da ndc é amplamente debatido pela literatura nacional e também internacional. De acordo com São Tiago (2011, p. 123), discussões sobre a provisoriedade do conhecimento encontram-se presentes nos currículos de diversos países como: Estados Unidos, Austrália, Inglaterra, Nova Zelândia, Canadá e Brasil. Mesmo assim, como é possível perceber na presente pesquisa, os esforços empreendidos nesta busca devem continuar, pois alguns alunos, mesmo no final do curso de Física, ainda conservam a visão de que o conhecimento busca uma verdade final.

A partir da análise da questão 4, surgiram dois códigos:

- (i) O conhecimento científico possui caráter provisório.
- (ii) A ciência possui uma verdade final que nunca se modifica.

**Questão 5:**

**Quando dois cientistas observam a mesma coisa, eles devem chegar obrigatoriamente às mesmas conclusões.**

Afirmção desfavorável:

( 1 ) CF – 1      ( 0 ) C – 2      ( 4 ) I – 3      ( 3 ) D – 4      ( 6 ) DF – 5

ETI – 70

ETR – 55

EM – 3,93

**Questão 5 (análise cruzada):**

O escore desta questão, mais uma vez relativamente alto, não ilustra necessariamente os pontos de vista dos alunos, pois, na análise das justificativas, foi possível perceber que alguns assinalaram a posição de discordância, mas justificaram contrapondo a própria posição. Essa questão corrobora alguns traços de concepção atórica e neutra da investigação científica, que foram percebidos ao longo das análises do questionário.

Alguns alunos demonstraram ter uma compreensão mais abrangente desta ndc. A, G, K, M, N, F, D e H apresentaram uma justificativa para a alternativa trazendo à proposição fatores, tais como: conhecimentos anteriores, visão de mundo, preconceitos, etc. e que, portanto, opõe-se a ideia de observações neutras. Observe-se o modo como anotou o aluno N:

**Aluno N:**

*“Discordo fortemente. O resultado do trabalho do cientista é fortemente influenciado por seu autor, o cientista”.*

O aluno E assinalou a posição de discordância, mas sua justificativa ilustra que ele concorda que dois observadores obrigatoriamente enxergam as mesmas coisas:

**Aluno E:**

*“Discordo. Os dois cientistas devem possuir obrigatoriamente uma intersecção entre suas conclusões, partindo dela devem estudar os pensamentos que foram divergentes”.*

Os respondentes L, B, C e J escolheram a opção “Indeciso”, argumentando, de maneira geral, que os cientistas não chegam às mesmas conclusões, porém, isso deveria acontecer para que, assim, a ciência fosse confiável. Esse quadro também é perceptível no aluno I, que assinalou a opção CF. A título de exemplo desse tipo de compreensão do trabalho científico, segue as falas de C:

**Aluno C:**

*“Indeciso. Eu diria que deveriam, porém na prática possuem vivências diferentes. No entanto a ciência tenta sistematizar o conhecimento para que isso seja possível”.*

Popper (1982) argumenta que a opção teórica do cientista, para explicar certa classe de fenômenos, depende, em grande medida, de seus pressupostos teóricos. Sendo assim, toda observação está carregada de expectativas e conhecimentos anteriores. O que leva à conclusão de que dois observadores não necessariamente vêem a mesma coisa, pois podem interpretá-la de maneira diferente. Como alguns alunos demonstraram, em especial na questão 1, uma concepção ateuórica da construção do conhecimento, é natural esperar que exista certa tendência de não concordarem com a afirmação da questão 5.

Lederman, em seu artigo de 2006 “Investigações sobre a natureza da ciência: reflexões do passado, antecipações do futuro”, afirma que um compilado de pesquisas ao longo de 20 anos (aproximadamente de 1986 até 2006), mostrou que a compreensão dos estudantes sobre a não neutralidade na prática científica era muito deficiente. Esse dado da literatura internacional ainda se reflete dez anos mais tarde após os estudos de Lederman (2006), pois, dos 14 respondentes do questionário, 5 (correspondente a 36%) demonstram consentimento quanto à ideia de que dois observadores distintos devem, obrigatoriamente, chegar às mesmas conclusões na ciência.

Desses exemplos, é possível escrever os seguintes códigos:

- (i) As observações científicas são influenciadas pelas concepções teóricas iniciais do investigador.
- (ii) Os cientistas devem ser neutros em suas observações para chegar a resultados confiáveis.

**Questão 6:**

**A ciência produz conhecimento seguindo, rigorosamente, a sequência: observação dos fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões e generalizações.**

Afirmção desfavorável:

( 2 ) CF – 1      ( 4 ) C – 2      ( 2 ) I – 3      ( 0 ) D – 4      ( 6 ) DF – 5

ETI – 70

ETR – 46

EM – 3,29

**Questão 6 (análise cruzada):**

A interpretação dessa questão mostra que muitos alunos chegaram ao final do curso de Física com uma aspiração ao método científico, uma vez que seis respondentes – B, D, E, F, I, J – assinalaram e justificaram que concordam com regras universais para a construção do conhecimento. Essa constatação pôde abrir possibilidades para provocar nos alunos situações que desnaturalizassem essas ideias simplistas da ciência, apresentando, assim, outro ponto de vista. No entanto, alguns desses estudantes argumentaram que pode haver outra forma para construir o conhecimento, mas que as etapas do método precisam estar presentes.

**Aluno J:**

*“Concordo fortemente. Sem o fato não poderia existir uma ciência. Pois, mesmo hipotetizando algo, pra ter, terá que ter uma experiência”.*

Os alunos G e L, que assinalaram “Indeciso”, afirmam que o método científico seria o caminho padrão:

**Aluno L:**

*“Indeciso. Isso é o modelo de construção de um conhecimento científico que eu aprendi, porém tenho dúvida se seguindo rigorosamente, já que no meio do caminho muita coisa pode ocorrer”.*

O aluno L comenta que o modelo de construção do conhecimento pelo método científico foi ensinado a ele. Há muitas pesquisas empreendidas nesse sentido, tanto na formação inicial quanto continuada

de professores, a respeito de melhorar as visões de ciência, especialmente sobre uma concepção rígida e algorítmica da construção do conhecimento. Recentemente, Alves et al. (2015) fizeram um estudo para verificar as concepções de ciência de recém licenciados e professores em exercício, e a maioria posicionou-se contra a ideia de um singular método científico. O mesmo padrão de respostas encontra-se em Mousinho et al. (2016) e Trevisan et al. (2016). Essas pesquisas podem ilustrar que em certos locais, que oferecem formação adequada, as visões de ciência de professores já se apresentam menos dogmáticas em relação à aplicação de um único método para construir o conhecimento.

Diferentemente dos já citados, alguns alunos ultrapassaram a visão de um método científico e apresentaram uma posição que vai ao encontro do que poderia ser oferecido pensar aos alunos na formação inicial sobre a ndc. Foi o caso dos alunos A, C, K, M, H e N.

**Aluno C:**

*“Discordo fortemente. Ela pode iniciar por reflexões, passar por hipóteses ou mesmo uma comprovação experimental acidental”.*

Nesse contexto, Harres (1999) fez uma extensa revisão de pesquisas sobre as concepções de professores relacionadas à natureza da ciência. Invocando estudos das mais diversas partes do mundo, o autor concluiu que havia uma concepção absolutista entre esses docentes a respeito da dimensão empirista, que enfatiza a aplicação do método científico na construção do conhecimento. Mais de 16 anos depois desta publicação, verifica-se que essas percepções ainda se fazem presentes em alguns futuros professores de Física, como é o caso de certos respondentes do presente questionário. Harres (1999) sugeriu que fossem implementadas estratégias formativas na área de ciências, tanto em nível inicial quanto em formação continuada. Ele enfatizou que é imprescindível o conhecimento *sobre* o conhecimento na formação dos professores. Este trabalho vai ao encontro do que a literatura sugere ao atuar, diretamente, na formação inicial de graduandos em Física, com vistas a propor modificações nesse panorama de compreensões simplistas da natureza da ciência, que ainda se mostrou presente nesta pesquisa.

A análise dessas colocações revelou dois códigos:

- (i) A construção do conhecimento exige uma sequência de passos predeterminada.

- (ii) A ciência pode ser desenvolvida ou surgir das mais variadas formas.

### **Questão 7:**

**As teorias são obtidas a partir dos dados da experiência, ou seja, a experiência é a fonte do conhecimento.**

Afirmção desfavorável:

(4) CF – 1      (2) C – 2      (3) I – 3      (3) D – 4      (2) DF – 5  
 ETI – 70  
 ETR – 39  
 EM – 2,79

### **Questão 7 (análise cruzada):**

Esta foi a questão com escore de pontos mais baixo entre todas do questionário [2,79]. Ela representa uma visão empírico-indutivista e atórica da construção do conhecimento, quando justificada de maneira simplista. Mas também pode representar os juízos de valor envolvidos na construção do conhecimento, ou seja, esses alunos dão grande ênfase à evidência experimental na ciência (CORDEIRO, 2016).

Os alunos que assinalaram “Indeciso” – B, H, L – apresentaram em suas justificativas pontos que enfatizaram que a experiência faz parte da construção do conhecimento. O aluno B, por exemplo, mencionou que o experimento é importante, mas não comenta nada a respeito de a experiência ser a fonte do conhecimento:

#### **Aluno B:**

*“Indeciso. Essa frase pode ser interpretada como uma ênfase à importância da experiência, e nesse caso eu concordo com ela. Se ela nega a importância do papel criativo do cientista, então não concordo”.*

Os respondentes D, E, F, J, K e N assinalaram as opções de concordância e argumentaram, em sua maioria, que a experiência é importante para a ciência, mas não mencionam sobre o fato de ela ser a fonte do conhecimento. O aluno E, por exemplo, diz que:

**Aluno E:**

*“Concordo fortemente. As experiências são necessárias para que se possa garantir que a teoria esteja alinhada mesmo que parcialmente ao fenômeno”.*

Os alunos que se posicionaram contrários à afirmação A, C, G, I e M, justificaram de acordo com a afirmativa literal da proposição, que quer dizer que a experiência não é a fonte do conhecimento, o que coaduna com a opção assinalada:

**Aluno G:**

*“Discordo. Como na pergunta anterior, acredito que algumas hipóteses são desenvolvidas a partir de teorias já estabelecidas, através de princípios de correspondência e/ou simetria, sem dados experimentais como ponto de partida”.*

Pesquisas como as empreendidas por Lederman (2007) vêm reforçando a importância de questionar a concepção de ciência como puramente indutivista no ensino de ciências. Isso vem ao encontro dos dados obtidos nesta questão, uma vez que os resultados do questionário corroboram os dados da literatura, mostrando uma tendência empírico-indutivista nestes estudantes.

Deste estudo, portanto, pode-se descrever os seguintes códigos:

- (i) O experimento é importante para a construção do conhecimento.
- (ii) É possível construir conhecimento sem experiência (como gênese necessária deste conhecimento).

**Questão 8:**

**A substituição de uma teoria por outra, nem sempre acontece espontaneamente; a aceitação de novos conhecimentos pela comunidade científica frequentemente encontra resistências de toda natureza.**

Afirmação favorável:

( 11 ) CF – 5      ( 3 ) C – 4      ( 0 ) I – 3      ( 0 ) D – 2      ( 0 ) DF – 1  
 ETI – 70  
 ETR – 67  
 EM – 4,79

**Questão 8 (análise cruzada):**

Os escores desta afirmação foram os mais altos de todo o questionário, tendo sido assinaladas somente as afirmações de concordância. Após a análise inicial dos dados a pesquisadora questionou os alunos sobre suas respostas nessa proposição e se houve algum fator ou influência para que todos tivessem apresentado uma justificativa relacionada da mesma linha de raciocínio. Os alunos comentaram que, no material introdutório da disciplina, o qual todos tiveram contato, essa questão é enfatizada. Mesmo assim, foi possível perceber que as argumentações foram esclarecedoras, mostrando que eles tiveram uma compreensão inicial de como funciona o processo de substituição de corpos de conhecimento. Ressalta-se que esses dados servirão de base para que os estudantes consigam perceber essa característica da ndc na História da Física.

Como exemplo da proposição em questão, segue a transcrição dos escritos de N:

**Aluno N:**

*“Concordo fortemente. A ciência é resultado da ação humana, logo é passível da incapacidade de uma maioria aceitar novas ideias e conceitos. Algo normal entre a população humana”.*

A partir da leitura interpretativa das respostas dos alunos, é possível expressar o seguinte código:

- (i) Resistências a mudanças é natural do ser humano, isso se reflete na atividade científica, uma vez que ela resulta da ação humana.

**Apanhado do questionário**

Esse processo de investigação dos conhecimentos prévios dos alunos serviu de base para o planejamento sequencial, tanto da UEPS (1) como da UEPS (2), pois algumas proposições do questionário convergiram com os aspectos da ndc explorados na segunda sequência didática. A fim de que esse instrumento pudesse auxiliar na busca de indícios de aprendizagem significativa, essas primeiras ideias dos estudantes foram comparadas, ao longo desta análise, com os outros instrumentos, em busca de evolução conceitual.

De modo a que o perfil de cada aluno torne-se delineado de maneira mais concisa, é apresentada, a seguir, a Tabela 4, que organiza os escores individuais de resposta. A fim de que esse dado ilustre de forma mais concreta a real compreensão de cada aluno, essa organização é pautada nas justificativas apresentadas para cada tema. Ou seja, aquelas questões que foram assinaladas em nível de concordância, mas a justificativa demonstrava discordância, ou vice-versa, serão consideradas de acordo com a justificativa e não com a alternativa assinalada.

Tabela 4: Escores totais do questionário inicial

Aluno	Pontuação considerada (alternativa assinalada/justificativa) por questão								Total
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	
A	4	5	5	4	5	5	5	5	38
B	2	4	5	5	3	2	3	5	29
C	5	3	4	4	3	5	4	5	33
D	2	1	4	5	4	1	1	5	23
E	4	1	4	5	2	2	1	5	24
F	4	3	5	5	5	2	2	5	31
G	2	4	5	5	4	3	4	5	32
H	4	4	5	5	5	5	3	5	36
I	2	3	4	2	1	2	4	4	22
J	2	2	4	3	3	1	1	4	20
K	2	2	3	2	5	5	2	4	25
L	3	5	4	5	3	3	3	5	31
M <sup>50</sup>	4	5	5	4	5	5	5	5	38
N	4	4	4	5	5	5	1	5	33

Fonte: Elaborada pela pesquisadora (2017).

## Comentários gerais sobre o Instrumento 1

Um fator importante produzido no âmbito da discussão em grupo trata do aluno M, que já havia cursado a disciplina no semestre anterior, com aproveitamento máximo, e obteve escore 38 de um total de 40 no questionário. Isso, desde já, aponta o potencial da disciplina e de seus livros para fomentar discussões sobre a natureza da ciência. Assim, esse aluno levantou tópicos de discussão que certamente contribuiriam para enriquecer a experiência dos demais alunos sobre a temática em debate. Além disso, os outros olhares de M, assim como os do aluno A, por exemplo, que também teve escore alto, ofereceram situações-problema

<sup>50</sup>O aluno M é ouvinte da disciplina e já a cursou no semestre anterior.

introdutórias, pois esses alunos, ao citarem exemplos e argumentarem com segurança, trazendo aspectos, possivelmente, não pensados pelos outros, já estavam contribuindo para chamar atenção de certos aspectos da ndc aos colegas.

De maneira geral, as respostas e o escore individual de cada aluno mostraram que eles têm concepções sobre a ndc mais ou menos adequadas sobre a ndc, com alguns casos específicos que merecem mais atenção. Alguns estudantes deram a notar, inclusive, que compreendem algumas sutilezas da construção do conhecimento científico, o que indica que já possuíam reflexões e leituras anteriores sobre o assunto. À vista disso, o trabalho desenvolvido na UEPS (1) se deu em torno de potencializar alguns pontos de discussão sobre algumas concepções e oferecer outros pontos de vista sobre o trabalho científico. Por exemplo, foi possível perceber que certos alunos ficaram inseguros quanto à exemplificação das suas respostas. Outros contradiziam sua própria justificativa, tentando encontrar uma brecha para argumentar a favor ou contra a mesma asserção e, dessa forma, acabavam demonstrando insegurança e dúvida.

Há por se dizer que essa sondagem inicial pareceu movimentá-los, deixá-los inquietos. Algo pareceu tentar se desnaturalizar para além do interesse em responder o questionário. Esse instrumento fez com que eles pensassem, talvez, o impensável, revirou concepções e abriu um espaço cheio de perspectivas e de potencialidades para futuras discussões.

### **5.3.2 Instrumento 2: Discussão de trecho de filme (UEPS 1)**

Em uma das aulas, após as discussões iniciais do capítulo da “A física aristotélica” de Peduzzi (2015a), foi apresentado um trecho do episódio “*A Bullet Runs Through It - Part II* (Bala Perdida - Parte II)” da sexta temporada da série CSI (*Crime Scene Investigation*). Primeiramente a pesquisadora explicou do que se tratava a série de investigação criminal, descreveu o contexto da situação que seria apresentada e, após, exibiu a película.

Nas cenas selecionadas (período de 36:30 a 37:40), o investigador forense Gil Grissom está dentro de uma igreja para fazer esclarecimentos a uma comunidade onde ocorreu um crime de assassinato a uma criança. Tal crime foi desenrolado em uma perseguição policial onde houve um tiroteio e a criança foi baleada. Há suspeitas de que a bala que a atingiu saiu da arma de um dos policiais, que iniciaram os disparos de maneira equivocada. A família do menino e a comunidade estão cobrando respostas do xerife e, por isso, o investigador Grissom é enviado até a

igreja do bairro onde o menino morava para prestar explicações sobre o acontecido:

**Investigador:** “Olá, eu sou o Dr. Gil Grissom. Sou supervisor do turno da noite do laboratório criminal de Las Vegas. Não sou um policial, sou um cientista”.

**Pessoa da comunidade:** “Você trabalha para eles, você é um deles, não está do nosso lado”.

**Investigador:** “Na verdade eu sou um especialista em ciência forense. O meu trabalho é identificar, recolher e examinar provas do local do crime. Para determinar quem fez o quê a quem, e como é que o fizeram. O Prefeito e o Xerife Burdick pediram-me para vir aqui hoje apresentar à esta comunidade a nossa análise às provas deste caso”.

**Pessoa da comunidade:** “Por que eles não estão aqui? Por que havemos de acreditar nas vossas provas?”

**Investigador:** “Provas físicas não enganam. Não mentem. Não são influenciadas por emoções ou preconceitos. Não são iludidas pelo calor do momento. Estou aqui, nesta casa de Deus, para vos explicar a verdade, acerca do que aconteceu naquele dia”.

Os alunos, que estavam sentados, observaram, atentamente, ao vídeo. Iniciou-se daí a conversa sobre o assunto, com as impressões que as cenas provocaram ao olhar da pesquisadora:

“E a impressão geral que o filme passa é de que, o conhecimento científico não pode ser contestado; que os cientistas são neutros, que eles não são influenciados por nada e ninguém. Como ele disse: a ciência não é influenciada pelo calor do momento, o cientista não tem emoções, nem crenças...”

E continuou...

“Vocês já estão percebendo, pelas nossas discussões em aula, que a História da Física mostra que as coisas não são exatamente da forma como o CSI trouxe. O desenvolvimento do conhecimento envolve muitas nuances, complexidades, sutilezas e, muitas vezes, há grandes influências. Além disso, essa imagem de um cientista que

*limpa a mente e faz observações neutras não coaduna com as características da História que estamos discutindo no decorrer das aulas”.*

O aluno N, aproveitando os comentários da pesquisadora, fez a ela uma pergunta:

*“Você chegou a fazer laboratório?”*

A mestranda responde que sim, então, o aluno continua:

**Aluno N:**

*“Então, não sei se foi só uma impressão minha, mas o fato de a gente saber qual é a resposta, influenciava totalmente a gente. Então, a gente procurava chegar na resposta certa. E quando não dava certo, a gente fazia o clássico, apagar e fazer de novo para chegar na resposta. Poderia ter algum problema, mas a gente tentava forçar o resultado, e a gente acabava perdendo, tipo... Por que deu errado? A gente não chegava a se preocupar com isso. Então eu acho que nesse caso, a gente já estaria tentando escurecer o que a gente já aprendeu. E além disso eu acho que, as vezes, quando a gente chegava no resultado, quando a gente não deixava se influenciar muito pelo que a gente esperava, a gente, por exemplo, o trabalho que a gente teve que fazer de atrito, a gente considerava um corpo, com uma área, metade da área do outro lado, a gente chegou que dobrava o atrito, quando a área era maior, isso está errado, hoje a gente sabe. Se a gente tivesse se influenciado, talvez a gente poderia tentar entender por exemplo, por qual razão deu errado. Eu acho que no laboratório, a gente tinha que fazer o relatório e as vezes não entendia nada”.*

O aluno relacionou as falas do vídeo com as aulas de laboratório que fez no curso de física. Aulas essas em que, basicamente, segundo a turma, eram dados roteiros para que seguissem e chegassem, ao final, em certas conclusões. Depois de realizar os procedimentos, eles desenvolviam um relatório com a “parte” matemática e gráfica do que havia sido desenvolvido no laboratório. A impressão que dá ao ler o Aluno N, depois, ainda, reforçada pelos comentários dos colegas, é que esse tipo de atividade transmite certa visão de que a investigação

científica sempre culmina em um resultado final e correto. Que só tem um caminho a ser seguido e que se acontecer algo diferente do previsto é devido a algum erro. Também, de acordo com as colocações desse aluno, saber que existia um ponto específico a ser buscado influenciava a forma como ele trabalhava no laboratório, pois ele já tinha uma ideia inicial do que estava buscando encontrar.

A interpretação de N sobre o vídeo apresentado é interessante pela direção que toma em relação ao trabalho científico não ser neutro, dado que até mesmo no laboratório da graduação ele era influenciado pelo resultado final que haveria de alcançar. O aluno tentou argumentar que a forma sob a qual fazia as observações e procedimentos tinham, de certa maneira, uma espécie de conhecimento inicial. As colocações dele evidenciam que se algum fator externo intervisse no experimento, os alunos não deveriam se deixar influenciar, pelo fato de que atrapalharia o caminho até o resultado final. Ele enfatizou que se, talvez, eles prestassem atenção no significado do “erro” poderiam aprender mais, mas sempre tentavam ignorar qualquer coisa que acontecesse fora do previsto, pois essa era a concepção sobre o experimento que tinham até então.

Em outro momento da discussão, o aluno A levantou outro ponto bastante específico do vídeo. Evidenciando o local em que o investigador estava a falar para a comunidade:

**Aluno A:**

*“Sobre o vídeo do CSI, eu achei interessante que no vídeo ali, depois que tu falou que eles estavam na igreja é que ficou mais claro pra mim, eles ainda mostram uma imagem que as pessoas estavam se abanando, estavam com calor ali. Então ele mostra uma separação entre o religioso e a ciência, cria essa ruptura, que eu acho que provavelmente tem relação com o fim da Idade Média ali né, quando entram essas novas ideias e coloca abaixo os dogmas da Igreja. Até hoje as pessoas carregam isso, como se não houvesse possibilidade de os dois conviverem juntos”.*

**Pesquisadora:**

*“Interessante essa colocação né, no filme eles apareceram na igreja, nós poderíamos ver isso fora do contexto da ciência. Por que ele tomou aquele posicionamento? Bom, ele está falando com os fiéis, ele tem que falar a verdade, ele tem que ser justo. Interessante esse ponto aí. Eu estava tentando ressaltar a forma como ele fala da investigação*

*científica, o observador não vai se deixar levar por impressões pessoais, o cientista é um ser que examina imparcialmente os resultados. Mas a gente poderia voltar para outro plano, ele está no templo de Deus e está colocando outros valores também, por exemplo, que o cientista é correto, uma vez que na religião são esses valores que são passados. Então dependendo do contexto onde a gente está colocando as coisas, a gente tem que falar para o público aquilo que ele quer ouvir. Ele não está falando para uma escola de investigadores, ele está falando para um outro público, sobre outras coisas”.*

### **Aluno H**

*“Ele tinha que passar certeza sobre o que ele estava falando, porque ele estava falando sobre um crime numa igreja, se não representasse ser uma força maior do que eles poderiam entender ali, os caras iam rechaçar ele”.*

Pesquisadora:

*“Ele está passando a ideia de que, eu sou competente e sou isento, e vou ter a técnica para chegar na resposta”.*

Essas características levantadas na discussão a partir do vídeo podem ilustrar que o investigador forense é tão neutro e tão honesto com os seus dados que ele está na casa de Deus para falar àquelas pessoas que encontrará a solução para o crime. O vídeo, proporcionando essas discussões, movimentou a percepção dos alunos quanto a comparar e contrastar a imagem de ciência que o audiovisual trouxe e o que estavam estudando a partir da História da Física com as discussões nas aulas decorridas até o momento.

As falas selecionadas ilustram os caminhos que a discussão tomou e quais as impressões dos alunos, até agora, sobre a natureza da ciência. Essas impressões da ndc foram exploradas em aulas anteriores através da História da Física, por meio de exemplificações e contraexemplificações da ndc, por exemplo, quando o filósofo grego Filolau e os astrônomos gregos Heraclides e Aristarco estruturam sistemas cosmológicos.

O filósofo grego, seguidor de Pitágoras, Filolau de Tarento (480 a.C. – 400 a.C.) acreditava que não era a Terra o centro do universo. Em seu lugar ele cogitava a existência de um fogo central, ao redor do qual orbitavam a Terra e os demais corpos celestes. Por sua vez o astrônomo grego, discípulo de Platão, Heraclides de Pontos (375 a.C. – 310 a.C.)

formulou um modelo segundo o qual os planetas Vênus e Mercúrio giravam em torno do Sol e este juntamente com os demais planetas (incluindo a Lua) contornavam a Terra, que também era girante, porém em torno de seu próprio eixo. Por outro lado um modelo heliocêntrico, que parece ter sido formulado pela primeira vez pelo astrônomo grego Aristarco de Samos (310 a.C. – 230 a.C.), tentava explicar também o sistema cosmológico. Para Aristarco, o centro do mundo era o Sol, que ficava imóvel e tinha a Terra e os demais planetas orbitando ao seu redor.

Essas tentativas de explicar o comportamento dos astros podem exemplificar que as observações não são neutras, uma vez que todos os pensadores observavam o mesmo céu, os mesmos movimentos dos corpos celestes, mas chegavam a conclusões diferentes. Além disso, é possível verificar, por exemplo, que a ideia do fogo central de Filolau era influência dos pensamentos pitagóricos compartilhados pelo grupo a que ele pertencia.

Da análise desse instrumento é possível perceber dois códigos:

- (i) As observações, na investigação científica, são direcionadas (têm uma ideia inicial).
- (ii) O trabalho científico não é neutro, sofre influências de diversas naturezas.

### **5.3.3 Instrumento 3: Dinâmica em forma de debate (UEPS 1)**

O instrumento três trata do debate realizado a partir da discussão do capítulo: “A física da força impressa e do *impetus*” de Peduzzi (2015a). Inicialmente, os alunos discutiram os conteúdos do capítulo, onde o professor comentou sobre os tópicos principais do assunto, e os alunos fizeram colocações e tiraram dúvidas. A pesquisadora chamou atenção dos estudantes, quando oportunamente, sobre a presença de características da ndc que poderiam ser exemplificadas pela História da Física. No segundo momento da aula, o professor da disciplina não se envolveu diretamente com a atividade e a pesquisadora guiou o desenvolvimento de uma dinâmica em forma de debate.

Os alunos haviam lido o capítulo e já haviam sido avisados que nesta aula aconteceria uma atividade diferenciada. Primeiramente, foi solicitado a eles que se separassem em grupos com três alunos, sendo que nesta aula estavam presentes 11 alunos (A, B, C, D, E, G, H, I, J, L, N). O aluno F estava com problemas de saúde e o aluno K não compareceu. Dessa forma, foram formados três trios e uma dupla, de acordo com as escolhas dos próprios estudantes.

Foi explicado a eles que a atividade seria uma dinâmica que envolveria o debate entre: a dupla Aristóteles e Filoponos e entre o Duque Francesco Maria D'Urbino e Niccolò Tartaglia. Pensando nesses personagens (que estavam presentes no capítulo de discussão dessa aula) cada grupo escolheu um, de modo a defendê-los. A divisão ficou assim:

1. Filoponos: alunos H, A e I
2. Aristóteles: alunos N e C.
3. Duque: alunos L, B e G.
4. Tartaglia: alunos D, J e E.

Após a formação, a pesquisadora passou em cada grupo e explicou a tarefa de enfatizar as ideias do estudioso, de acordo com o conteúdo do capítulo. Foi solicitado aos grupos aristotélico e Filoponos para buscar uma demonstração da característica da *ndc* que retratasse as resistências com as quais novos corpos de conhecimento encontram ao tentarem se instituir. Na ocasião, o grupo aristotélico se envolveria em demonstrar que seu corpo de conhecimentos era predominante na época e seus adeptos criavam resistências a ideias novas. Já o grupo Filoponos deveria tentar ilustrar a dificuldade que os novos conhecimentos enfrentam no processo de substituição de teorias.

Nos grupos Duque e Tartaglia, a ênfase consistia, basicamente, na concepção do Duque em defender a explicação dos fenômenos através dos dados puros e na contra argumentação de Tartaglia, o qual alegava que antes de tudo era necessária uma concepção teórica inicial.

Como forma de organizar as etapas de discussão do capítulo entre os grupos foi combinado o tempo de aproximadamente 10 minutos para que cada grupo traçasse seus argumentos, mas os alunos utilizaram, além desse tempo, mais 12 minutos. Após esse período, o grupo de Filoponos foi convidado a iniciar a atividade de exposição seguido do aristotélico.

A seguir, é apresentada, na íntegra, a sequência da dinâmica e, ao final, são realizados comentários gerais sobre a análise da atividade.

Grupo Filoponos:

**Aluno A:** *“Vimos em nome de Filoponos, queremos compreender melhor suas explicações sobre o movimento específico de projéteis”.*

Grupo aristotélico:

**Aluno N:** *“O que a gente acredita é que todo movimento se dá em um meio e o projétil, ele praticamente não tem nenhuma força. No entanto, o meio, ele é o próprio proporcionador dessa força. Então a gente acredita que,*

*por exemplo, uma bala de canhão quando está no ar, ela continua se movendo porque o próprio meio imprime essa força para esse projétil”.*

Grupo Filoponos:

**Aluno H:** *“Então a tendência dele é seguir sempre ao infinito então? Porque se o ar da frente vai recompor o que está faltando atrás, a ideia é que ele vai seguir sempre adiante”.*

**Aluno I:** *“Além disso, quanto mais ar ele estiver empurrando, mais ar estará sendo impresso a ele, então cada vez vai ser maior essa força que o meio está cedendo ao projétil, então maior vai ser a velocidade dele”.*

Grupo aristotélico:

**Aluno N:** *“Mas o ar, além de impulsionar o projétil e imprimir essa força, ele também causa resistência. Isso significa que ao mesmo tempo que ele mantém o movimento, não necessariamente aumenta a velocidade, ele reduz a velocidade considerando que o ar é um fator de resistência pra esse projétil”.*

**Aluno C:** *“Ou seja, a mesma força que está impulsionando o projétil é a mesma força que está “freando”. Então existe uma força empurrando, porém existe uma resistência também, que, pode ser maior”.*

Grupo Filoponos:

**Aluno H:** *“Mas não é meio fantástico isso? Imaginar que o próprio meio que te dá o movimento, pode retardar ele? Quem vai ganhar nisso tudo? O meio, mas qual o meio, o movimento ou que resiste?”.*

Grupo aristotélico:

**Aluno N:** *“Eu acho engraçado tu falar que essa explicação é fantástica, quando aquele que você defende [Filoponos], quando ele considera que o vácuo existe e não existe nenhuma resistência para parar o movimento, ele continua a se mover e no final ele para de se mover. Sendo que você considera o universo finito. Ele para por quê?” (pausa)*

**Aluno N** (continua): “*Existe vazio, mas a partir do momento que eu aplico uma força, ele deveria ir para o infinito, mas vocês não consideram o infinito... Isso também é estranho*”.

Grupo Filoponos:

**Aluno A:** “*Bom, de qualquer forma na filosofia da natureza que o senhor Aristóteles propõe, existe a relação, de que quanto mais de um elemento um objeto tiver, tanto fortemente mais ele vai ser atraído em direção à aquilo que é da sua natureza. Por exemplo, a pedra e a terra. No entanto o experimento nos mostra que duas pedras com pesos completamente diferentes, vão chegar no chão com a mesma velocidade, vão chegar ao mesmo tempo*”.

**Aluno I:** “*Além disso, se a ideia de que o ar que está sendo deslocado para baixo vai empurrar o objeto para baixo, não seria essa força que o ar vai fazer uma pedra cair ou não, não aceleraria ainda mais os objetos? Eles não deverão cair mais rápido e portanto ter uma diferença de tempo, ao invés do que o experimento mostra, que parece que eles estão caindo ao mesmo tempo?*”

Grupo aristotélico:

**Aluno N:** “*Em relação à primeira colocação, a gente tem que ver que a questão aqui, de a gente considerar a matemática, não é muito importante aqui na Terra. A questão da matemática é mais importante para quando a gente está trabalhando com a astronomia. A questão do filósofo é a gente explicar os conceitos físicos, a gente não tem que se preocupar com a matemática na terra, que é um mundo imperfeito*”.

Grupo Filoponos:

**Aluno A:** “*Mas a gente está apontando uma inconsistência na sua explicação*”.

Grupo aristotélico:

**Aluno N:** “*É, e eu estou falando que a gente não se importa, não nos interessamos pela matemática na Terra*”.

(risos)

No desenrolar dessa conversação, pediu-se para que os grupos concluíssem-na tendo em vista o pouco tempo que permitia a aula. Salienta-se, no entanto, que se houvesse um espaço de tempo maior (que o tempo da aula), possivelmente a discussão envergaria para outras arestas de argumentações.

O objetivo inicial do debate era verificar o nível de compreensão dos alunos sobre as ideias principais do conteúdo estudado da História da Física e, como um pano de fundo, se eles conseguiriam argumentar de maneira evidente que a física aristotélica era prevalecente naquele momento da história. Mesmo que Filoponos propusesse uma nova concepção para o movimento de projéteis, a ideia do movimento natural de Aristóteles ainda predominaria, afinal, o objeto sempre teria que voltar para o seu lugar natural. Outro ponto que deveria ser enfatizado, e que foi salientado na discussão, foi o de que, mesmo Filoponos tentando desenvolver um novo corpo de conhecimentos, ainda mantinha a base aristotélica do funcionamento do mundo.

Os alunos demonstraram que perceberam o sentido da predominância da Filosofia natural aristotélica e a influência desta na instauração de um novo corpo de conhecimentos. Eles ilustraram pelas suas falas que o processo de substituição de teorias não é um processo linear, ao contrário, é complexo. Os estudantes evidenciaram que não se tratava, simplesmente, de apontar inconsistências na Filosofia Natural aristotélica, uma vez que a comunidade adepta àquelas ideias não aceitou as críticas. Isso foi ilustrado ricamente pela fala do estudante N, quando ele ressaltou que a matemática não era importante para os aristotélicos.

De maneira geral, essa atividade foi potencializadora, permitiu aos alunos defender ideias, contra-argumentar posições, defender pontos de vistas, discutir sobre outro ponto de vista e, assim alcançar os propósitos previstos. Algumas situações, como, por exemplo, o argumento dos alunos em utilizar experimentos, que não condiz com a realidade da época, foi comentado e elucidado na aula seguinte. O sucesso dessa primeira parte do debate pode ser explicado pela compreensão inicial dos alunos sobre essa característica da ndc, pois eles já demonstraram ter consciência das resistências que as novas teorias enfrentam, pois exemplificaram muito bem essa proposição, no questionário inicial. De qualquer forma, com essa atividade, o aluno pôde ver com mais clareza o processo da substituição de corpos de conhecimentos em relação às resistências que esse processo culmina.

O próximo momento envolveu o debate entre o grupo Duque e o grupo Tartaglia, sendo o primeiro convidado a iniciar as discussões, seguido do outro:

Grupo Duque:

**Aluno G:** *“Vendo o movimento de um projétil, se você já ficou atrás de um canhão quando você atira, ou ficou atrás de um arqueiro quando ele atira, é bem claro a trajetória que faz. Principalmente se você estiver perto de quem está lançando, você vê uma linha reta entre o braço do arqueiro e o alvo; tanto que nenhum arqueiro nunca mira para cima para acertar no alvo, ele vai mirar em linha reta”.*

Grupo Tartaglia:

**Aluno D:** *“Mas essa é só uma análise crua assim da tua observação, você não está vendo o que tem por trás disso”.*

Grupo Duque:

**Aluno G:** *“Mas o que tem por trás?”*

Grupo Tartaglia:

**Aluno E:** *“Existe toda uma teoria que você pode desenvolver por trás, por exemplo, você pode realizar o experimento de um arqueiro fazendo um tiro a uma velocidade inicial muito baixa, aí você não vai encontrar a reta, você vai encontrar uma curva. É isso que a gente está defendendo, que todo movimento oblíquo, por menor que seja o intervalo de espaço nunca vai ser reto, ele vai ser sempre curvo, uma vez que depende principalmente da velocidade”.*

**Aluno D:** *“O que nós defendemos é que, se você pensar, por exemplo: ah, mas num pedaço infinitesimal ele vai ser reto, mas por menor que seja a distância ele vai sofrer sempre um pouco da ação da gravidade, por isso vai ser curvo”.*

Grupo Duque:

**Aluno G:** *“A gravidade só vai conseguir agir depois que esse corpo tiver uma velocidade muito baixa, enquanto ele estiver correndo em velocidade suficiente, a gravidade não vai ter efeito nenhum sobre ele, por isso que nós vemos movimento em linha reta. A gravidade só consegue ter força sobre o movimento em velocidades baixas, a partir de certo valor – que depende de parâmetros como objeto e como meio – aí a gravidade consegue sobrepujar a força de*

*movimento que o projétil tem, e aí trazê-lo para baixo. Mas isso é só para velocidades muito baixas que não são interesse quando você está lidando da proximidade do atirador, ou quando você está querendo ver trajetórias de projéteis, uma vez que essas, geralmente, são em altas velocidades”.*

Grupo Tartaglia:

**Aluno D:** *“Não, mas aí nas variações de velocidade você vê a curva, ela está agindo [a gravidade] independente da velocidade a gravidade está ali”.*

Grupo Duque:

**Aluno L:** *“Tá, mas vocês concordam que, quando eu solto uma pedra, por exemplo, ela vai em linha reta para o solo, certo? Isso vocês concordam, quando eu joga a pedra para cima, ela também vai em linha reta. Então por que, jogando em uma outra direção, por exemplo, a bala de canhão não sairia em linha reta? Por que a gravidade continua nos dois lugares? [nas duas direções]”.*

**Comentários dos dois grupos:** *“Na verdade nós não podemos usar a gravidade (risos)”.*

**Aluno E:** *“Estou tentando, mas não consigo encontrar outro argumento (risos)”.*

Grupo Tartaglia:

**Aluno J:** *“Mas quando você joga a bala em linha reta, você verá ela querendo descer, a cada momento ela quer descer”.*

Grupo Duque:

**Aluno L:** *“Então, ela vai descrever uma linha reta, em cada momento”.*

Grupo Tartaglia:

**Aluno J:** *“Não, porque ela vai querer descer, a cada momento”.*

Grupo Duque:

**Aluno G:** “A cada momento ela vai querer traçar uma reta diferente, como por exemplo, quando eu lanço um certo projétil, no exato instante que ele sai da minha mão ele traça uma linha reta entre de onde eu joguei e pra onde ele vai. Quando a velocidade dele baixa, a partir de certo limite, existe algum tipo de força que consegue ter uma ação maior sobre ele, que antes não tinha. Então essa reta a partir desse ponto, ela começa a tender mais à direção que essa força está puxando. Mas ele continua, ele perdeu um pouco de força e um pouco de velocidade, e agora ele perdeu a capacidade de ascender. Mas então ele continua em linha reta numa nova direção. Depois que ele perde velocidade suficiente aí sim ele continua entortando esse movimento cada vez mais, mas a cada período de tempo, a cada velocidade que ele assume, ele traça uma linha reta’.

Grupo Tartaglia:

**Aluno J:** “Mas no início, quando você está a grande velocidade você já vai ter uma mínima interação da gravidade, então ela já vai curvando imperceptivelmente”.

**Aluno D:** “Você não consegue perceber visualmente mas ela vai inclinando’.

Grupo Duque:

**Aluno L:** “Então, se você não consegue perceber visualmente, como que você consegue provar isso?”

**Alunos em geral:** “Por que historicamente o Tartaglia perde? (risos)”.

**Aluno D:** “É que principalmente nessa época, o visual era mais importante né. Era baseado naquilo que eles viam, a observação”.

Nesse momento, o debate é interrompido, novamente pelo tempo de aula, e são realizados comentários sobre a segunda parte da dinâmica, ressaltando, principalmente, os problemas da interpretação ateorica do fenômeno pelo Duque. Enfatizou-se aos alunos que a posição do Duque poderia ser intitulada de empírico-indutivista e ateorica e que ela contrariava o significado da proposição da ndc3 (sobre os dados por si só não gerarem conhecimento) que estava sendo estudada.

O objetivo do segundo debate era verificar o modo como os alunos pensavam a respeito de que a visão do Duque era somente baseada no que ele via, que ele não tinha reflexões iniciais ou concepções teóricas sobre o fenômeno. Foi possível verificar nos apontamentos dos estudantes que o Duque fez observações puras, “dado cru” como eles utilizaram o termo. Eles enfatizaram que ele não tinha uma concepção teórica “por trás” das suas interpretações e que, por isso, estava equivocado em dizer que o movimento do projétil era retilíneo. Os alunos enfatizaram a ideia de que Tartaglia tomava teorias para suas explicações. Esses pontos mostram que os estudantes já tiveram uma certa evolução sobre a concepção atórica da construção do conhecimento, pois a questão 7 do questionário, que envolvia esse assunto, teve um escore baixo.

A partir da análise dessa atividade, foi possível perceber os seguintes códigos:

- (i) Os novos corpos de conhecimento enfrentam dificuldades para ganhar espaço na comunidade científica.
- (ii) Os dados sozinhos, “crus”, não geram conhecimento, é necessária uma base teórica e reflexiva para não gerar ideias de forma empírico-indutivista.

#### **5.3.4 Instrumento 4: Diário de campo da pesquisadora (UEPS 1)**

O diário de campo reflexivo da pesquisadora foi utilizado como instrumento de pesquisa em que trouxe percepções que emergiram de uma aula. Trata-se, então, não de falas dos alunos, mas sim de impressões que marcaram a pesquisadora nas atividades desse encontro. Como explica Falkembach (1987), o diário de campo é um instrumento importante para a investigação qualitativa, uma vez que possibilita analisar as reações, ações e interações promovidas pelas atividades de uma unidade de ensino.

Esse diário de campo descreve, então, uma aula em que os alunos foram convidados a encaminhar as discussões, onde deveriam exemplificar através da História da Física presente no capítulo 6 “A física de Galileu” (PEDUZZI, 2015a), as três características da ndc, até então enfatizadas no grupo. Para melhor síntese e organização do desenvolvimento da discussão, cada aluno recebeu uma folha compondo as três ndc:

*ndc1. O trabalho científico é influenciado por fatores políticos, sociais, religiosos, afetivos, convicções pessoais; a ciência é um empreendimento humano que não se desenvolve isoladamente e de maneira neutra.*

**ndc2.** A aceitação de novos conhecimentos nada tem de trivial, a substituição de teorias envolve persuasão, disputas e grandes períodos de resistência;

**ndc3.** A construção do conhecimento por meio de observações ou experimentações neutras, que não envolvem vínculos do observador/experimentador com o fenômeno, é uma falácia; os dados por si só não geram conhecimento.

Íntegra do diário de campo da aula de 06/04 – 7º encontro:

*“No início da aula foi falado aos alunos que a dinâmica seria diferente, conforme havia sido combinado na aula anterior. Em vez de eu ficar chamando a atenção deles para os fatos históricos que representam as concepções da ndc, eles mesmos argumentariam sobre a relação das proposições com o capítulo 6. Neste dia o professor titular da disciplina não se envolveu diretamente na discussão, apenas ficou observando o andamento da aula e quando surgia alguma dúvida muito específica sobre a História da Física ele intervinha.*

*Em primeiro lugar os alunos começaram a falar sobre Galileu e o telescópio. Comentaram a respeito das "descobertas" que ele fez apontando o objeto para o céu. Sobre isso, eles fizeram ligações com as proposições, falaram que as observações de Galileu foram guiadas pelas suas convicções teóricas, que estavam alinhadas ao heliocentrismo, pois se ele fosse um aristotélico, não poderia conceber a ideia de uma Lua imperfeita. Para enriquecer o comentário dos alunos chamei atenção ao fato de Harriot também ter apontado o telescópio para o céu, mas não ter percebido e interpretado da mesma maneira que Galileu, pelas suas concepções teóricas. E, que, depois que Galileu publicou os seus trabalhos, Harriot fez novas considerações a respeito de suas observações, influenciado assim, pelas ideias de Galileu. Foi enfatizado, então, que as observações não são neutras em momento algum da construção do conhecimento. Isso ficou bem claro nessa parte histórica do desenvolvimento do conhecimento físico.*

*Os alunos também chamaram a atenção para o fato de Galileu conseguir visualizar quatro luas em Júpiter. Nesse momento argumentei com eles, que o dogma da física aristotélica estava sendo posto à prova, pois, essa ideia enfatizava que havia mais de um centro de rotação no universo, e isso ia contra a concepção de que a Terra deveria ser o único centro de rotação do universo. Essa foi uma das ideias para que o novo corpo de conhecimentos que estava sendo exposto por Galileu não fosse aceito e que os aristotélicos criassem resistências, pois encontrar outro*

*centro de rotação colocava em cheque a ideia de que tudo girava ao redor da Terra, que era um dos preceitos fundamentais da física aristotélica.*

*Sobre o caso de Scheiner, os alunos argumentaram que estava mais do que claro no capítulo, pois o autor do livro enfatizou bem a ideia de as observações não serem neutras e estarem impregnadas de teoria na observação das manchas solares por Scheiner e por Galileu.*

*Os alunos chamaram a atenção para o tipo de crítica que foi levantada a respeito do telescópio de Galileu, pois os aristotélicos por terem suas concepções, aventavam a ideia de que não se tinha uma teoria óptica para esse objeto e por isso ele não poderia ser confiável. Também acharam forçosa a ideia de Ludovico Dele Colombe, de que a Lua estaria revestida por um cristal que tinha manchas e imperfeições. E também os argumentos de Scheiner, que dizia que existiam corpos que eclipsavam o Sol, e que ficavam entre o observador e o astro. Eles levantaram a relação com a proposição 2, que mostra as resistências aos novos corpos de conhecimento.*

*Chamei a atenção, novamente, para as concepções teóricas de cada um e as explicações que eles davam para cada fenômeno. A turma entrou em uma grande discussão sobre Scheiner e Galileu. Será que eles viam as mesmas coisas ou não? Alguns acreditavam que eles viam a mesma coisa, mas interpretavam diferente, e outros diziam que eles não viam as mesmas coisas, pois as concepções teóricas de cada um influenciava no modo de ver as coisas.*

*Foram feitos breves comentários sobre o milagre de Josué e sobre a condenação de Galileu, pois a condenação seria discutida na próxima aula. Sobre esses dois fatos, os alunos argumentaram que é visível a influência da Igreja nesse período, a qual tenta atacar de todas as formas, seja pela Bíblia ou pela força da Inquisição, que punia qualquer pessoa que não defendesse o seu ponto de vista.*

*Ao final, a conclusão é de que os alunos mostraram uma compreensão profícua das três características que estão sendo elencadas desde o início do semestre. O desenvolvimento da aula, guiado pela listagem, fez com que os alunos prestassem mais atenção naqueles aspectos, que antes eram mais lembrados por mim (antes eles comentavam alguns detalhes da história com as características da ndc, mas com a listagem nas mãos eles reforçaram muitas ideias e mostraram um grau alto de compreensão). Saliento que o trabalho com as listas, desde que bem explorado, explicado e contraexemplificado, é uma ferramenta bastante útil para mostrar aos alunos a presença dessas concepções na história”.*

A partir desse trecho do diário de campo, foi possível perceber, ainda, que os alunos abriram horizontes para outros entendimentos em relação às características da ndc, certamente em decorrência das leituras do livro “Força e movimento de Thales a Galileu” (PEDUZZI, 2015a) e das discussões durante as aulas. É notável a evolução das compreensões, em comparação com o questionário inicial, o que mostra que a UEPS (1) está se tornando potencializadora em suscitar compreensões mais amplas da ndc.

A análise desse diário de campo aponta para três códigos:

- (i) As observações não são neutras.
- (ii) Novas ideias encontram resistências perante a comunidade científica.
- (iii) Fatores religiosos influenciaram o desenvolvimento da ciência.

### **Codificação focalizada**

Os códigos manifestados até aqui salientam uma intersecção aos que emergiram das análises dos outros instrumentos. Dessa forma, a partir dessa codificação, é possível perceber a emergência de categorias axiais. Essas categorias foram instituídas com base na codificação inicial, onde as palavras, linhas e segmentos analisados apresentavam intersecções para pontos comuns e, como consequência, surgiram os códigos da codificação focalizada. Vários códigos focalizados emergiram das análises dos instrumentos após a codificação inicial. O Quadro 3 abaixo mostra os códigos focalizados e a categoria axial que surgiu a partir da análise focalizada.

Quadro 3: Codificação dos instrumentos

Códigos que emergiram das análises	Categorias axiais
O conhecimento pode surgir a partir de outras teorias; não necessariamente da observação.	As expectativas direcionam a observação científica; não existem observações neutras.
O conhecimento pode surgir a partir da reflexão, ideias, intuição; não necessariamente da observação.	
As observações científicas são influenciadas pelas concepções teóricas iniciais do investigador.	
Os cientistas devem ser neutros em suas observações para chegarem a resultados confiáveis.	

Os dados sozinhos, “crus”, não geram conhecimento, é necessária uma base teórica e reflexiva para não gerar ideias de forma empírico-indutivista.	
O experimento é importante para a construção do conhecimento.	
É possível construir conhecimento sem experiência (como gênese necessária deste conhecimento).	
O conhecimento surge através de observações da natureza.	
As observações não são neutras.	
As observações, na investigação científica, são direcionadas (têm uma ideia inicial).	
Visão de ciência neutra que se desenvolve isoladamente.	
Compreensão de que o trabalho científico sofre influências de diversas naturezas	
A prática científica não sofre influências extracientíficas.	
Há influências, mas elas atrasam o desenvolvimento científico	
Há influências, mas, idealmente, não deveria existir.	
Fatores religiosos influenciaram o desenvolvimento da ciência.	
O trabalho científico não é neutro, sofre influências de diversas naturezas.	
A criatividade e imaginação são importantes para a elaboração e sistematização do conhecimento.	
O conhecimento científico possui caráter provisório.	
Os novos corpos de conhecimento enfrentam dificuldades para ganhar espaço na comunidade científica.	
Novas ideias encontram resistências perante a comunidade científica.	
Resistência a mudanças é natural do ser humano, isso se reflete na atividade científica, uma vez que ela resulta da ação humana.	
A ciência possui uma verdade final que nunca se modifica.	
	O trabalho científico é sensível a influências de várias naturezas.
	A substituição de corpos de conhecimento é um processo complexo.

A construção do conhecimento exige uma seqüência de passos predeterminada.	Não se aplica para UEPS (1)
A ciência pode ser desenvolvida ou surgir das mais variadas formas.	

**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (2017).

Os códigos que emergiram somente do questionário, que são os últimos dois do Quadro 3, não apareceram novamente em nenhum instrumento. Por esse motivo, não constituem categorias a serem levadas em consideração neste momento. Porém, salienta-se que esses dois códigos focais, além de outros, ilustram características da ndc que serão exploradas na UEPS (2).

A codificação focalizada, a descrição de cada um dos instrumentos, e os diários de campo, demonstraram indícios de que houve uma evolução das concepções sobre a ndc na maioria dos estudantes, por efeito da UEPS (1). Esta discutiu e trabalhou, explicitamente, a exemplificação da ndc através da História da Física.

O último instrumento a ser analisado conta com a avaliação somativa individual da UEPS em questão. Nele, as categorias que emergiram através da análise dos outros instrumentos serão utilizadas para buscar, individualmente, indícios de aprendizagem significativa.

### 5.3.5 Instrumento 5: Avaliação somativa individual

Para esta avaliação, foi sugerido aos alunos fazer uma análise histórica, conceitual e filosófica de um filme de longa metragem e/ou um vídeo de animação, os dois sobre a História da Física presente na UEPS (1) – o filme “Ágora”<sup>51</sup> e a animação “Heróis clássicos: Galileu”<sup>52</sup>.

“Ágora”, também intitulado “Alexandria”, relata a história de Hipátia, filósofa e professora em Alexandria, no Egito entre os anos 355 e 415 d.C. Única personagem feminina do filme, Hipátia ensina filosofia, matemática e astronomia na Escola de Alexandria junto à Biblioteca. Resultante de uma cultura iniciada com Alexandre Magno, passando depois pela dominação romana, Alexandria é agitada por ideais religiosos diversos e o cristianismo convive de forma tensa com o judaísmo e a cultura greco-romana.

<sup>51</sup> ÁGORA. Produção de Álvaro Augustin, Fernando Bovaira, Simón de Santiago, José Luis Escolar, Jaime Ortiz de Artiñano. Espanha: distribuição Mod Producciones, 2009. 1 Dvd (130 min.): son. color. Legendado. Port.

<sup>52</sup> GALILEU GALILEI e MARIE CURIE. Grandes personagens da história. Diretor: Jason Connery. Animação, EU, 2010, 60 MIN.; cor. V.9.

Hipátia se dedica unicamente aos estudos de filosofia, matemática, astronomia, e sua principal preocupação, no relato do filme, é com o movimento da Terra em torno do Sol. Mediante os vários enfrentamentos entre cristãos, judeus e a cultura greco-romana, os cristãos se apoderam, aos poucos, da situação. Por fim, Hipátia se recusa a se converter ao cristianismo e é acusada de bruxaria. Uma multidão se reúne para matá-la, esfolando-a viva.

Já a animação “Heróis clássicos: Galileu”, também intitulado “Grandes personagens da história: Galileu”, apresenta o período da história em que Galileu estuda o heliocentrismo e, por isso, é acusado de heresia. O enredo inicia-se com Galileu ministrando aulas em uma universidade e explicando a seus alunos que o funcionamento do cosmos não é organizado da maneira como Aristóteles propôs. Colombe<sup>53</sup> espiona as aulas de Galileu e controla tudo que ele estuda. Assim, cada passo de Galileu é repassado ao Papa por Colombe como tentativa de acusá-lo de heresia. No decorrer do filme Galileu desenvolve seus estudos, publica seu livro “O mensageiro das estrelas”, e também faz o uso do telescópio para observar os astros, tudo com o auxílio de seu estudante, Sagredo. Por fim, Galileu é condenado por heresia a ficar enclausurado e é proibido de difundir suas ideias sobre o heliocentrismo.

Os alunos deveriam escolher trechos desses audiovisuais que exemplificassem as três características da ndc e ao mesmo tempo analisar a coerência histórica e conceitual dos momentos selecionados. Além disso, eles precisariam descrever o que entendiam sobre cada uma das três características da ndc que foram estudadas na UEPS (1). Esses aspectos da avaliação foram desenvolvidos para contemplar, concomitantemente, os objetivos da disciplina “Evolução dos Conceitos da Física” e também os propósitos da UEPS (1).

A análise da avaliação somativa individual deu-se a partir das categorias axiais definidas no Quadro 3. Como este trabalho procurou indícios de aprendizagem significativa e de evolução conceitual, foram buscados trechos da avaliação em que foi possível perceber a interpretação dos alunos referente a cada uma das três categorias. Isso foi comparado com o diário de campo e com os outros instrumentos para poder analisar se foi possível perceber indícios de aprendizagem significativa em cada um deles.

A classificação dos estudantes a respeito dos indícios de aprendizagem significativa levou em consideração características citadas

---

<sup>53</sup> Ludovico delle Colombe, um filósofo florentino de pouca expressão (PEDUZZI, 2015a)

por Moreira e Masini (2011), que podem ser compreendidas como evidências de aprendizagem significativa:

- (i) Posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis;
- (ii) Extensão, elaboração ou qualificação de conceitos;
- (iii) Interações entre os conceitos;
- (iv) Demonstração de detalhes e especificidades;
- (v) Diferenciação entre conceitos novos e ideias já estabelecidas (não tratar a nova proposição como um aspecto isolado);
- (vi) Aquisição de novos significados.

Para a análise deste instrumento foi realizado, inicialmente, um estudo individual da avaliação dos alunos, a fim de identificar, classificar e sintetizar os possíveis indícios, ou não, de aprendizagem significativa. Deste estudo emergiu uma classificação, que foi separada em quatro grupos:

- **Grupo 1:** alunos que já apresentavam, desde o início da intervenção, boas compreensões sobre a ndc e aperfeiçoaram suas percepções.
- **Grupo 2:** alunos que apresentavam, inicialmente, problemas de compreensões simplistas da ndc e tiveram um grande avanço.
- **Grupo 3:** alunos que apresentavam, inicialmente, algumas confusões quanto a alguns pontos específicos da ndc e apresentaram evoluções, mas certos pontos tiveram indícios apenas parciais de compreensão.
- **Grupo 4:** aluno que apresentou, inicialmente, compreensões inadequadas sobre a ndc e não demonstrou nenhum avanço.

A partir de agora, serão ilustradas perspectivas gerais desses agrupamentos e um aluno de cada grupo será utilizado para exemplificar o conjunto.

### **GRUPO 1:**

Os alunos pertencentes a esse conjunto foram: N, C, H e A. Esses estudantes tiveram os escores mais altos no questionário inicial, apontando desde o início compreensões mais adequadas sobre a ndc. Durante o andamento da intervenção, esse grupo teve participação assídua nas aulas e todos sempre demonstravam seus pontos de vista nas discussões em grande grupo e nas atividades propostas. Foi possível perceber, durante as mediações, que a UEPS (1) contribuiu para que esses

alunos pudessem ter exemplos concisos da ndc na construção do conhecimento, uma vez que seus pontos de vista, apreendidos pelo diário de campo, ilustravam exemplos cada vez mais coerentes e pautados na História da Física.

Um bom representante deste grupo é o estudante C, dado que ele demonstrou desde o primeiro dia compreensões mais amplas a respeito do desenvolvimento do conhecimento, já que seu escore no questionário inicial foi um dos mais altos. Outro fato importante decorrente da escolha deste aluno para representar o grupo é que ele teve somente uma falta entre todas as aulas de desenvolvimento da UEPS (1) e, em todos os encontros, sempre teve postura assídua de participação nas atividades, onde continuamente expressava seus pontos de vista sobre as discussões e questionava os colegas. Essa postura possibilitou verificar que seus argumentos ficavam, cada vez mais, fundamentados nos assuntos sobre a História da Física estudados no livro “Força e movimento de Thales a Galileu” (PEDUZZI, 2015a). Portanto, o desempenho deste aluno no decorrer da intervenção didática mostrou-se profícuo, pois mesmo tendo iniciado a UEPS (1) com boas compreensões da ndc, alguns pontos que inicialmente não estavam bem esclarecidos se delinearão a partir das exemplificações e contraexemplificações explícitas da ndc pela História da Física.

Segue, a partir de agora, a transcrição da avaliação somativa individual do estudante C, em relação às três categorias da codificação axial:

**a) O trabalho científico é sensível a influências de diversas naturezas**

Sobre esta categoria o aluno utilizou exemplos dos capítulos estudados para pautar suas argumentações, como é possível verificar em um extrato de seus escritos:

*“Sobre as convicções pessoais, podemos citar Thales de Mileto que escolheu a água como princípio de tudo. Essas concepções foram influenciadas pelo que ele conhecia, uma boa possibilidade dos motivos dessas proposições deve-se ao conhecimento que tinha da importância do rio Nilo”.*

É possível perceber que o aluno exemplificou a categoria por meio de influências de cunho mais internalista, citando que Thales tinha “convicções pessoais” que o levaram a escolher o elemento água como princípio de tudo. Mas também pode-se verificar que ele menciona certo

tipo de influências de caráter mais externo, uma vez que argumenta que a escolha do filósofo foi influenciada pela importância do elemento água no mundo em que vivia. Esse assunto, da eleição de um ou mais elementos pelos filósofos gregos para designar como originário de todas as coisas, foi amplamente debatido em sala de aula, tendo uma seção específica no capítulo “De Thales a Ptolomeu” do livro “Força e movimento de Thales a Galileu” (PEDUZZI, 2015a). Portanto, já é possível verificar indícios de aprendizagem significativa sobre esta categoria, já que o aluno, além de demonstrar posse de significados claros sobre o assunto, promove a extensão do conceito qualificando suas ideias por meio da exemplificação da História da Física estudada.

Para ilustrar essa característica da ndc através do filme, o estudante escolheu a película “Heróis Clássicos: Galileu”. A cena selecionada apresenta, do primeiro até o terceiro minuto, Galileu lecionando a seus alunos sobre a Terra estar ou não no centro do Universo. Colombe supervisiona a aula e observa tudo de longe. Sobre isso, o aluno enfatiza a situação de Galileu questionar os preceitos da Filosofia Natural de Aristóteles e o espanto que isso causa:

*“Quando Galileu questiona as ideias de Aristóteles é retratado o espanto do professor Colombe, que viu sua visão de mundo, sua autoridade e ainda os saberes religiosos sendo questionados, exemplificando algo que comentamos várias vezes em aula, que nesse período a Igreja influenciava diretamente os estudos. Além disso, a ciência passa sempre por resistências [no caso as ideias de Galileu sofreram resistências], e é natural que seja assim. Uma questão filosófica que se pode elencar aqui é o papel da religião nesse contexto. As doutrinas religiosas inibiram muitos pensadores e cientistas”.*

Novamente o aluno invoca questões discutidas em sala de aula para exemplificar seus raciocínios. Especialmente sobre o corpo de conhecimentos de Aristóteles foram debatidos vários pontos que estavam presentes no livro “Força e movimento de Thales a Galileu” (PEDUZZI, 2015a), já que a Filosofia Natural aristotélica perdurou por quase dois mil anos. Outro ponto enfatizado por ele é sobre as “doutrinas religiosas”, que influenciaram o desenvolvimento do conhecimento nesse período da história. Na cena selecionada, Colombe via as ideias de Galileu com espanto, pois para ele a “doutrina oficial” da Igreja não poderia ser desprezada. Assim como Colombe, muitos outros estudiosos seguiam

as concepções da Igreja e isso mostra, evidentemente, certo tipo de influência sobre a estruturação dos conhecimentos da época.

Por fim, é possível perceber pelos escritos do aluno, e também por todo o percurso trilhado por ele durante as aulas, que ele conseguiu de forma clara articular o conteúdo da categoria com o que foi discutido em sala, com o conteúdo da História da Física estudado e também com o assunto do filme. Isso mostra que houve aquisição de novos significados, logo, é possível concluir que ele demonstra indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre a categoria em questão.

**b) A substituição de corpos de conhecimento é um processo complexo.**

O aluno relacionou, novamente, a explicação dessa ndc com o conteúdo visto em sala. Nas palavras dele:

*“A forma como Aristóteles apresentou sua visão de mundo, a ideia de lugar natural, movimento natural é muito persuasiva, de fácil compreensão, guardou consigo toda uma visão de mundo, como por exemplo, a Terra como centro de tudo. Para romper essa ideia, e partir para uma explicação mais complexa, mais abstrata, foram necessárias muitas evidências, grande persuasão e, diria até, mais prestígio”.*

Em continuação desses escritos ele cita vários estudiosos que tentaram ir de encontro aos preceitos de Aristóteles e não tiveram sucesso. Segundo ele, foi preciso quase dois mil anos para que essas ideias fossem, aos poucos, substituídas. Mais uma vez, o estudante qualificou suas explicações com o conteúdo da História da Física presente no livro “Força e movimento de Thales a Galileu” (PEDUZZI, 2015a) que foi estudado e debatido em sala de aula. Há demonstração de detalhes e especificidades em suas explicações, o que pode ser interpretado como indícios de aprendizagem significativa.

Para exemplificar essas ideias através do filme, o aluno C utilizou cenas de “Heróis clássicos: Galileu Galilei”, onde no décimo sétimo minuto, aproximadamente, Colombe tenta persuadir o Papa Barberini<sup>54</sup> de que o livro de Galileu “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo” comete heresias.

---

<sup>54</sup> Urbano VIII, nascido Maffeo Barberini (Florença, 5 de abril de 1568 — Roma, 29 de julho de 1644) foi Papa do dia 6 de agosto de 1623 até à data da sua morte.

Conforme o extrato do texto do aluno:

*“A verdade é que, boatos como este de que o personagem [Simplício] havia sido baseado no Papa foram plantados pelos Jesuítas, que não gostavam da atuação do Papa, e liderados por Christopher Scheiner e Orazio Grassi, desenvolveram esse trabalho de convencimento, que parece ter funcionado. Ou seja, as disputas internas, devido a grande defesa da Igreja sobre o pensamento vigente levaram Galileu à condenação”.*

A cena selecionada mostra um período do filme de grandes resistências às ideias de Galileu, onde muitos membros da Igreja se posicionam contra ele, demonstrando, assim, que as concepções de Galileu não foram aceitas mesmo sendo mais preditivas e explicativas. Esse contexto dá margem para o estudante demonstrar posse de significados claros e distintos que apontam indícios de aprendizagem significativa, uma vez que associa e contrasta criticamente o conteúdo do audiovisual com os assuntos sobre a História da Física presentes no livro de estudo e também com as discussões feitas em sala de aula.

No decorrer das falas do aluno, é possível perceber que ele aliou as questões das rivalidades que ocorriam dentro da Igreja e a repercussão disso no desenvolvimento científico da época. O aluno conseguiu articular a categoria ‘a’ com a categoria ‘b’, pois, ao mesmo tempo, fala das influências e resistências que a Igreja causou naquele período da história. Essas interações entre os conceitos e suas extensões podem ser interpretadas como evidências convincentes de aprendizagem significativa sobre esse assunto.

**c) As expectativas direcionam a observação científica; não existem observações neutras**

Sobre essa categoria, o aluno utilizou, novamente, exemplos dos assuntos da História da Física que foram estudados em sala. Após citar os exemplos de Ptolomeu, Brahe e Kepler sobre suas visões de mundo e como isso guiava suas interpretações, ele conclui:

*“Com esses exemplos históricos, pode-se constatar que de fato, não bastam os dados, as constatações nunca são neutras. Toda uma visão de mundo é utilizada quando se analisa e estruturam-se dados”.*

O aluno articulou, em suas descrições, a categoria das influências e das observações não neutras, uma vez que cada pensador tinha suas próprias convicções teóricas que influenciavam sua forma de ver o mundo o que consequentemente exemplifica que as observações não são neutras. Os escritos do aluno demonstram, assim, detalhes e especificidades, extensão, elaboração e qualificação de conceitos. Como as outras duas categorias, nesta também utilizou exemplificações pautadas no livro da História da Física e nas discussões realizadas em sala de aula. Portanto, pode-se concluir que ele apresenta indícios convincentes de aprendizagem significativa.

Para a segunda parte da avaliação, o estudante selecionou cenas de “Ágora” do período aproximado de uma hora e quatro minutos de filme. Nessa situação, um grupo de pagãos que se tornaram cristãos após a tomada de Alexandria, incluindo Davus o ex escravo de Hipátia, conversam e refletem sobre o formato da Terra. Nesse diálogo, um deles afirma que a Terra é redonda enquanto os outros discordam, alegando que ela é plana. Daí inicia-se uma discussão, até que um deles questiona Davus (afirmando que ele saberia a resposta) e ele responde: “Só Deus sabe dessas coisas”. A respeito desse enredo, o estudante escreve:

*“Um fato curioso sobre essas cenas é que Davus que anteriormente era um questionador das ideias da ciência, ex escravo, que teve contato intenso com as aulas de Hipátia, agora abdica de tudo isso para dizer simplesmente que o conhecimento é só de Deus. Essa situação é no mínimo estranha, depois de toda a evolução do personagem. Por ser um personagem fictício, é possível constatar a visão predominante dos escritores, que deixaram transparecer que ao ter contato intenso com as ideias cristãs, ele mudou por completo sua visão de mundo”.*

O aluno C chama a atenção ao fato de que a concepção religiosa do escravo influenciou a sua forma de ver o mundo, evidenciando que as observações não são neutras, uma vez que ao início do filme, quando ele era pagão, mostrava-se adepto à ideia da Terra ser redonda. Portanto, os mesmos dados, observados, inclusive, pela mesma pessoa, podem proporcionar interpretações diferentes, dependendo das concepções preliminares do observador. Ao demonstrar posse de significados e promover a extensão da ndc na interpretação do filme, o aluno demonstra indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre a categoria.

Portanto, ao final da análise desta avaliação somativa individual, é possível perceber que este estudante manifesta indicadores de compreensão significativa das três categorias elencadas. Esta avaliação pode representar os outros três alunos que foram classificados neste grupo e, assim, também demonstraram indícios de aprendizagem significativa.

**GRUPO 2:** Esse grupo foi composto pelos alunos – B, D, I, K, L – que demonstraram, inicialmente, grandes problemas em relação à ndc. Isso foi verificado no questionário inicial e nas discussões em sala. Entretanto, de acordo com o diário de campo, esses estudantes foram, aos poucos, manifestando compreensões mais adequadas sobre a ndc, uma vez que, cada vez mais, conseguiam exemplificar ou contraexemplificar as características da ndc através da História da Física. Ao final da UEPS (1), foi possível constatar que eles apresentavam visões mais adequadas sobre a ndc e que a História da Física fundamentava suas explicações. Na avaliação somativa individual, esses estudantes externalizaram suas compreensões sobre as três características da ndc da maneira esperada e exemplificaram seus pontos de vista pautados na História da Física.

Um bom representante deste grupo é o aluno I, dado que ele teve um escore no questionário inicial relativamente baixo (22 de 40), mas apresentou nesta avaliação outros pontos de vista sobre a ndc, pautados na História da Física, além de mais adequados. Outro fator relevante para a escolha deste aluno se deve ao fato de que ele esteve presente em todas as aulas de desenvolvimento da intervenção didática e, de acordo com o diário de campo da pesquisadora, foi possível perceber grande evolução sobre suas compreensões da atividade científica.

A seguir faz-se a transcrição da avaliação de I, de acordo com as três categorias axiais:

**a) O trabalho científico é sensível a influências de diversas naturezas**

Sobre esse aspecto da ndc o aluno apresenta argumentos bastante variados:

*“Por mais que um cientista tente ser o mais imparcial possível em sua análise, este estará sempre sujeito à suas opiniões pessoais a respeito de fatores políticos, sociais, econômicos e religiosos. Mesmo que ele tente suprimir suas opiniões pessoais para não interferir em sua pesquisa, inconscientemente ele sempre estará favorecendo ou desfavorecendo resultados com base nessas convicções”.*

Continuando a expor seu argumento, mais a frente ele escreve:

*“Um exemplo histórico disso é a Igreja exercendo seu poder tanto político quanto religioso para descartar e até eliminar aquelas teorias opostas à sua visão cosmogônica, bem como os cientistas que as propuseram”.*

O estudante demonstra relação entre a compreensão das influências e o assunto sobre a História da Física estudado em sala de aula. Ele apresenta diferenciação entre conceitos novos e ideias já estabelecidas, não trata a ndc como um aspecto isolado da atividade científica, já que aponta as características do trabalho de um cientista atual e ao mesmo tempo invoca um exemplo histórico para corroborar seus argumentos. Portanto, através desses escritos, é possível perceber que ele demonstra posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis quando transita globalmente sobre o argumento de influências de vários tipos estarem presentes no trabalho científico.

Para exemplificar essa característica da ndc através do filme, o aluno escolhe um trecho de “Heróis Clássicos: Galileu”. Aproximadamente no vigésimo minuto do audiovisual, onde acontece o julgamento de Galileu, o aluno escreve que:

*“Essa cena exemplifica a proposição 1 [categoria a] e a novamente a proposição 2 [categoria b], pois há um forte debate religioso e, na época, político para tentar derrubar Galileu junto com sua tese heliocêntrica, enquanto o próprio Galileu mesmo sendo julgado, ainda está convicto de que ele que está correto e a Igreja é quem está errada. Isso é evidenciado, praticamente por toda a extensão da animação, e principalmente na fala de Galileu: ‘talvez a Igreja tenha percebido como é fraco o argumento de Aristóteles’. Sobre a proposição 2 fica evidente o quanto Galileu batalhou para tentar substituir a teoria vigente por sua teoria”.*

Além de explicitar muito bem o seu raciocínio sobre a ndc 1, o aluno faz relações da mesma cena com a ndc 2, mostrando interações entre os conceitos desta categoria. Mais uma vez ele traz à tona aspectos discutidos em sala de aula, como o papel da Igreja na condenação de Galileu em relação a ela impedir que ele continuasse a desenvolver seus estudos. Outro ponto enfatizado por ele é sobre a convicção pessoal do

próprio Galileu, que acreditava na concepção heliocêntrica, e isso influenciava a sua forma de ver o mundo.

É possível concluir, a partir das escritas do aluno, que ele demonstra indícios convincentes de compreensão sobre a primeira categoria de análise.

**b) A substituição de corpos de conhecimento é um processo complexo**

A respeito dessa categoria o aluno argumenta que:

*“Como evidenciado na história e como visto durante as discussões em sala de aula, vemos que essa afirmação está muito correta. Teorias conflitantes com a ‘verdade’, a visão de mundo em várias épocas, não foram prontamente aceitas como sendo verdade e muitas vezes foram até rebaixadas a ‘reles matemática’, que não descreviam os fenômenos observados na natureza como ela é”.*

O raciocínio apresentado pelo estudante para exemplificar a categoria traz, novamente, aspectos estudados na História da Física. Quando ele afirma que certas teorias foram rebaixadas a “reles matemática”, está se reportando à predominância da Filosofia Natural aristotélica a qual era baseada na explicação dos fenômenos na esfera sublunar, que era um mundo imperfeito, onde a matemática não importava. Essa concepção considerava a matemática pertinente somente no âmbito da astronomia. Esse assunto foi amplamente debatido em sala e conta com uma seção específica “Astronomia matemática versus astronomia física” no livro “Força e movimento de Thales a Galileu” (PEDUZZI, 2015a). Ao se analisar os escritos do aluno, verifica-se que ele qualifica a compreensão da categoria quando associa suas explicações aos assuntos estudados em sala de aula, isso pode inferir indícios de aprendizagem significativa.

Para exemplificar a história no filme, o estudante utiliza uma cena de “Ágora”, onde em aproximadamente uma hora e quarenta e quatro minutos Hipátia encontra-se no parlamento junto com o Prefeito Orestes<sup>55</sup>

---

<sup>55</sup> Orestes foi o prefeito augustal da Diocese do Egito, que é como era conhecido o governador do Egito romano no ano de 415. Orestes bateu de frente com o bispo de Alexandria, Cirilo, e esta disputa foi uma das causas da morte da filósofa, professora e cientista Hipátia.

e Sinésio<sup>56</sup>, após pensar na possibilidade da Terra ter um movimento do tipo ‘elíptico’.

Sobre a cena, o aluno argumenta:

*“Essa cena exemplifica novamente a proposição 1 e 2, pois Hipátia está convicta de que o sistema geocêntrico está errado e não está disposta a aceitar o conhecimento da Igreja e esconder a ‘verdade’ que tanto se dedicou para desenvolver. Além disso, no final da cena Sinésio ridiculariza esse novo conhecimento, falando ‘A Terra gira em volta do Sol. O que vem a seguir?’, mostrando como ele foi influenciado pelo conhecimento da Igreja”.*

O estudante relaciona a categoria ao fato de que, conforme retratado no filme, pelos princípios da Igreja os estudiosos apresentavam resistências às novas ideias suscitadas por Hipátia. Eles defendiam o sistema geocêntrico, enquanto a filósofa estava convencida de que esse sistema não correspondia a real organização cosmológica do mundo. Além de fomentar a exemplificação da ndc2, o estudante faz a relação da cena também com a ndc1, uma vez que, segundo ele, havia influências guiando o desenvolvimento do conhecimento ali, pois Hipátia estava inspirada por suas convicções teóricas e Sinésio imbuído pelos princípios da Igreja.

De forma evidente, o aluno demonstra posse de significados claros do conteúdo, apresentando também extensão, qualificação e elaboração de conceitos da ndc. Por esse motivo, é possível inferir que ele demonstra indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre essa categoria.

**c) As expectativas direcionam a investigação científica; não existem observações neutras**

Sobre essa categoria o aluno demonstra o seguinte raciocínio:

*“Tudo depende em como que o cientista, tendo os dados em mãos, está disposto e preparado para encarar ideias inusitadas e pensar fora da caixa. Muitos cientistas adeptos a certas teorias desconsiderariam esses novos dados como ‘erros de medida’ ou algum desvio sistemático/empírico, mas outros cientistas podem parar e pensar ‘aquí pode ter uma nova física’”.*

---

<sup>56</sup> Bispo de Cirene.

O aluno argumenta que cada cientista pode interpretar os dados de certa maneira, dependendo de como ele os relaciona com os conhecimentos que tem. Esse extrato demonstra posse de significados claros da categoria.

Para exemplificar, o aluno escolheu o filme “Ágora”, na cena apresentada em aproximadamente uma hora. Nesse momento, Hipátia e o atual prefeito de Alexandria, Orestes, estão em um barco em movimento. A filósofa tenta mostrar ao Prefeito, através de um simples experimento de queda livre, que um saco deixado cair de cima do mastro cai perto deste, diferente do que seria esperado, que seria o saco cair mais afastadamente devido ao movimento do barco. Sobre isso o aluno comenta:

*“Escolho essa cena para exemplificar a proposição 2 e a proposição 3, pois mesmo presenciando o experimento ela [Hipátia] simplesmente descarta a hipótese do heliocentrismo por que segundo seu raciocínio ‘o modelo de Ptolomeu funciona’. Isso, por mais fraco que seja, exemplifica um pensamento comum aos estudiosos da época, pois se um modelo já estabelecido, relativamente mais simples e aparenta ser correto de acordo com os sentidos, além de ser apoiado pela Igreja, para quê trocá-lo por um mais abstrato? \*Note, porém, que a ideia de se fazer experimentos para comprovar ideias não era comum (ou talvez até inexistente) na época”.*

Além de fazer relação com mais de uma característica da ndc, o estudante traz, novamente, aspectos discutidos em sala sobre o pensamento dos estudiosos da época. Segundo ele, naquele período da história os corpos de conhecimento se apresentavam “simples” e de acordo com os “sentidos”. É possível perceber pelos escritos do aluno que ele apresenta posse de significados claros e transferíveis, uma vez que exemplifica a categoria citando, no início, exemplos sobre a atividade científica atualmente e depois, na análise do filme, invoca questões de outro momento da história. Na visão do aluno, Hipátia viu o suposto experimento, mas mesmo de posse, apenas, dos dados empíricos, não conseguia concluir que aquela era uma demonstração de que a Terra se movia. Isso enfatiza a concepção de que os dados por si só não geram conhecimento. Portanto, é possível concluir que o estudante apresenta indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre esta categoria.

De acordo com as características que podem demonstrar indícios de aprendizagem significativa destacadas por Moreira e Masini (2011), e, consoante com a interpretação da pesquisadora sobre a avaliação individual e sobre o diário de campo, é possível inferir que o aluno manifesta indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre as três categorias em questão. A avaliação somativa individual do aluno I pode ilustrar o nível de compreensão dos outros quatro alunos que foram classificados neste grupo.

Até aqui foram nove, dos treze alunos, que demonstraram indícios convincentes para a pesquisadora, de aprendizagem significativa nas três categorias: isso corresponde a 70% do grupo total. Por consequência e, levando-se em consideração os aspectos qualitativos analisados durante o decorrer da UEPS (1), é possível afirmar que esta sequência didática é potencialmente significativa.

**GRUPO 3:** Neste grupo, ficaram os alunos E, F e G. Estes estudantes, inicialmente, apresentaram uma compreensão parcial dos três aspectos da ndc, com visões simplistas sobre alguns pontos. Esse conjunto de alunos demonstrou, no decorrer da UEPS (1), que suas compreensões sobre as três categorias ficaram mais sólidas pelas exemplificações explícitas por meio da História da Física. No entanto, na avaliação somativa individual, os estudantes demonstraram que alguns pontos ficaram apenas parcialmente compreendidos por eles.

Como exemplo desse grupo, elegeu-se o aluno E, que teve pontuação 24 de 40 como escore do questionário inicial. Este estudante foi escolhido porque esteve presente em todas as aulas de desenvolvimento da UEPS (1) e teve postura participativa em todas as atividades desenvolvidas. De acordo com o diário de campo da pesquisadora, foi possível perceber que, ao longo da intervenção, houve uma evolução significativa em suas ideias sobre a ndc em comparação às concepções apresentadas no questionário inicial.

A seguir, faz-se a transcrição da avaliação do aluno, a partir das categorias axiais:

**a) O trabalho científico é sensível a influências de várias naturezas**

Sobre esta categoria, o aluno argumenta que:

*“A priori, quando pensamos em ciência, pensamos em um grupo de conhecimentos racionais, lógicos que visam sempre as melhores proposições, ideias e modelos e que se*

*constrói longe dos fatores culturais, sociais, pessoais e políticos, contudo não é de tal modo que a ciência evolui, tais fatores antes citados são majoritariamente predominantes durante a elaboração, consolidação do pensamento”.*

Essas ideias expressadas pelo aluno foram percebidas em suas palavras desde o início das aulas, pois ele sempre apontava a ciência como ela deveria ser e como ela realmente era, como se houvesse um ideal a ser seguido, mas que na prática não funcionava. No decorrer dos escritos deste aluno, ele argumenta que:

*“Muitos dos pensamentos, teorias que hoje são tidas como “verdadeiras” ou “a certa” foram, no passado, vistas como hereges, absurdas, ofensivas ou simplesmente eram ridicularizadas, tais julgamentos contrários, insensatos podem ser analisados como prejudiciais, visto que atrasaram a difusão do pensamento tanto no meio acadêmico quanto fora”.*

É possível perceber que o aluno demonstra compreensão de que fatores de diversas naturezas fizeram parte da construção do conhecimento, mas, ao mesmo tempo, ele julga essas características da investigação científica como prejudiciais ao desenvolvimento do conhecimento. Essa concepção apontada pelo aluno E é diferente das elencadas pelos colegas até agora, que julgam esse processo natural ao desenvolvimento da ciência. Dessa forma, essa categoria foi classificada para esse aluno como “indícios parciais” de aprendizagem significativa, pois o aluno demonstra posse de significados claros sobre a categoria, mas a interpreta como um aspecto isolado, que não é inerente ao desenvolvimento científico.

Para ilustrar seus pontos de vista através do filme de Galileu, o aluno escolheu cenas do quarto minuto. Neste quadro Galileu é questionado por dois personagens sobre estar explicando em suas aulas o modelo heliocêntrico e contestar os princípios da Filosofia Natural aristotélica. Eles argumentam que a Igreja não admitirá que ele ensine essas ideias, pois essa não é a doutrina oficial. Então eles afirmam que ele deverá instruir seus alunos, de acordo com a teoria oficial da Igreja, afirmando que a Terra é o centro das criações de Deus e está rodeada pelos céus que são perfeitos, imutáveis e girarão eternamente ao redor dela.

Sobre o enredo descrito, o aluno escreve:

*“Reafirmando a primeira declaração proposta [categoria 1], notamos que nesta cena os outros dois [personagens] de posse de argumentos religiosos influenciam o trabalho e a divulgação científica”.*

A cena selecionada ilustra assuntos que foram discutidos em sala de aula através da História da Física presente nos capítulos “Galileu e a teoria copernicana” e “A física de Galileu” de Peduzzi (2015a). O aluno enfatiza que, no episódio, são demonstradas influências religiosas no desenvolvimento do conhecimento, pois Galileu está sendo impedido de propagar suas ideias. Assim, é possível verificar que o estudante demonstrou compreender o significado da categoria ao transferir o sentido de sua interpretação para o filme em questão.

Por fim, conclui-se que o aluno manifesta compreensão sobre influências extracientíficas no desenvolvimento do conhecimento, inclusive ao conseguir exemplificar com clareza essa categoria no filme. Mas, quando ele coloca sua opinião própria sobre o assunto, deixa a entender que esse aspecto prejudica a construção do conhecimento. Por esse motivo, ele fica enquadrado na categoria de indícios parciais de aprendizagem significativa a respeito dessa ndc.

**b) A substituição de corpos de conhecimento é um processo complexo.**

Diferentemente da categoria anterior, o aluno demonstra posse de significados claros e precisos nesta. De acordo com ele:

*“Pode-se dizer que uma das características mais marcantes da ciência, a verificação do novo conhecimento, questionamento, tem como objetivo expor as vantagens e os limites de uma nova ideia, contudo, a ciência está sempre sujeita a fatores pessoais, políticos ou religiosos os quais podem causar uma fadiga durante este processo. Ou seja, tais fatores contribuem com a dificuldade de aceitação de uma nova teoria, ou então prolongam o período de avaliação, mesmo que este novo conhecimento tenha argumentos, domínio mais abrangente e persuasivo do que o que está em vigência”.*

O aluno demonstra compreender que o processo de substituição de corpos de conhecimentos é um processo complexo. Ele indica que não necessariamente o corpo mais preditivo e explicativo têm preferência na

comunidade científica. Nesta categoria, ele demonstra interação entre os conceitos quando menciona que as influências subjetivas podem ser responsáveis pela resistência a novos corpos de conhecimento.

Para ilustrar seus pontos de vista através do filme, ele escolhe o décimo nono minuto do filme de Galileu, onde este está presente em seu julgamento pela Santa Inquisição e argumenta sobre suas ideias. De acordo com ele:

*“A declaração proposta [categoria 2] pode ser observada nesta cena com clareza, a aceitação de um novo conhecimento não é trivial. Esta cena demonstra que novas ideias sofreram e sofrem censura, resistência de instituições e do próprio corpo de ideias vigentes”.*

Já nesta segunda parte da categoria 2, o aluno demonstra diferenciação entre conceitos novos e ideias já estabelecidas. Ele não trata a nova proposição como um aspecto isolado, pelo contrário, ele menciona que as novas ideias “sofreram” e “sofrem” resistências. Importante salientar que o julgamento de Galileu e todo o enredo que ocasionou essa situação foram discutidos em sala, com base no livro sobre a História da Física (PEDUZZI, 2015a), que traz três seções sobre esse assunto: “Galileu e o copernicanismo: os primeiros conflitos com a Igreja”, “Ciência e fé” e “Os caminhos da condenação”.

A análise desta segunda categoria indica que o aluno apresenta significados claros com extensão e qualificação de conceitos, o que pode ser interpretado como indícios convincentes de aprendizagem significativa.

**c) As expectativas direcionam a investigação científica; não existem observações neutras.**

Nesta categoria o aluno apresenta posse de significados claros:

*“Sabendo que um observador sempre possui um corpo de conhecimento prévio à realização do experimento, vemos claramente a razão pela qual a afirmação [observações neutras] é uma falácia. Todo observador possui uma opinião, um preconceito sobre um fenômeno, mesmo que esta hipótese não esteja muito fundamentada”.*

Ao comparar esta opinião do aluno com a sua justificativa inicial do questionário e as colocações iniciais das aulas, é possível perceber uma

evolução em suas compreensões nesta categoria. Este aluno demonstrava forte postura empírico-indutivista e, inclusive, afirmou que dois observadores teriam que, obrigatoriamente, ver a mesma coisa. Dessa forma, a evolução do aluno demonstra que ele teve aquisição de novos significados para essa categoria.

Para ilustrar seus pensamentos, o aluno escolheu a cena do filme “Ágora”. Em aproximadamente uma hora de filme, Hipátia realiza um experimento a bordo de uma embarcação, juntamente com Orestes. De acordo com ele:

*“Esta cena é um argumento em favor da terceira declaração [terceira categoria]. Apesar de realizar um experimento com uma finalidade bem definida e possuindo um corpo de conhecimentos prévio, a protagonista não consegue gerar uma nova ideia, um conhecimento novo a partir do experimento”.*

O aluno quis se referir à questão de que Hipátia tinha concepções iniciais que foram confirmadas pelo experimento que ela fez, mas que, mesmo assim, ela não conseguia explicar por qual motivo aquilo se verificava na prática. Ou seja, os dados do experimento não geravam conhecimento por si só, foi necessário muito aprofundamento teórico para que novas concepções emergissem dali. É importante salientar que foram realizadas discussões em sala de aula, da probabilidade ou não da existência deste experimento naquela época, onde esta não era uma prática comum.

De maneira geral, o aluno demonstrou evidências de aprendizagem significativa para a segunda e para a terceira categorias, pois demonstrou detalhes e especificidades de cada uma delas, além de demonstrar diferenciação entre conceitos novos e ideias já estabelecidas. Este aluno teve uma grande evolução ao longo do desenvolvimento da UEPS (1). Contudo por demonstrar uma compreensão limitada da categoria 1, ele ficou classificado neste grupo, de indícios parciais. O mesmo aconteceu com outros dois alunos desta mesma classe. O indício parcial de aprendizagem significativa não desabona toda a evolução que esses alunos apresentaram durante o desenvolvimento da UEPS (1), somente aponta características que poderiam ter sido mais aprofundadas durante as discussões. Portanto, ainda é possível inferir que esse grupo ratifica a potencialidade da UEPS (1) como instrumento que pode favorecer indícios de aprendizagem significativa.

**GRUPO 4:** Este grupo foi composto por apenas um aluno. O estudante em questão, J, iniciou a UEPS (1) demonstrando no questionário concepções bem simplistas sobre as características da ndc exploradas. No decorrer das aulas, ele participava esporadicamente, onde manifestava dificuldades de compreensão. Ao final da intervenção, foi possível perceber que J não apresentou indícios de aprendizagem significativa sobre o conteúdo estudado. Isso é perceptível nos seus escritos:

**Aluno J:** Este aluno esteve presente em todos os encontros da UEPS (1), mas durante as discussões poucas vezes demonstrava sua opinião, e quando o fazia, apresentava algumas dificuldades de compreensão. Seu texto expõe alguns problemas de articulação de significados. Para fazer a correção da avaliação, a mestranda necessitou sentar com esse aluno e questioná-lo sobre o que ele realmente queria expressar nos textos.

**a) O trabalho científico é sensível a influências de várias naturezas**

Sobre esta categoria, inicialmente o aluno cita que:

*“A ciência é um empreendimento humano e é moldada por diversos fatores entre os quais já citados [políticos, sociais, religiosos, afetivos, etc.]”.*

Porém, mais à frente de seu texto ele argumenta que:

*“Contudo a ciência deveria ser isenta de fatores políticos e/ou religiosos, e ser tratada como ‘instituição’ do qual a humanidade inteira ajudasse a construir. Pois, em minha opinião, a ciência é construída em conjunto e pelo menos foi isso que consegui evidenciar nos estudos dessa formação”.*

Esse aluno não demonstra clareza em sua compreensão de que a ciência, realmente, sofre interferências. Além disso, ele afirma que ela deveria ser isenta de fatores externos. Ao final, ele argumenta sobre a construção coletiva do conhecimento.

Na segunda parte da avaliação, o aluno escolhe o filme “Ágora” em uma cena em que o Bispo Cirilo, de alta influência sobre o povo, lê uma passagem da primeira carta de Paulo a Timóteo, dando a entender com as suas colocações que Hipátia era uma bruxa. Sobre isso o aluno escreve:

*“Essa cena se encaixa na primeira proposição, pois a ‘ciência’ é influenciada pela religião na cena. O bispo Cirilo faz uso de uma passagem da bíblia e a manipula para acusar Hipatia de bruxaria”.*

Ao que se percebe, o aluno tenta relacionar a cena com algum tipo de construção do conhecimento, mas não é o que acontece ali, sendo que Hipátia está sendo questionada pelo seu comportamento não cristão perante a comunidade. Ele tenta articular uma demonstração de influências no trabalho científico, mas a cena não condiz com seus objetivos. A impressão que dá é que ele não compreendeu de fato, o significado da categoria ‘a’. Sendo assim, pela dificuldade em articular seus objetivos, este aluno não demonstra indícios conclusivos de compreensão desta categoria.

**b) A substituição de corpos de conhecimento é um processo complexo**

Sobre essa categoria ele argumenta que:

*“A aceitação ou trocas de: teorias e/ou qualquer forma de conhecimento sobre algo, deve envolver debates, resistências e disputas, tudo dentro de apenas conversa e pesquisa, sem violência. Caso não haja esse processo, cai-se no risco de alienação e isso causa tragédias como se vê na história”.*

O aluno demonstra uma compreensão superficial da categoria e ainda afirma que a ‘alienação’ causa tragédias, ou seja, persistir e resistir contra novas ideias interfere negativamente no desenvolvimento do conhecimento. Isso mostra que ele compreende que há resistências na substituição de teorias, mas que estas não fazem parte do processo natural do trabalho científico. Se comparar esses escritos do aluno diretamente com o questionário inicial, é possível perceber que este aluno apresentava essas mesmas ideias no início da intervenção. Como a aprendizagem significativa não se pauta somente nos resultados finais, a observação participante da pesquisadora e seus diários de campo ratificam que esse aluno teve pouco ou nenhum avanço em suas ideias nesse quesito.

Na segunda parte da avaliação, o aluno escolheu a cena do filme “Ágora” em que o escravo Davus enfatiza que se a Terra não se move. Sobre isso o aluno escreve:

*“Essa cena se encaixa na proposição dois, pois houve resistência de Davus sobre parte da teoria de Aristarco que estava em discussão na cena”.*

A categoria ‘b’ enfatiza as resistências na construção de conhecimentos, a cena selecionada pelo estudante enfatiza a influência das concepções da Igreja sobre o pensamento do escravo Davus. Ou seja, ele evidencia confusão entre as características da ndc estudadas. Dessa forma, o aluno não demonstra indícios suficientes de compreensão sobre essa categoria.

**c) As expectativas direcionam a investigação científica; não existem observações neutras**

Com confusão na escrita, é possível retirar apenas alguns trechos que demonstram as opiniões do aluno:

*“A construção de conhecimento com o objetivo de encontrar a verdade deve provir de observação e experimentação direta ou indiretamente”.*

Mais à frente ele faz menção ao que poderia demonstrar que os dados por si só não geram conhecimento:

*“Dados de experimento sem uma devida interpretação ou objeto não servem para fundamentar um corpo de conhecimento. Pois nos experimentos deve-se saber ou ter uma base dos parâmetros a serem levados em conta”.*

Ao final ele argumenta sobre outro aspecto:

*“Contudo, podemos gerar conhecimento da nossa imaginação, mas que não necessariamente seja verdade no nosso universo como, por exemplo, Nárnia entre outros”.*

Este aluno atribui a construção do conhecimento diretamente aos dados empíricos e, ainda, quando salienta que algum conhecimento pode surgir da imaginação, ressalta que isso não necessariamente é coisa real e diz que um exemplo disso é Nárnia<sup>57</sup>. As ideias apresentadas no texto não

---

<sup>57</sup> Nárnia é um mundo fantástico criado pelo escritor Irlandês Clive Staples Lewis como local narrativo para As Crônicas de Nárnia, uma série de sete livros. O

evoluíram em nada se forem comparadas as suas respostas com o questionário inicial.

Sobre a cena de filme, o aluno escolheu o momento de onze minutos da animação de Galileu onde este utiliza o telescópio. O comentário do aluno sobre esse episódio é:

*“Essa cena se encaixa na proposição três, pois Galileu viu que com a observação seria capaz de conhecer melhor de fato a natureza”.*

A interpretação da cena pelo aluno confirma o que ele escreveu na primeira parte desta categoria: ele ainda conservou uma visão empírico indutivista da ciência. Sendo assim, não demonstra indícios de aprendizagem sobre as características da ndc tratadas na UEPS (1).

O Quadro 4 abaixo apresenta o panorama geral da turma em relação à UEPS (1), através do qual é possível concluir que a intervenção logrou êxito, em sua grande maioria, sobre suscitar indícios de aprendizagem significativa.

Quadro 4: Panorama geral da turma em relação aos indícios de aprendizagem significativa

Classificação	Categoria	Frequência
Indícios convincentes de compreensão	a) O trabalho científico é sensível a influências de várias naturezas.	Aluno A Aluno B Aluno C Aluno D Aluno H Aluno I Aluno K Aluno L Aluno N
	b) A substituição de corpos de conhecimento é um processo complexo	Aluno A Aluno B Aluno C Aluno D Aluno E Aluno F Aluno G Aluno H

---

mundo é chamado assim em homenagem ao país de Nárnia, onde acontece a maior parte da história.

		Aluno I Aluno K Aluno L Aluno N
	c) As expectativas direcionam a investigação científica; não existem observações neutras	Aluno A Aluno B Aluno C Aluno D Aluno E Aluno G Aluno H Aluno I Aluno K Aluno L Aluno N
Indícios parciais de compreensão	a) O desenvolvimento da ciência sofreu influências no passado que atrasaram o seu desenvolvimento	Aluno E
	a) O desenvolvimento da ciência sofre influências somente no âmbito das convicções de cada estudioso (excluiu interferências de cunho mais externalista)	Aluno F
	a) Idealmente a ciência não deveria sofrer influências	Aluno G
	c) Somente articula a compreensão desta categoria ao aspecto “Os dados por si só não geram conhecimento”	Aluno F
Não apresenta indícios de compreensão	a) O trabalho científico é sensível a influências de várias naturezas.	Aluno J
	b) A substituição de corpos de conhecimento é um processo complexo	Aluno J
	c) As expectativas direcionam a investigação científica;	Aluno J

	não existem observações neutras	
--	------------------------------------	--

**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (2017).

Consoante com as características que podem apontar indícios de aprendizagem significativa, salientadas por Moreira e Masini (2011), e, segundo as interpretações da pesquisadora a partir do desenvolvimento das aulas, do diário de campo e das avaliações somativas, é possível inferir que a maioria dos estudantes manifestou indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre as três categorias investigadas. Nesse sentido, de acordo Moreira (2011), a UEPS (1) pode ser considerada um material potencialmente significativo mostrando-se exitosa em relação aos seus objetivos.

Na próxima seção, é apresentada a análise da UEPS (2), que foi aplicada em sequência a UEPS (1).

#### 5.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA SEGUNDA UEPS

Assim como a primeira sequência didática, esta UEPS apresenta, em sua estrutura, uma quantidade significativa de atividades. Todas elas objetivaram facilitar a construção do conhecimento, porém nem todas foram selecionadas para verificar indícios de aprendizagem significativa. As que tiveram por objetivo esta verificação denominam-se, aqui, de instrumentos, e foram selecionadas de acordo com a ordem sequencial de desenvolvimento da UEPS (2).

Contudo, antes de iniciar a apresentação dos instrumentos da presente UEPS, faz-se necessário buscar informações que foram coletadas no questionário inicial da UEPS (1). Na ocasião, vários aspectos da ndc foram tocados e, entre todas as questões, as de número 1, 3, 4, 6 e 8, contemplaram, também, assuntos de interesse da UEPS (2). Em razão disso, as discussões desses elementos foram invocadas novamente, sendo consideradas como investigação inicial de conhecimentos prévios sobre as três novas ndc da segunda sequência didática.

As ndc especialmente exploradas na UEPS (2) foram:

***ndc4.** A ideia de um conjunto de regras universais para se fazer ciência, como se existisse apenas um método científico desfigura o processo da construção do conhecimento; o empreendimento científico envolve inúmeros procedimentos, os quais são dinâmicos, não lineares, subjetivos e essencialmente criativos.*

*ndc5. Corpos de conhecimentos científicos, mesmo os mais amplamente aceitos, são inerentemente provisórios. O conhecimento está sempre sujeito a ser modificado, caso surjam novas teorias que expliquem de forma mais satisfatória os fenômenos.*

*ndc6. Nenhum conhecimento deixa de ser científico porque foi substituído. No período de sua vigência ele se constituiu em um corpo de conhecimento coerente, com poder explicativo e preditivo.*

Portanto, os códigos que emergiram da análise do questionário que tinham relação com essas ndc fizeram parte, também, da codificação da segunda UEPS. São eles:

**Questão 1 – Toda investigação científica começa, necessariamente, pela observação sistemática do fenômeno a ser observado.**

Código:

- (i) O conhecimento surge através de observações da natureza.

**Questão 3 - A elaboração de leis e teorias envolve a criatividade, a intuição e a imaginação do pesquisador.**

Código:

- (ii) A criatividade e imaginação são importantes para a elaboração e sistematização do conhecimento.

**Questão 4 – O conhecimento científico é provisório, ou seja, com o passar do tempo poderá haver algo que leve à sua rejeição.**

Códigos:

- (iii) O conhecimento científico possui caráter provisório.
- (iv) A ciência possui uma verdade final que nunca se modifica.

**Questão 6 – A ciência produz conhecimento seguindo, rigorosamente, a sequência: observação dos fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões e generalizações.**

Códigos:

- (iii) A construção do conhecimento exige uma sequência de passos predeterminada.
- (iv) A ciência pode ser desenvolvida ou surgir das mais variadas formas.

**Questão 8 – A substituição de uma teoria por outra, nem sempre acontece espontaneamente; a aceitação de novos conhecimentos pela comunidade científica com frequência encontra resistências de toda natureza.**

Código:

- (ii) Resistências a mudanças é natural do ser humano, isso se reflete na atividade científica, uma vez que ela resulta da ação humana.

A análise dessas questões contribuiu para o planejamento inicial da UEPS (2), mas, como as discussões naquele momento foram amplas, em relação aos vários aspectos da ndc, optou-se por fazer mais uma prospecção com os alunos ao início da segunda sequência didática, para fortificar e dar robustez aos seus argumentos iniciais. Essa outra sondagem objetivou explorar, pontualmente, as três novas ndc.

Para investigar, então, os conhecimentos prévios dos estudantes, foram propostas situações-problema introdutórias para que eles expusessem seus pontos de vista sobre o assunto. Esse passo sequencial constituiu o primeiro instrumento de investigação da UEPS (2).

Em continuidade, o próximo instrumento foi relacionado ao processo da diferenciação progressiva; para tanto, foi selecionada a discussão de dois trechos do filme “*Cartesius*”. Posteriormente, como mecanismo de aumento de complexidades, foi eleita uma análise de livros didáticos com foco na História da Física e na ndc. Na sequência, contemplando o passo da reconciliação integrativa, foi escolhido o sexto encontro, que tratou da discussão e exemplificação da ndc pelos alunos. Finalmente, o último instrumento a ser utilizado foi a avaliação somativa individual que, nesta segunda sequência didática, tratou de análises históricas, conceituais e epistemológicas de materiais didáticos de Física.

Uma característica interessante sobre o desenvolvimento das aulas da UEPS (1) foi a aprovação pelos alunos das atividades realizadas a partir da análise e discussão de audiovisuais. Eles sempre demonstravam grande interesse e participação nos debates sobre cenas de vídeos. Além disso, em vários momentos da UEPS (1) eles manifestaram a estima que tinham por esse tipo de dinâmica em sala de aula. À vista disso, procurou-se contemplar o uso de vídeos e filmes na UEPS (2).

Para a obtenção de dados que pudessem fornecer indícios de aprendizagem significativa, foram utilizados, então, cinco instrumentos que são apresentados a seguir.

### 5.4.1 Instrumento 1: situações-problema introdutórias para verificação de conhecimentos prévios (UEPS 2)

Para investigar os conhecimentos prévios dos alunos, especificamente sobre as três novas ndc, foram proporcionadas situações-problema através de dois trechos de vídeo e de um excerto de livro. Nesse encontro, segundo os princípios das UEPS, os assuntos deveriam ser tratados de maneira mais geral e, no decorrer das próximas aulas, de forma gradativamente mais específica.

Inicialmente foi explicado a eles que nesta aula seria aberto espaço para que se expressassem a respeito das provocações que os trechos de vídeo poderiam suscitar. Eles foram orientados no sentido de que, em princípio, as discussões seriam livres e, em um segundo momento, elas seriam direcionadas a pontos específicos. Por fim, foi esclarecido que nada seria considerado equivocado ou correto, que era apenas um momento de exposição de ideias.

A seguir será apresentado, em seções diferentes, o contexto de cada situação-problema e as falas dos alunos, evidenciando os pontos mais prolíficos das discussões.

- **Primeira situação-problema**

O primeiro fragmento de audiovisual foi uma parte do episódio 14 da primeira temporada do seriado “O mundo de Beakman”. Esta era uma série americana, exibida na TV aberta entre os anos de 1992 a 2000 no Brasil, onde Beakman recebia cartas de telespectadores reais, que faziam perguntas relacionadas à ciência. Ele era um cientista, trabalhava dentro de um laboratório, tinha seus ajudantes e, inclusive, um deles era um rato. Quando os alunos foram avisados que este seria o vídeo, alguns demonstraram que já conheciam a série.

Neste episódio, Beakman recebe uma carta de um garoto que pergunta:

- *“Como é que os cientistas “sacam” as coisas?”*

Beakman responde no decorrer das cenas:

- *“Os cientistas tem vários modos de descobrir coisas, as vezes é por acaso, foi assim, aliás, que a penicilina foi descoberta. Mas as vezes, há métodos da nossa loucura, esse método é: O método científico”.*

No transcorrer do episódio ele vai nomeando os passos do método científico, por meio da explicação de uma outra pergunta – uma carta questiona sobre a água conduzir ou não eletricidade. Então Beakman e sua equipe enunciam o primeiro passo: um problema ou uma pergunta:

*“Será que a água salgada conduz eletricidade?”*. Na sequência eles elaboram hipóteses e nomeiam isso como a segunda fase do método. Dando continuidade, eles intitulam a terceira etapa: teste das hipóteses, e fazem experimentos com água, sal e uma lâmpada. Por fim, alinham o último passo do método, que são as conclusões. Eles comentam que caso o resultado seja negado, volta-se ao passo dois, onde são elaboradas novas hipóteses e realizados novos testes, até que se chegue a uma conclusão.

Após a exibição do audiovisual, os alunos foram incentivados a expressarem suas reflexões sobre o que assistiram.

**Aluno K:** *“Ele tratou a descoberta da penicilina, como algo não científico né? Porque segundo tudo que ele falou.... É isso que dá para entender”*.

**Aluno G:** *“É ... Ele falou que foi por acaso”*.

Da forma como foi expresso no vídeo, Beakman deu a entender que podem ocorrer descobertas ao acaso, mas que também há métodos para que os cientistas “saquem” as coisas. O aluno K interpretou essa situação como se Beakman estivesse desvalorizando circunstâncias de acaso e valorizando o método científico. Essa situação chamou a atenção do aluno K porque ele e outro colega, aluno M, estavam cursando uma disciplina de Biologia Celular no curso de Biologia, por interesses pessoais. Segundo eles, nessas aulas o professor explicitou questões sobre assunto.

**Aluno M:** *“Antes de tudo não foi por acaso. A descoberta da penicilina, a história que todo mundo conhece, que também não é completamente mentira, é que o Fleming deixou umas placas com bactérias no laboratório e saiu. Uma coisa assim ...”*.

**Aluno K:** *“Ele esqueceu a placa com as bactérias lá e quando ele voltou, porque parece que ele saiu de férias, ele viu que ao redor de uma certa região as bactérias não se reproduziam. Então ele extraiu aquilo ali e era um tipo de fungo e testou outras vezes e viu que aquilo, que um fungo que estava ali em volta, as bactérias não se reproduziam”*.

**Aluno M:** *“Só que acontece que já tinha gente que tinha observado isso e já estavam usando esses fungos para tratar algumas infecções bacterianas, só que nunca tinham*

*publicado isso. Então eu não sei se a gente pode tratar isso como uma descoberta ao acaso, já que só não publicaram no meio científico antes dele”.*

**Aluno A:** “*Como vocês sabem disso?*”

**Aluno M:** “*É que fazemos a matéria de Biologia Celular”.*

Os comentários bem pertinentes dos alunos K e M demonstram que eles se preocuparam com as informações veiculadas pelo programa de televisão. A cautela deles é no sentido de que está sendo repassada uma informação equivocada sobre a penicilina. Mas, além disso, eles demonstraram certo incômodo com o fato de que o personagem evidencia o método científico e trata a situação de acaso na construção do conhecimento como um fato isolado.

Importante salientar sobre a penicilina que, de acordo com o Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial (2009), Alexander Fleming voltou da Primeira Guerra Mundial com o intuito de pesquisar uma forma de reduzir o sofrimento dos soldados que tinham suas feridas infectadas. Então, no ano de 1928, dedicou-se a estudar a bactéria *Staphylococcus aureus*, responsável pelos abscessos em feridas abertas provocadas por armas de fogo.

Estudou tão intensamente que, um dia, exausto, resolveu se dar de presente alguns dias de férias. Saiu, deixando os recipientes de vidro do laboratório, com as culturas da bactéria, sem supervisão. Esse desleixo fez com que, ao retornar, encontrasse um dos vidros sem tampa e com a cultura exposta e contaminada com o mofo da própria atmosfera. Estava prestes a jogar todo o material fora quando, ao olhar no interior do vidro, percebeu que onde tinha se formado bolor, não havia *Staphylococcus* em atividade. Concluiu que o mofo, oriundo do fungo *Penicillium*, agia secretando uma substância que destruía a bactéria (CAPA, J. Bras. Patol. Med. Lab. vol. 45, n. 5, 2009).

Ainda sobre o assunto da penicilina, Fioravanti (2012, p. 285) menciona que quatro anos antes de Fleming, “o médico belga André Gratia e suas colegas Bernice Rhodes e Sara Dath observaram o mesmo

fenômeno: a inibição do crescimento de uma colônia de bactérias *Staphylococcus aureus* por fungos, que logo identificaram como *Penicillium*". Segundo o autor, esses resultados foram publicados em cinco artigos entre os anos de 1924 e 1925 na *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances et Mémoires de la Société de Biologie et de ses Filiales*, uma revista que havia sido criada em 1849 pela Sociedade de Biologia, ligada ao Instituto Pasteur de Paris. Fioravanti (2012) lista, ainda, vários outros médicos ou cientistas que observaram, antes de Fleming, a capacidade dos fungos eliminarem bactérias, mas que não puderam, ou não conseguiram, trabalhar mais intensamente em suas pesquisas e publicar seus resultados.

Em um próximo momento, a discussão é focalizada para o ponto em que o personagem evidencia "O método científico".

**Aluno A:** *"Bom, é um pouco caricato isso [as cenas que enfatizam o método científico] se analisar de acordo com o que a gente vem falando até agora. Ele chega e pergunta com toda tranquilidade do mundo para a menina, quem quer saber o quê? Tipo, pergunta qualquer coisa, eu aplico o método, coloco nessa "máquina" aqui e sai uma resposta. É bem gritante essa situação. Ele passa essa ideia linear".*

**Auno G:** *"Mas é que não é nem um programa inteiro, e nisso você tem que fazer um 'resumão da parada' para crianças. Tipo, se você vai lidar com um público já voltado para a ciência, por exemplo essa nossa aula aqui, a gente pode ficar analisando".*

Enquanto o aluno A critica a postura de evidência no método científico que o personagem faz, o aluno G olha a questão por outro lado. Ele comenta que o tempo que um episódio tem disponível para repassar as informações é insuficiente, e então é necessário que se façam sínteses sobre o assunto. Além disso, ele evidencia que o programa de televisão não é para especialistas e sim para o público infante-juvenil. A postura de defesa do programa pelo aluno A se deve ao fato de que ele comentou durante a aula que assistia a esse programa e parte do seu interesse em cursar Física originou-se a partir disso.

É relevante enfatizar que, mesmo que o recurso fílmico não tenha interesses pedagógicos, ele está, de certa forma, passando uma mensagem, uma imagem de ciência. Sobre isso Rezende (2008)

argumenta que, via de regra, filmes e vídeos não retratam a atividade científica de maneira reflexiva. O autor comenta que os materiais audiovisuais tendem, em virtude da linguagem utilizada, a expor apenas os resultados da prática científica, transformando, assim, aquilo que é apenas hipótese em fato autêntico. Tudo isso, de acordo com ele, contribui para omitir o caráter processual e político das atividades científicas. Ou seja, mesmo sem intenção, o audiovisual voltado para assuntos científicos passa uma certa ilustração do que é a ciência, que pode ser encarada por quem assiste, de maneira bucólica. Por esse motivo, o intuito dessa análise de audiovisuais não é desmerecer o conteúdo, ou desconsiderar que esses recursos chamam a atenção do público infanto-juvenil para assuntos de ciência, mas sim ressaltar o fato de que se eles não forem tratados com certa cautela por quem os assiste podem transmitir mensagens equivocadas sobre a prática científica.

Em continuidade às discussões, os alunos seguiram debatendo sobre os passos do método científico que foram enunciados por Beakman:

**Aluno A:** *“É que no fundo, no fundo, se for prestar atenção a gente sempre esteve fazendo esses quatro passos de alguma forma, sabe. Só que a coisa não é tão limpinha assim”.*

**Aluno M:** *“Só que a gente não precisaria nem estar tendo toda essa discussão se ele tivesse mudado uma palavra: em vez de ter dito ‘o método’, ele poderia ter dito ‘um método’”.*

**Aluno A:** *“Mas ‘o método científico’ é uma coisa que ao mesmo tempo tem uma intuição de que existe uma forma de tu estruturar o conhecimento e ir aperfeiçoando ou avançando, sei lá, e que tem uma confiabilidade, entende? Tu poder ir te perguntando, bom, como tu chegou nesse resultado? Lendo, indo atrás de referências, de outros resultados. Tu ser capaz de em cada ponto reproduzir o que tu já fez, até o ponto que tu te condensa aquilo ali”.*

O aluno M chama atenção ao fato de que a ideia da investigação científica por meio de certa “estrutura” salienta algum tipo de segurança, tanto para o investigador quanto para o público. Segundo ele, esse fato torna-se mais evidente quando se fala que tal estruturação é o método científico. O estudante demonstrou, no decorrer das discussões, que ele não crê na ideia de uma estrutura rígida para a edificação do

conhecimento, mas, ao mesmo tempo, ele destaca que há um certo tipo de “confiança” perante outros, quando há a afirmação que a evidência foi alcançada através do método científico.

De acordo com a literatura da área, a concepção de que esse singular método científico é capaz de assegurar a verdade absoluta das afirmações científicas sobre o mundo é muito comum (SOUZA, et al. 2007). O questionamento apresentado pelo estudante está além da existência ou não de regras rígidas para a construção do conhecimento, ele invoca uma visão de ciência que poderá ser encontrada em uma sala de aula, caso ele se torne professor. Portanto, esse aspecto configurou-se como ponto potencial de discussões para as próximas aulas.

Por fim, foi concluída a discussão, deixando claro aos alunos que essas ideias seriam tratadas mais a fundo no decorrer do estudo do livro 2 “Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana” (PEDUZZI, 2015b). Este debate mostrou que depois de tudo o que foi discutido na UEPS(1), os alunos já demonstraram perspectivas mais atentas às complexidades da atividade científica. Alguns pontos importantes foram levantados, como a discussão sobre as descobertas ao acaso, a imagem que um audiovisual dissemina ao público e a questão da confiabilidade no método científico. Essas arestas da discussão mostraram-se assuntos potenciais de debate para as aulas seguintes.

Das falas dos alunos, foi possível tomar os seguintes códigos:

- (i) O método científico passa uma ideia linear, de que tudo pode ser resolvido através dele.
- (ii) Os passos enunciados do método científico fazem parte da construção do conhecimento, mas não de maneira sequencial e incompleta.
- (iii) Existem outras formas de construir o conhecimento, que não seja através do método científico.
- (iv) Um cientista, ao afirmar que utilizou os passos do método científico, passa mais confiança para o público leigo, que é fortemente ligado a confiar em evidências empíricas.

- **Segunda situação-problema**

Em sequência, foi apresentado aos alunos um trecho da seção introdutória “Como funciona a Física”, de um livro de Ensino Superior de Física. No excerto selecionado, o autor explica como o conhecimento Físico é elaborado.

**Sessão 1 – “A natureza da física”, p. 2 - (SEARS, F.; YOUNG, H.; FREEDMAN, R. A.; ZEMANSKY, M. W. Física 1 – Mecânica. Editora Pearson Education (Universitários). Português. 424 p. 2008).**

*“A física não é simplesmente uma coleção de fatos e de princípios; é também um processo pelo qual chegamos a princípios gerais que descrevem como o universo físico se comporta. Nunca se encara uma teoria física como verdade final e acabada. Existe sempre a possibilidade de novas observações exigirem a revisão ou o abandono de uma teoria. Faz parte da natureza da teoria física podermos desaprovar uma teoria ao encontrarmos um comportamento que não seja coerente com ela, porém nunca podemos provar que uma teoria seja sempre correta”.*

**Pesquisadora:** *“Aliado a isso eu trouxe uma frase do questionário inicial da UEPS (1), que já foi discutido anteriormente, para vocês refletirem: ‘O conhecimento científico é provisório, ou seja, com o passar o tempo poderá haver algo que leve a sua rejeição’. O que vocês tem a dizer sobre isso?”*

**Aluno A:** *“Na matemática querer provar alguma coisa, é mais fácil provar que é falsa do que tu provar que é verdadeira, tanto é que se usa a redução ao absurdo. Porque provar que é falso basta encontrar um exemplo que falsifique, para provar que é verdadeiro tu teria que extinguir todas as possibilidades”.*

**Aluno J:** *“Linkando com a imagem do Albert Einstein do slide [havia uma imagem de Einstein no slide]. Ele procurava a unificação das teorias, criar uma só. Então, talvez, verdade, se for procurar assim, seria válido para todos os campos. Seria a teoria de tudo”.*

**Aluno N:** *“É, mas não é final. Mesmo que tu chegue a uma teoria de unificação ela não é final. Mas essa é uma questão filosófica. Eu não posso falar com certeza que uma coisa é verdade”.*

É possível perceber que o aluno J continua com as mesmas ideias apresentadas na UEPS (1), sobre uma verdade final a ser encontrada. Aqui nesta aula ele expressa um pouco mais a sua opinião, afirmando que essa “verdade” seria uma unificação de tudo. Ou seja, ele ainda concebe o conhecimento como algo que pode ser absolutamente verdadeiro e acabado, mesmo que os colegas demonstrem pontos de vista contrários.

Silva e Moura (2008) destacam que parte dos problemas das visões simplistas da atividade científica, como a concepção de que a ciência um dia chegará a uma verdade absoluta, podem ser atribuídos a formação do indivíduo. De acordo com os autores, nem no Ensino Médio e nem na graduação, assuntos relacionados com a História da Ciência e natureza da ciência, são abordados na profundidade necessária. Eles também atribuem parte da responsabilidade dessa questão aos livros didáticos, que propagam a História da Ciência, normalmente, de forma simplificada, distorcida e induzem a visões equivocadas sobre a ndc.

Em continuidade, o aluno G direciona a discussão para outro ponto, enfatizando que os corpos de conhecimento da Física ficam válidos por muito tempo e isso, talvez, possa levar as pessoas a ficarem muito confiantes naqueles pressupostos.

**Aluno G:** *“Quando você entra na faculdade você aprende, por exemplo, a Física de Newton e o Cálculo Diferencial Integral, que são coisas que estão rolando já faz muitos séculos e ainda funcionam. Está tudo mais ou menos estável e você continua aprendendo isso ao longo do tempo. Então você pega livros, as vezes de Física ou de Matemática, bem antigos e eles são muito bons e funcionam. E na Física, no caso, eu acho que essas coisas se prolongam por tanto tempo que elas ficam incrustadas nas pessoas. Por exemplo, a Física do Aristóteles, era uma Física, só que ela ficou tanto tempo sem acontecer nada, que ela se tornou quase uma religião”.*

**Aluno K:** *“Mas é que depende do que você entende como verdade, entendeu? Porque na época de Aristóteles aquilo era uma verdade, daí chegou alguém com algo melhor e aquilo foi se tornando uma verdade”.*

**Aluno I:** *“Tem coisas que tem domínios de validade, tem coisas que tem o seu domínio bem delimitado, mas outra não. Tem coisas que até então ainda não foram delimitadas,*

*mas poderão ser no futuro. Como as transformações de Galileu e Lorentz”.*

**Aluno K:** *“A gente nunca vai saber se o que sabemos é tudo”.*

Especialmente os alunos K e I mostraram postura de discordância do caráter provisório do conhecimento científico no questionário inicial da UEPS (1). Na ocasião, os dois apresentaram raciocínios parecidos, afirmando que o conhecimento sempre avançaria rumo a um “conhecimento total”. Nota-se que nesse momento da intervenção eles já apresentam outro tipo de perspectiva sobre a atividade científica, certamente essas novas concepções podem ser atribuídas à potencialidade das UEPS em proporcionar melhores compreensões da ndc.

Em continuidade da discussão que estava acontecendo, o aluno E responde a última fala do aluno K:

**Aluno E:** *“Não é que a gente nunca vai saber. É que a gente, ainda, não sabe”.*

**Aluno M:** *“É possível que a transformada de Lorentz seja sempre verdadeira?”.*

**Aluno E:** *“Sempre verdadeira?”.*

**Aluno M:** *“É possível. Só que você algum dia vai testar todas as possibilidades?”.*

**Aluno E:** *“Calma aí. Como é que você vai saber todas as possibilidades?”.*

**Aluno M:** *“Exatamente, isso que eu estou dizendo. Então você não tem como saber que ela vai ser sempre verdadeira”.*

**Aluno G:** *“Dizer que isso vale para tudo, tudo. É você dizer que não existe outro conjunto de axiomas possível para minha lógica”.*

**Aluno K:** *“Mas uma coisa pode ser considerada fechada por séculos e séculos, como vimos e depois ela cair”.*

**Aluno D:** *“Por isso que eu concordo que é uma construção”.*

Para encerrar a discussão e evitar que os alunos chegassem à discussão filosófica sobre a ‘verdade’ (que não era objetivo do escopo da UEPS), foi enfatizado que esse é um assunto não resolvido entre os filósofos. Ao mesmo tempo, explicou-se que o objetivo dessas aulas é possibilitar a eles uma compreensão de que as ciências são elaborações criativas, representações do real ligadas a um contexto e a uma finalidade, uma visão que vai contra o argumento de que há verdades definitivas na natureza, as quais existem independentemente de qualquer ponto de vista e de qualquer objetivo. Foi esclarecido que em vez de afirmar que tal teoria é verdadeira, se poderia pensar que os conhecimentos são satisfatórios para determinados momentos. Conforme Popper (1982), as teorias científicas nunca são empiricamente prováveis, por mais evidências que se encontrem a favor de uma teoria não é possível afirmá-la como verdade, pois no futuro poderá mostrar falhas e ser corrigida ou descartada.

Durante a discussão, foi perceptível que alguns alunos tinham opinião formada sobre a provisoriidade do conhecimento e outros ainda conservavam algumas dúvidas, como foi o caso do aluno E. Já o aluno J manteve a ideia apresentada no início da UEPS (1), de que a ciência está constantemente em busca da ‘verdade’ e se aprimorando para tal. Um ponto importante da discussão foram as considerações do aluno N, que contribuíram para chamar atenção de outros estudantes a aspectos que eles, possivelmente, não haviam pensado.

Desta discussão emergiram os seguintes códigos:

- (i) Existe um conhecimento final, uma verdade final, uma unificação de todas as teorias.
- (ii) O conhecimento nunca vai deixar de ser provisório, porque nunca saberemos se testamos todas as possibilidades.
- (iii) O conhecimento está sempre em construção, ele sempre será provisório.

### • **Terceira situação-problema**

Para este momento de discussão, foi escolhido o episódio 3, “Uma nova astronomia”, da série “Poeira das Estrelas”, apresentada por Marcelo Gleiser. Nessas cenas a história da cosmologia, envolvendo Kepler e Tycho Brahe, é retratada. Após a apresentação do vídeo, foram realizados questionamentos aos alunos. Foi afirmado que o

desenvolvimento do conhecimento da cosmologia vem ocorrendo desde o início do livro 1 “Força e movimento de Thales a Galileu (PEDUZZI, 2015a), e se estende até o livro 2 “Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana” (PEDUZZI, 2015b), que é objeto de estudo da UEPS (2). E toda a história vista até o momento mostrou vários corpos de conhecimento que foram problemáticos e foram sendo substituídos ou aperfeiçoados, à medida que o tempo passou e novas teorias foram surgindo e ganhando espaço. Sobre esses corpos de conhecimento ultrapassados, perguntou-se aos alunos se eles “atrapalharam o desenvolvimento da ciência”, se “eles estavam errados”, “se eles contribuíram para o desenvolvimento da ciência atual”, “se eles deixaram de ser científicos porque foram abandonados”.

Entre tantas ponderações, o **Aluno L** comenta que:

***Aluno L:** “Ele [o apresentador do vídeo] faz parecer que o Kepler era o bom da história e que Brahe era malvado. Ele passa uma visão pessoal dele no filme, ainda mais, quando ele diz que o personagem que ele considera mais, entre todos da História da Física era o Kepler. Esse não é um tipo de instrumento de divulgação científica para telespectadores em massa, ele está passando imagens de ciência nesse filme”.*

A visão crítica do aluno L demonstra seu nível de reflexão sobre os conteúdos que os audiovisuais veiculam. De acordo com o diário de campo da pesquisadora, esse estudante mostra evolução em relação às primeiras atividades realizadas com vídeos, ao realizar ponderações pertinentes sobre o que assistiu. Rezende (2008, p. 2) chama a atenção dos professores que utilizam recursos de vídeos ou filmes a respeito de que “os filmes científicos tendem a ‘tomar um partido’, ou seja, a defender uma determinada teoria ou visão em detrimento de outras”. Segundo o autor, é necessário que essas películas sejam analisadas como obras que resultaram de determinadas configurações pelas intenções de seus autores e de seus contextos de produção. Portanto, deve-se tomar cuidado ao levar em consideração as informações divulgadas por vídeos ou filmes sobre ciência.

Ao continuar o debate, a pesquisadora aproveita as falas do aluno L e complementa suas ideias:

**Pesquisadora:** *“Exatamente sobre esse ponto que eu queria comentar. Em outro vídeo que vimos na UEPS (1), Gleiser comenta que Aristóteles tinha argumentos errados e que Galileu com suas ideias derrubou Aristóteles de uma hora para outra e tudo que Aristóteles estudou foi deixado de lado. O que vocês tem a dizer sobre os corpos de conhecimento que já foram ultrapassados? Pensem na Filosofia Natural de Aristóteles, os epiciclos, o equante, o impetus... esses corpos de conhecimento anteriores... Eles foram importantes? Eles atrasaram o desenvolvimento do conhecimento? Os ‘cientistas’ do passado erraram? Como julgar corpos de conhecimento que já foram ultrapassados? Qual o papel deles na estruturação da ciência atual? Eles tiveram alguma relevância?”.*

**Aluno G:** *“Eu acho que é muito importante você olhar para trás e ver que tem alguma coisa errada e a partir daquilo tentar melhorar. Então ao meu ver, a gente evolui sempre utilizando conhecimentos anteriores. E quando você tenta melhorar e não chega a lugar nenhum, você apenas corrobora esses conhecimentos anteriores mais ainda, você dá mais força para eles”.*

**Aluno D:** *“Eu queria comentar que eles por exemplo, Aristóteles, eu julgo Aristóteles muito importante. Tem gente que diz: - ah ficaram muito tempo acreditando no corpo de conhecimento dele. Mas ele que impulsionou as discussões e através de tudo isso a gente chegou onde estamos agora. Então não tem como dizer que ele só errou. Ele errou mesmo, mas isso não foi ruim para ciência. Ele errou, mas algumas pessoas utilizaram as bases dele para trocaram o conhecimento e evoluírem. O trabalho dele serviu sim, não é como se não tivesse servido pra nada”.*

**Aluno A:** *“Tu olha isso como um movimento humano mesmo. Se tu olha a Idade Média era o que tu era capaz de fazer na época, a forma como se poderia pensar né? E antes disso ainda, o Aristóteles queira ou não, enfim, todo conhecimento que foi sendo colocado, foi um conhecimento do qual tu utilizou, é um passo para frente sabe. Não tem como tu não ter ouvido aquilo. Por mais que depois se*

*troque e se coloque outras coisas, mas é o que está em discussão”.*

**Aluno D:** *“E na questão sobre eles atrasarem o desenvolvimento do conhecimento. Por exemplo, você pode parar e pensar: poxa ficaram mil e poucos anos lá no pensamento de Aristóteles, então ele atrasou o conhecimento? Tipo para mim não. Ele impulsionou o conhecimento. Poderia, por exemplo, ter demorado muito mais tempo para se chegar onde estamos hoje se não tivesse existido alguém como ele. A gente não sabe”.*

**Aluno K:** *“Eu concordo também, que ele não atrasou, até porque não vai aparecer alguém que vai criar todo o conhecimento de uma hora para outra e do nada. Não existe isso”.*

**Aluno M:** *“Eu diria que eles fizeram parte do desenvolvimento do conhecimento então não tem como eles terem atrasado isso”.*

**Aluno H:** *“É que na verdade tu só sabe se tu está atrasado ou adiantado em relação a alguma coisa, né? Então tu não tem como saber se tu atrasou ou se está adiantado, porque simplesmente aconteceu, tu não tem outro universo paralelo onde o cara em vez de falar que não era a Terra era o Sol o centro”.*

É possível verificar, nessas falas, grandes pontos de reflexão desses alunos, no sentido de que os corpos de conhecimento mais antigos tiveram seu valor, seu poder preditivo e explicativo nos seus períodos de vigência. O aluno H levanta um aspecto amplamente debatido no campo da Historiografia Contemporânea, o do anacronismo. Sobre esse assunto, Forato, Pietrocola e Martins (2011, p. 37) comentam que:

Interpretar o passado anacronicamente, com valores, ideias e crenças de outra época, ou mediante normas e padrões atuais é um dos erros mais graves que se pode cometer e, ao mesmo tempo, um dos problemas historiográficos mais

corriqueiros, encontrado tanto na divulgação científica quanto no ambiente escolar.

Ou seja, um corpo de conhecimento que foi ultrapassado, se for olhado do presente, sem que se respeite o contexto e os valores de sua época, com certeza apresentará inconsistências. À vista disso, não se pode afirmar que a física de Aristóteles não faz parte da ciência, e de sua história, porque deixou de ser válida. A Filosofia Natural aristotélica era um corpo de conhecimentos coerente com uma forma de ver o mundo e os fenômenos naturais, ela tinha poder explicativo na época.

A partir da discussão da terceira situação-problema, emergiram os seguintes códigos:

- (i) A evolução do conhecimento se dá a partir da evolução ou modificação dos conhecimentos precedentes.
- (ii) Os corpos de conhecimento que já foram ultrapassados tiveram um papel importante e serviram de base para novos conhecimentos.
- (iii) As teorias mais antigas não podem ser interpretadas como fatores que atrasaram o desenvolvimento do conhecimento, elas desempenharam seu papel na sua época de validade.

#### **5.4.2 Instrumento 2: exemplificação das três ndc por meio da História da Física presente no filme “Cartesius” (UEPS 2)**

O próximo instrumento a ser analisado contemplou a discussão de trechos de um filme. Desta vez foi selecionado o longa-metragem “*Cartesius*” (1974) da coleção “Os Filósofos”, que foi produzido pelo Instituto Luce e dirigido pelo italiano Roberto Rossellini. Na obra cinematográfica, é apresentada a biografia de Descartes, juntamente à evolução de suas teorias e pensamentos, numa perspectiva filosófica. Foram escolhidos dois fragmentos do filme para serem discutidos com os alunos, levando em consideração o mecanismo de diferenciação progressiva, ou seja, os assuntos, foram tratados de maneira mais geral e, aos poucos, tópicos mais específicos foram abordados.

As cenas selecionadas abrangeram alguns elementos sobre Descartes e sua filosofia, que estavam sendo estudados no livro 2. O primeiro trecho tinha aproximadamente 10 minutos de duração e o segundo aproximadamente 5 minutos. Foi combinado com os alunos que as películas seriam exibidas e, após cada uma delas, seria realizado o debate com as reflexões deles sobre as três características da ndc que

poderiam ser relacionadas com as cenas. A seguir, são descritos, com base no diário de campo da pesquisadora, os pontos principais de discussão da atividade, sendo que cada trecho de vídeo foi colocado em uma seção.

- **Primeiro trecho do filme (de 00:35:52 a 00:44:18).**

No primeiro fragmento do filme Descartes está em Breda, na Holanda, onde serve o exército de Maurício de Nassau. Andando pelas ruas da cidade, ele encontra um problema de matemática colado em uma parede. Ao se aproximar para verificar do que se tratava, ele se depara com o próprio autor da indagação, o matemático Isaac Beeckman de Middelburg<sup>58</sup>. Após essa situação, eles passam a se encontrar para discutir a solução da questão e percebem que tem muito em comum sobre a forma de ver o mundo, o conhecimento científico e a sua construção. As ideias dos dois estudiosos eram contrárias aos princípios aristotélicos, eles defendiam a forma racional de compreender as coisas e durante seus diálogos apresentavam contrapontos aos princípios da verdade evidente supostamente obtida a partir dos sentidos. Em sequência, em um próximo momento, Descartes e Isaac Beeckman vão até uma aula de medicina, que está sendo ministrada por um professor com ideias aristotélicas, e ali geram um debate sobre a concepção racionalista em contrariedade aos pontos de vista que o professor apresenta.

Com essas cenas, pontuou-se aos alunos as formas de ver o mundo na perspectiva da Filosofia Natural Aristotélica e do panorama Racionalista de Descartes. No caso de Aristóteles, um corpo bem sedimentado no empírico, na verdade evidente. No caso de Descartes, totalmente baseado na razão e na metafísica.

Outra questão contemplada na discussão foi a respeito do conhecimento ser provisório, no sentido de que, corpos de conhecimento bem consolidados podem vir a apresentar problemas e, assim, novas teorias se instituírem. Em relação a isso, chamou-se atenção para o fato de que, mesmo que Descartes tenha criticado a física aristotélica, algumas características desse corpo de conhecimentos se fazem presentes na Física de Descartes, como foi estudado no livro 2. A título de exemplo pode-se citar que Descartes conserva a essência do conceito de elemento de Aristóteles, e a ideia da não existência do vazio.

Também evidenciou-se que a Física de Aristóteles teve certo papel na construção dos próximos conhecimentos e que, mesmo que essas

---

<sup>58</sup>Isaac Beeckman (1588 – 1637) foi um matemático, físico, médico e filósofo neerlandês.

ideias tenham sido ultrapassadas, não deixam de ser científicas no período em que estavam vigentes. Outro ponto discutido destacou o anacronismo em analisar corpos de conhecimento do passado, sem levar em consideração o contexto e os valores da época; ou seja, foi evidenciado que cada teoria no período de sua vigência tinha poder explicativo e preditivo.

- **Segundo trecho do filme (de 01:04:18 a 01:08: 57)**

O segundo trecho de vídeo ilustrou o “método” de Descartes, onde ele enuncia suas regras para o bem conduzir da verdade. Nas cenas, ele explicita sua forma “racional” de ver as coisas e construir o conhecimento, em que a mente é a origem de tudo. Ele segue explicitando seu método de intuição seguido de dedução matemática e defende a “clareza da evidência” (contraponto a verdade evidente de Aristóteles). Ele também justifica que é necessário um método que conduza os pensamentos em ordem, que a busca da verdade deve ser metódica.

Sobre esse assunto, foi enfatizada a ideia de que não existe uma única forma para conceber o conhecimento e foram realizados contrapontos entre os princípios de Aristóteles e de Descartes para a construção do conhecimento. Também foi destacado que, no decorrer do estudo da História da Física, outros métodos e procedimentos seriam utilizados pelos mais diferentes filósofos e físicos. Ainda sobre esse assunto, os alunos lembraram do vídeo do “Mundo de Beakman” e fizeram contrapontos com a concepção de que os cientistas trabalham somente através dos passos pré-determinados do “método científico”.

Também foram suscitadas reflexões a respeito do experimento na construção do conhecimento, o qual para Descartes tinha diferentes papéis. Para ele, a experimentação não tinha apenas o papel de corroborar ou refutar uma teoria em sua forma final, conforme é ilustrado na concepção do “método científico”. Nesse contexto, um aluno levantou a questão: “Tem como construir ciência sem fazer experimento?”. Isso gerou uma grande discussão e os estudantes se mostraram divididos, a princípio. Alguns apresentaram ideias mais elaboradas, demonstrando um pensamento bem amplo sobre a atividade científica, outros nem tanto, e outros não se expressaram, mas ouviram com atenção ao debate. A respeito disso, foi argumentado sobre os corpos de conhecimento que não têm contrapartida empírica, como a teoria de cordas, e, ainda assim, persistem como temas de pesquisa. Também foram levadas em consideração na discussão as teorias que não tiveram necessariamente um experimento, mas sim uma experimentação em pensamento, que

corroborou a ideia. Ao fim, foi discutido que o ponto maior de uma teoria em ascensão é quando a evidência empírica aparece. Isso cria uma máxima para a corroboração, e que não é errado se pensar que a parte empírica é importante para a construção do conhecimento, o maior problema é raciocinar que somente a partir dela é que se gera conhecimento. Quer dizer, deve-se ter em mente que antes do dado empírico existe uma teoria.

Alguns alunos demonstraram boas compreensões sobre os assuntos enfatizados, outros ainda persistiram com algumas dúvidas e outros não chegaram a se expressar. Mas, ao que se constatou, pareceu estar havendo um aprimoramento de ideias, de maneira geral, na turma. Ao final deste instrumento, emergiram os seguintes códigos:

- (i) Corpos de conhecimento bem consolidados podem vir a apresentar problemas e, assim, novas teorias se instituem.
- (ii) O conhecimento não surge do nada, mas sim da modificação de um conhecimento precedente.
- (iii) Cada teoria no período de sua vigência teve poder explicativo e preditivo, portanto, não pode ser considerada não científica em seu período.
- (iv) Não existe uma única forma para conceber o conhecimento.
- (v) Não é errado em se pensar que a parte empírica é importante para a construção do conhecimento, o maior problema é raciocinar que somente a partir da parte empírica é que se gera conhecimento, como é enunciado no “método científico”.

### **5.4.3 Instrumento 3: Análise de livros didáticos de Física aprovados pelo PNLD 2015**

Posteriormente, como passo sequencial de aumento de complexidades, foi eleita uma análise de livros didáticos com foco na ndc. Foram selecionados cinco volumes aprovados pelo PNLD de 2015 para uma análise inicial que foi apresentada, posteriormente, aos alunos nesta aula. Os livros foram explorados procurando-se como eles apresentavam e, se apresentavam, concepções sobre “o método científico”.

O PNLD prevê a distribuição gratuita de livros didáticos para os alunos do ensino médio público de todo o país, que são escolhidos por uma comissão com base em certos critérios (BRASIL, 2014). De acordo com o ‘Guia dos livros didáticos: PNLD 2015’ para o componente

curricular Física, entre outros aspectos, foi observado se a obra, no Livro do Aluno:

- utilizou abordagens do processo de construção das teorias físicas, sinalizando modelos de evolução dessas teorias que estivessem em consonância com vertentes epistemológicas contemporâneas;
- trouxe 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. Nesse sentido, seria absolutamente necessário que a obra, em todo o seu conteúdo, fosse permeada pela apresentação contextualizada de situações-problema que fomentassem a compreensão de fenômenos naturais, bem como a construção de argumentações;
- evitou apresentar enunciados de leis, caracterização de teorias ou modelos explicativos, desacompanhados de suas condições de utilização, bem como de seus limites de validade;(BRASIL, 2014, p. 16).

Os volumes analisados foram recomendados pelo PNLD 2015 e estão no Quadro 5:

Quadro 5: Livros do PNLD 2015 analisados

	<b>Título</b>	<b>Autor (es)</b>	<b>Editora</b>
A	Física Ciência e Tecnologia (Volume 1)	Carlos Magno A. Torres Nicolau Gilberto Ferraro Paulo Antonio de Toledo Soares Paulo Cesar Martins Penteado	Moderna
B	Física – Mecânica (Volume 1)	Ricardo Helou Doca Newton Villas Bôas Gualter José Biscuola	Saraiva
C	Física Contexto & Aplicações (Volume 1)	Antônio Máximo Beatriz Alvarenga	Scipione
D	Ser Protagonista Física (Volume 1)	Angelo Stefanovits	Edições SM

E	Física – conceitos e contextos: pessoal, social, histórico (Volume 1)	Maurício Pietrocola Alexander Pogibin Renata de Andrade Talita Raquel Romero	FTD
---	---	---	-----

**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (2017).

Inicialmente foi explicado aos alunos do que se tratava a análise que seria apresentada e foram realizados comentários sobre os problemas em conceber a construção do conhecimento por meio de etapas rígidas e pré-determinadas. Foi mencionado que nada há de errado em pensar que a ciência se utiliza de métodos ou procedimentos, o problema está em compreender esse processo como se ele fosse decorrente de uma única metodologia, onde cada passo tem o seu papel definido. Também foi comentado que a concepção de uma única forma de edificar a ciência desvaloriza qualquer outra possibilidade como as descobertas ao acaso, que já foram comentadas em aulas anteriores. Além disso, foi evidenciado que o contexto da descoberta tem muitas outras perspectivas que são desvalorizadas quando se pensa no sentido mais simples do método científico, como a imaginação, a criatividade, os conhecimentos prévios, a perseverança do pesquisador, a coletividade, a persuasão, entre outros.

Para apresentar o conteúdo aos estudantes, foram selecionados excertos dos livros, onde o método científico era enfatizado. Após a exibição foi realizada uma discussão em grande grupo. Com o objetivo de sintetizar as análises, optou-se por apresentar aqui somente os comentários referentes aos livros A, C e E.

- **LIVRO A (TORRES, et al., 2013)**

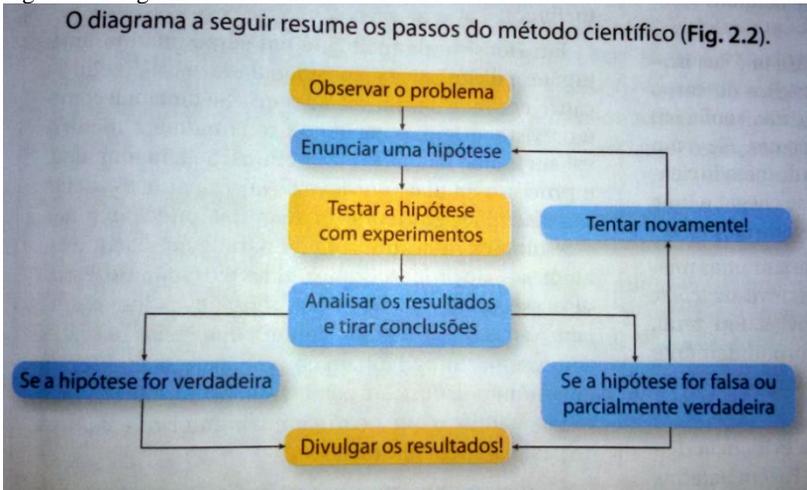
Em uma seção intitulada “Método científico”, logo ao início do livro, há o seguinte comentário (p. 28):

*“Como um cientista resolve problemas cientificamente? Ele se utiliza do chamado **método científico**. Esse método permite resolver problemas de maneira ordenada, com base em certos processos. Mas nem todos os cientistas seguem os mesmos procedimentos e na mesma ordem”.*

Após esse comentário os autores tomam como exemplo uma investigação científica que segue os seguintes passos: pergunta –

observação – hipótese – experimentos – análise – resultados. Em seguida, um diagrama é exposto, ilustrando a sequência do método científico:

Figura 5: Diagrama sobre o método científico



**Fonte:** Torres, et al., 2013.

Na sequência, os autores complementam suas explicações:

*“Entretanto, o método científico não é a única forma pela qual a Ciência se desenvolve. O conhecimento científico pode avançar por tentativas, com erros e acertos, podendo até mesmo se desenvolver a partir de uma descoberta acidental”.*

Então, é invocado o exemplo da descoberta acidental dos Raios X. Em seguida desse exemplo, os autores utilizam Thomas Kuhn, explicitando suas ideias de ciência normal, crises e revoluções científicas.

É possível perceber que os autores dão grande ênfase ao método científico, e, inclusive, enunciam seus passos, mas, ao mesmo tempo, eles fazem algumas ressalvas. Entretanto, as retificações são insuficientes se comparadas ao destaque que é dado ao método científico e suas características, o que reforça a ideia de que há um padrão único para a construção do conhecimento.

Durante as discussões, os alunos enfatizaram que este livro tem potencial para ser muito bem utilizado no Ensino Médio, mas que o professor deve estar preparado para conseguir esclarecer os pontos em

que os autores dão grande realce ao método científico e seus passos. Esse fato, levantado pelos alunos, é ressaltado amplamente pela literatura da área (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002).

- **LIVRO C (MÁXIMO; ALVARENGA, 2013)**

Em uma seção inicial do livro “As ciências da natureza e a ideia do método científico” os autores enunciam a pergunta: “Mas o que é método científico?” e a respondem da seguinte forma:

*“É a maneira que o ser humano encontrou para entender a natureza, descobrir suas regularidades e desvendar seus mistérios. Em outras palavras, é a forma que os cientistas utilizam para obter conhecimento sobre o mundo. No entanto, estudiosos da história da ciência acreditam que os cientistas não seguem uma receita pronta para obter esse conhecimento ou fazer suas descobertas. Mas eles não negam que alguns procedimentos costumam estar presentes durante as pesquisas científicas, como é o caso da formulação de hipóteses e dos testes experimentais”.*

Após esses comentários, os autores mencionam os problemas em conceber a construção do conhecimento de maneira acumulativa e destacam que pode haver mudanças e substituições em teorias.

Ao que se percebe, os autores estão defendendo a ideia do método científico e citam os pesquisadores da história da ciência como um grupo isolado que vai contra essas ideias. Caso isso seja mal interpretado, pode incorrer na impressão de que o método científico só não é considerado por esse grupo de estudiosos.

Entre os comentários dos alunos, o estudante A menciona que: *“É como se a natureza tivesse um manual e tu seguindo esse manual tu é infalível”*. As ponderações seguintes dos outros enfatizaram que essa é a principal ideia que esses livros passam ao destacar tanto o método científico.

O aluno G demonstrou estar incomodado com essa situação, de os autores dos livros mencionarem fortemente a concepção de um método científico, e questionou se os estudantes do Ensino Médio quando lêem esse tipo de informação não vêem contradições. Ele argumentou que um estudante pode pensar que Newton, Galileu e outros estudaram em épocas

distintas e em lugares diferentes, não tinham contato, e então não tem como eles terem utilizado as mesmas regras, fechadas, para edificar suas teorias. O aluno afirmou que essa história do método científico é tão absurda, que seria impossível um aluno do Ensino Médio não perceber que há algo de errado nela. Infelizmente não é esse o panorama que a educação científica possui hoje em dia. Foi explicado ao aluno os resultados de pesquisas (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2005; VITAL; GUERRA, 2014; PAIVA; ALBUQUERQUE, 2014) que mostram que os alunos possuem visões rígidas e empírico indutivistas da atividade científica.

Em seguida, o aluno D deu prosseguimento aos comentários de G e enfatizou outro ponto sobre o assunto. Ele argumentou que não acha que os alunos do Ensino Médio tenham esse nível de reflexão, mas que, se o professor perpetuar ideias como essa, de que existe um único método para construir o conhecimento, por mais que o aluno questione, a palavra do professor tem um grande poder. Sobre isso, a literatura da área indica que é comum professores de Ensino Médio terem concepções simplistas da ciência (SILVA; CUNHA, 2012; ABD-EL-KHALICK, 2012; GUERRA-RAMOS, 2012; MOURA, 2014).

- **LIVRO E (PIETROCOLA, et al., 2013)**

Esta obra inicia fazendo um retrospecto histórico desde tempos antes de Aristóteles para explicar como a ciência foi desenvolvida ao longo dos milênios. Dentre vários cientistas mencionados, os autores citam Galileu e suas contribuições, argumentando que:

*“Talvez o grande mérito de Galileu tenha sido unificar e aperfeiçoar práticas já existentes antes dele. A observação já era enfaticamente defendida por Aristóteles e utilizada muitos séculos antes pelos babilônios egípcios. A matematização da natureza teve início significativo com o filósofo e matemático Pitágoras (570 a.C. – 496 a.C), que acreditava que os números eram a essência de tudo. E, por fim, o uso da razão como o único caminho para a verdadeira essência do mundo foi pregada por outro filósofo grego chamado Platão (427 a.C – 347 a.C). O mérito de Galileu foi unificar tudo isso em um procedimento de investigação do mundo que ficou conhecido na História como o moderno método*

*científico. De acordo com esse método, uma afirmação sobre a natureza que puder ser submetida a testes experimentais e formulada em termos matemáticos é candidata a ser uma lei científica”.*

Esse volume já traz uma visão bem mais contextualizada do assunto e menciona que a sistematização de Galileu ficou conhecida na história como método científico. Explicou o motivo pelo qual Galileu pode ser considerado o unificador dos procedimentos de investigação e, por fim, afirma que esse método pode ser utilizado para legitimar leis científicas. Outro aspecto importante é que os autores não denominam o método no singular, mas sim como um procedimento qualquer, e o denominam de “esse método”. Há, nesta obra, aspectos mais contextualizados do que nas outras. Os alunos julgaram que, se o professor souber utilizar esses conteúdos, esse material pode ser bem aproveitado para a sala de aula.

A partir desses exemplos de obras didáticas, vê-se que, por um lado, há um grande esforço da comunidade acadêmica em contemplar, na formação inicial e continuada de professores, modificações que valorizem o estudo *sobre* a ciência, aliando a HFC a essa empreitada para possíveis contribuições ao ensino de ciências. Mas, por outro lado, há, ainda, livros didáticos recentemente publicados, que insistem em transmitir concepções de ciência já superadas.

É possível, portanto, verificar que a concepção empirista-indutivista de ciência permanece sendo perpetuada. Nessa situação, há de se questionar, em conjunto com Silveira e Ostermann (2002, p. 12):

Como isso é possível frente ao acúmulo de argumentos epistemológicos que a contrariam [a visão empírico-indutivista]? E os esforços de uma aproximação entre HFC e o ensino de ciências não têm sido eficazes para sua superação? Nossa experiência em formação inicial e continuada de professores de Física e Ciências tem evidenciado que a tarefa de problematizá-la não é trivial, pois esta mostra-se profundamente arraigada e resistente a mudanças. É impossível tentar desacreditá-la em poucas aulas e com argumentos superficiais e pouco convincentes. É preciso construir estratégias didáticas, inspiradas em epistemologias contemporâneas, a fim de

promover o entendimento de que o programa empirista-indutivista é regressivo e degenerou no sentido de Lakatos (1987, 1989) se comparado a outros enfoques mais modernos.

Diante disso, o presente trabalho, justamente, utiliza argumentos com o objetivo de mostrar aos futuros graduados em Física que, por exemplo, a ideia de um singular método científico para a construção do conhecimento não se sustenta.

Por fim, entre os tantos comentários dos alunos os que mais se repetiram foram sobre a postura do professor em sala de aula. Eles argumentaram, de maneira geral, que o professor é o maior responsável pela imagem de ciência veiculada aos alunos. Enfatizaram que se o material didático não for totalmente adequado, mas o professor tiver a potencialidade para desmistificar as visões equivocadas, isso pode se refletir em alunos melhor orientados sobre a atividade científica.

Ao final da discussão dessas obras foi possível perceber a postura de análise dos alunos em relação ao material e o incômodo que eles apresentaram em relação a alguns dos livros. Foi possível verificar que os estudantes estão tendo evoluções em relação às suas compreensões dos aspectos da ndc.

A partir dessa atividade, emergiram os seguintes códigos:

- (i) O método científico é a forma que os cientistas utilizam para trabalhar, seguindo passos predeterminados.
- (ii) Há muitos procedimentos para desenvolver e validar leis e teorias.

#### **5.4.4 Instrumento 4: exemplificação da ndc pelos alunos (UEPS 2)**

Na sequência, contemplando o passo da reconciliação integrativa, foi escolhido o sexto encontro, que tratou da discussão e exemplificação da ndc pelos alunos no capítulo 6 “Das resistências à gravitação ao contexto de sua aceitação” (PEDUZZI, 2015b).

Todos os treze participantes da pesquisa estavam presentes nesta aula e foi solicitado que se reunissem em grupos de duas ou de três pessoas. Foi explicado que cada grupo receberia uma ndc e que eles deveriam exemplificá-la ou contraexemplificá-la com fundamentação na História da Ciência presente no capítulo de estudo.

As características elencadas para esta aula foram as seis exploradas durante o desenvolvimento das duas UEPS (ndc1, ndc2, ndc3, ndc4, ndc5,

ndc6), não somente as últimas três que foram estudadas na UEPS (2). A finalidade de englobar as outras três ndc que foram estudadas na UEPS (1) era a de que, como alguns alunos não atingiram a compreensão total das três categorias, era preciso fortalecer a discussão desses aspectos. Além disso, durante o andamento das aulas da UEPS (2), sempre que possível, eram realizados comentários referentes a essas ndc da UEPS (1).

Como os alunos se organizaram por conta própria, foram estruturados três trios e duas duplas. Já que eram seis proposições e eles formaram apenas cinco grupos, foi proposto se eles gostariam de “re-dividir” ou se algum grupo poderia ficar com duas proposições para exemplificar. Eles optaram pela segunda sugestão e o grupo 1 se propôs a ficar com duas ndc.

A organização dos grupos ficou da seguinte forma:

Grupo 1 – ndc1 e ndc 6 – Alunos J, K e N.

Grupo 2 – ndc 2 – Alunos A, G e H.

Grupo 3 – ndc 3 – Alunos I e L.

Grupo 4 – ndc 4 – Alunos D e F.

Grupo 5 – ndc 5 – Alunos B, C e E.

Inicialmente, foram dados 15 minutos para os alunos alinhavarem seus argumentos, mas eles solicitaram, além desse tempo, mais 15 minutos. Após o tempo de preparação iniciaram-se as discussões, onde cada grupo teve, em média, 10 minutos para expor seus comentários.

A seguir, apresenta-se a descrição dos argumentos de cada grupo, que são separadas em seis seções, uma para cada ndc:

**ndc1. O trabalho científico é influenciado por fatores políticos, sociais, religiosos, afetivos, convicções pessoais; a ciência é um empreendimento humano que não se desenvolve isoladamente e de maneira neutra.**

O grupo argumentou a respeito das influências políticas e sociais que estão presentes no texto do capítulo para aceitação do corpo de conhecimentos de Newton. Eles enfatizaram que ele publicou sua obra “Principia” na Inglaterra e, para que ela pudesse ser difundida na França, que era fortemente impregnada pela Física cartesiana, ele precisou contar com a ajuda de pessoas influentes que fizeram a tradução dos seus escritos e assim o ajudaram a divulgar suas ideias. Também comentaram sobre as ações que foram empreendidas na própria Inglaterra, que também era tomada pelas concepções cartesianas. Sobre isso, citaram a questão de Newton ter sido eleito presidente da Royal Society. Ao passo que os alunos foram comentando esses exemplos, deixaram claro que essas

foram influências de cunho mais externo para o desenvolvimento do conhecimento. Mas também falaram de interferências de tendências mais internas, como a convicção pessoal do próprio Newton sobre a sua teoria.

O grupo também ponderou sobre as influências econômicas envolvidas na produção científica, quando os cartesianos afirmavam que a Terra tinha formato de um elipsoide alongado nos polos e os newtonianos afirmavam que era alongado no equador. Os estudantes enfatizaram que as expedições incentivadas por Maupertuis<sup>59</sup> para verificar essa controvérsia tiveram muito mais apoio devido ao fato de que a determinação exata da forma da Terra seria fundamental para uma navegação segura naquela época. Assim, os interesses comerciais e expansionistas estimularam o desenvolvimento desse conhecimento sobre a forma da Terra.

**ndc2. A aceitação de novos conhecimentos nada tem de trivial, a substituição de teorias envolve persuasão, disputas e grandes períodos de resistência.**

O grupo iniciou evidenciando que o capítulo 6 em si parece ser uma pequena tese para defender essa proposição, uma vez que ele é baseado nas resistências à aceitação da gravitação de Newton. Então eles leram uma parte inicial da introdução do capítulo:

Contudo, aqueles que consideram que a decisão fria e racional deve sempre orientar todos os juízos na ciência, muitas vezes se surpreendem com a presença de deliberadas estratégias de convencimento que transcendem o domínio da argumentação meramente científica, ou de atitudes e procedimentos mais drásticos, que ferem a ética, como os que fazem uso da pressão do poder (político, econômico, etc.) e de outros meios nada científicos para acelerar, ou até forçar, uma dada escolha em um embate paradigmático (PEDUZZI, 2015b, p. 128).

Em seguida, comentam sobre a aceitação do “Principia mathematica” na Inglaterra, onde, segundo eles, os newtonianos desenvolveram uma estratégia de “marketing”. Argumentaram que foi um grande movimento, um artifício de “guerra” para que esse conhecimento

---

<sup>59</sup>Pierre Louis Moreau de Maupertuis (Saint-Malo, 1698 – 1759) foi um filósofo, matemático e astrônomo francês.

newtoniano fosse aceito. Enfatizaram, ainda, que não bastou o corpo de conhecimentos de Newton ser mais preditivo e explicativo para que fosse aceito, então outras ações tiveram que ser empreendidas nesse sentido. Também mencionaram o fato de que Maupertuis usou das mais variadas estratégias para convencer outros sobre as teorias de Newton.

Outro ponto enfatizado por eles foi o fato de que a teoria de Newton tinha resistências fortes porque exigia grande conhecimento matemático. Segundo eles, o Principia tinha uma linguagem muito difícil para a maior parte das pessoas e a população que seria capaz de compreender as ideias de Newton estava impregnada de concepções cartesianas.

O grupo mencionou, também, que as ideias de Newton somente foram aceitas com muita persuasão e que a expedição de Maupertuis contribuiu em grande parte para a aceitação delas. Enfatizaram, ainda, a ação que foi empreendida por Samuel Clarke<sup>60</sup> no livro de Jacques Rohault<sup>61</sup> que fazia uma exposição didática da teoria dos vórtices de Descartes. Segundo os alunos, nesta situação Clarke publicou quatro novas versões da obra de Rohault e nelas, cada vez mais, discutiu alguns conceitos do Principia de Newton, sem refutar as ideias de Descartes. Isso tudo com o objetivo de fazer os leitores perceberem a física de Newton e os problemas nas ideias de Descartes.

**ndc3. A construção do conhecimento por meio de observações ou experimentações neutras, que não envolvem vínculos do observador/experimentador com o fenômeno, é uma falácia; os dados por si só não geram conhecimento.**

O grupo iniciou citando um trecho do livro 2:

O diálogo das concepções teóricas de Newton com as observações que faz e com os experimentos que realiza, e que podem ou não ser sugeridos por essas observações e experimentos, evidenciam uma relação recíproca e intensa de dependência entre teoria e experiência. O pressuposto de neutralidade das observações, feitas por uma mente atenta e aberta, sem preconceitos, é fantasia do mais ingênuo indutivista (PEDUZZI, 2015b, p. 139-140).

---

<sup>60</sup> Samuel Clarke (1675-1729), um amigo e discípulo de Newton.

<sup>61</sup> Jacques Rohault (1618-1672) foi um filósofo francês. Além de físico e matemático era seguidor do Cartesianismo.

Sobre isso, argumentaram que Newton fez uma lista de proposições e axiomas, tentou provar teoricamente suas deduções e depois utilizou experimentos para verificar suas ideias. Eles mencionaram o fato de que, ao fazer um experimento, por exemplo, Newton já tinha uma concepção “por trás” do que deveria acontecer, ele já estava esperando certos resultados. Ou seja, Newton já tinha uma ideia preconcebida sobre o que poderia advir no experimento. Os estudantes mencionaram, ainda, que isso ocorria no tempo de Newton, mas hoje ainda acontece, uma vez que quando eles vão para o laboratório, já têm uma certa ideia do que possa acontecer com o experimento. Mesmo que seja falsa ou ingênua, sempre se tem uma idealização preconcebida sobre as observações.

De forma interessante, os alunos comentaram que a concepção de que o cientista entra no laboratório com a mente limpa e neutro é muito simplista e que isso não passa de um certo ideal que as pessoas criam sobre a forma de construir conhecimento. Ou seja, demonstram que estão em um outro nível de compreensão, apresentando a reflexão de que naturalmente todas as observações não são neutras e é uma ilusão pensar o contrário.

Outro ponto enfatizado foi sobre a forma da Terra. Eles argumentaram que os cartesianos e os newtonianos tinham os mesmos dados geodésicos, mas cada um desses grupos interpretava de uma maneira. Os cartesianos insistindo que a Terra era um elipsoide alongado no sentido dos polos e os newtonianos afirmando que ela era alongada no sentido do equador.

**ndc4. A ideia de um conjunto de regras universais para se fazer ciência, como se existisse apenas um método científico desfigura o processo da construção do conhecimento; o empreendimento científico envolve inúmeros procedimentos, os quais são dinâmicos, não lineares, subjetivos e essencialmente criativos.**

O grupo citou a parte do livro “Óptica” de Newton, onde ele se posiciona claramente sobre os métodos que utiliza para construir o conhecimento. Ali o físico inglês diz que:

Essa análise consiste em fazer experimentos e observações e deles extrair conclusões gerais, através da indução, e em não aceitar nenhuma objeção contra as conclusões senão as que forem extraídas de experimentos ou de outras verdades

seguras (NEWTON apud PEDUZZI, 2015b, p. 138).

Os alunos argumentam que Newton tenta criar certas regras para construir o conhecimento e ao mesmo tempo, esses princípios vão de encontro aos defendidos por Descartes. Segundo os estudantes, ele enuncia como o conhecimento deve ser construído com métodos diferentes dos de Descartes, para poder afirmar que o que Descartes fez não é construção de conhecimento.

Outro fato mencionado é que Newton enuncia princípios diferentes no “Principia” e no “Óptica” para construir seus conhecimentos. Eles afirmaram que ele tentava colocar um certo método, mas ele mesmo não seguia à risca seus próprios princípios. De acordo com os estudantes, esta é uma grande evidência de que o suposto singular método científico é um engano.

**ndc5. Corpos de conhecimentos científicos, mesmo os mais amplamente aceitos, são inerentemente provisórios. O conhecimento está sempre sujeito a ser modificado, caso surjam novas teorias que expliquem de forma mais satisfatória os fenômenos.**

O grupo argumentou que a essência do capítulo 6, que estava em discussão, era a substituição do conhecimento de Descartes pelo de Newton, contudo eles ressaltaram que isso não foi uma mudança abrupta, foram várias ações tomadas ao longo de vários anos para que isso pudesse ocorrer, ou seja, a transformação foi gradativa.

Os alunos comentaram que o pensamento vigente na época em que o mecanicismo newtoniano emergiu era o cartesiano e, mesmo que a teoria de Newton fosse mais preditiva e explicativa, ela não substituiu subitamente a de Descartes. Foi comentado que nos processos de substituição de conhecimentos, os argumentos fracos, podem ser transformados em argumentos fortes através de, por exemplo, poder político e persuasão. Entretanto, quando se analisa a coerência interna do corpo de conhecimentos, e aparece uma nova teoria que consegue responder todas as perguntas que a anterior já responde, consegue responder, além dessas, outras perguntas, que inclusive a teoria anterior não consegue dar conta e ainda consegue fazer mais previsões e dar mais explicações do que o conhecimento anterior, é eminente a substituição do primeiro pelo segundo. No entanto, eles reforçaram a compreensão que isso não acontece de uma hora para outra.

Por fim, foi comentado a respeito de utilizar o termo “comprovar”, no sentido de confirmar a veracidade de algo na ciência, que essa

expressão pode ser problemática, se for analisada no âmbito filosófico. Afinal, se algo está comprovado, jamais será modificado, o que vai contra a ideia de provisoriedade do conhecimento. Foi salientado que utilizar termos mais tênues como “corroborar” fica, do ponto de vista filosófico, mais adequado ao se falar do conhecimento científico.

**ndc6. Nenhum conhecimento deixa de ser científico porque foi substituído. No período de sua vigência ele se constituiu em um corpo de conhecimento coerente, com poder explicativo e preditivo.**

O grupo iniciou comentando que o mais óbvio para corroborar esta afirmação é observar o que Newton utilizou de Descartes para edificar seus conhecimentos. Por exemplo, na teoria de Descartes que utilizava os vórtices, ele afirmava que a Terra era redonda e achatada na direção dos polos, já Newton afirmava que, devido à rotação a Terra deveria ser alongada na direção do equador.

Também mencionaram que no livro II do Principia Newton rejeita a ideia dos vórtices de Descartes, mas, antes disso, a teoria cartesiana conseguia explicar vários fenômenos. Ou seja, as ideias cartesianas tinham poder explicativo e até preditivo dos fenômenos, na época em que eram vigentes. O corpo de conhecimentos cartesiano era coerente e mesmo que tenha sido substituído, auxiliou, por exemplo, Newton a pensar sobre os fenômenos.

Então concluíram que os corpos de conhecimento podem ser substituídos, ou aperfeiçoados, mas ridicularizar teorias ultrapassadas, ou afirmar que não serviram para nada, incorre a anacronismo histórico. Segundo eles, por mais que hoje, uma ideia seja julgada incoerente, na época em que estava vigente tinha seu papel e apresentava poder preditivo e explicativo. Eles argumentaram que não é porque um conhecimento foi substituído que ele deixa de ser científico, pois o status de cientificidade depende dos valores envolvidos em cada período da história e não se pode julgar padrões antigos com concepções atuais.

Os grupos do debate demonstraram domínio do conteúdo e clara exemplificação das proposições da ndc no capítulo em questão. Considerou-se que a atividade foi potencializadora no sentido de que os alunos que tinham uma compreensão mais ampla puderam mostrar seus pontos de vista aos colegas e os instrumentalizar a argumentar.

Deste debate, emergiram os seguintes códigos:

- (i) A construção do conhecimento científico é sensível a influências de várias naturezas.

- (ii) Novos corpos de conhecimento enfrentam resistências de variadas espécies para se instituírem.
- (iii) Observações neutras não existem, elas não passam de uma ideia ingênua sobre a construção do conhecimento.
- (iv) A ideia de um único método para construir o conhecimento é um engano.
- (v) Os corpos de conhecimento estão sempre sujeitos a serem modificados, caso surjam novas teorias mais completas.
- (vi) Teorias ultrapassadas tiveram seu período de validade com poder preditivo e explicativo em sua época e não podem ser julgadas com valores do presente.

### **Codificação focalizada**

Os códigos emergentes dos quatro instrumentos analisados até aqui salientam intersecções que direcionam para a codificação focalizada. Logo, a partir dessa codificação, é possível perceber a emergência de categorias axiais. Essas categorias foram instituídas a partir da codificação inicial, onde as palavras, linhas e segmentos analisados apresentavam intersecções para pontos comuns e, a partir disso, surgiu a codificação focalizada. O Quadro 6 abaixo mostra os códigos focalizados e a categoria axial que emergiu a partir da análise focalizada.

Quadro 6: Codificação dos instrumentos

Códigos que emergiram das análises	Categorias axiais
O método científico passa uma ideia linear, de que tudo pode ser resolvido através dele.	Não há um método científico singular, universal que possa captar a complexidade da atividade científica
Os passos enunciados do método científico fazem parte da construção do conhecimento, mas não de maneira sequencial e incompleta.	
O conhecimento surge através de observações da natureza.	
A ciência pode ser desenvolvida ou surgir das mais variadas formas.	
Existem outras formas de construir o conhecimento, que não seja através do método científico.	
A criatividade e imaginação são importantes para a elaboração e sistematização do conhecimento.	

Um cientista, ao afirmar que utilizou os passos do método científico, passa mais confiança para o público leigo, que é fortemente ligado a confiar em evidências empíricas.	
Não existe uma única forma para conceber o conhecimento.	
A construção do conhecimento exige uma sequência de passos predeterminada.	
Não é errado em se pensar que a parte empírica é importante para a construção do conhecimento, o maior problema é raciocinar que somente a partir da parte empírica é que se gera conhecimento, como é enunciado no “método científico”.	
O método científico é a forma que os cientistas utilizam para trabalhar, seguindo passos predeterminados.	
Há muitos procedimentos para desenvolver e validar leis e teorias.	
A ideia de um único método para construir o conhecimento é um engano.	
Existe um conhecimento final, uma verdade final, uma unificação de todas as teorias.	
O conhecimento nunca vai deixar de ser provisório, porque nunca saberemos se testamos todas as possibilidades.	
O conhecimento está sempre em construção, ele sempre será provisório.	
O conhecimento científico possui caráter provisório.	
A ciência possui uma verdade final que nunca se modifica.	
Resistências a mudanças é natural do ser humano, isso se reflete na atividade científica, uma vez que ela resulta da ação humana.	
Corpos de conhecimento bem consolidados podem vir a apresentar	
	O conhecimento científico está sempre sujeito a alterações, portanto é considerado provisório

problemas e, assim, novas teorias se instituem.	
Os corpos de conhecimento estão sempre sujeitos a serem modificados, caso surjam novas teorias mais completas.	
A evolução do conhecimento se dá a partir da evolução ou modificação dos conhecimentos precedentes.	
Os corpos de conhecimento que já foram ultrapassados tiveram um papel importante e serviram de base para novos conhecimentos.	
As teorias mais antigas não podem ser interpretadas como fatores que atrasaram o desenvolvimento do conhecimento, elas desempenharam seu papel na sua época de validade.	
O conhecimento não surge do nada, mas sim da modificação de um conhecimento precedente.	
Cada teoria no período de sua vigência teve poder explicativo e preditivo, portanto, não pode ser considerada não científica em seu período.	
Teorias ultrapassadas tiveram seu período de validade com poder preditivo e explicativo em sua época e não podem ser julgadas com valores do presente.	
A construção do conhecimento científico é sensível a influências de várias naturezas.	
Novos corpos de conhecimento enfrentam resistências de variadas espécies para se instituírem.	
Observações neutras não existem, elas não passam de uma ideia ingênua sobre a construção do conhecimento.	
	Os corpos de conhecimento ultrapassados não deixam de ser científicos, pois em determinado momento, explicavam de forma satisfatória (ou quase satisfatória) os fenômenos naturais, de acordo com o pensamento vigente
	Códigos que já foram explorados na UEPS (1) – Não se aplicam para UEPS (2)

**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (2017)

No item “não se aplica”, do Quadro 6, aparecem três códigos que emergiram do instrumento 4, onde, além das três ndc da UEPS (2), foram exploradas novamente as três ndc da UEPS (1). Conforme já salientado,

foi dado espaço para a discussão dos elementos da UEPS (1) para que algum aspecto que não tivesse ficado esclarecido pudesse ser debatido nesse momento. No entanto, esses códigos não foram levados em consideração na codificação da UEPS (2), uma vez que já foram extensivamente explorados na UEPS (1).

A codificação focalizada, a descrição de cada um dos instrumentos e os diários de campo demonstram indícios de que houve uma evolução conceitual da ndc ocorrida por efeito da UEPS (2) na maioria dos alunos. Esta discutiu e trabalhou, explicitamente, a exemplificação da ndc através da História da Física. O último instrumento a ser analisado será a avaliação somativa individual da UEPS (2). Nele, as categorias que emergiram através da análise dos outros instrumentos serão utilizadas para buscar, individualmente, indícios de aprendizagem significativa.

#### **5.4.5 Instrumento 5: Avaliação somativa individual**

Finalmente, o último instrumento analisado trata da avaliação somativa individual que, nesta segunda sequência didática, abordou análises históricas, conceituais e epistemológicas de livros didáticos, ou outros materiais de Física.

A avaliação foi composta por duas partes: na primeira, os alunos deveriam descrever o que entendiam por cada uma das ndc (ndc4, ndc5, ndc6). Na segunda parte deveriam escolher um recurso didático de circulação que contivesse o conteúdo de História da Ciência trabalhado no livro 2, podendo ser um livro de divulgação científica, um livro de física de Ensino Superior ou um livro didático de Ensino Médio (nesse último caso deveria ser aprovado pelo PNLD 2012 ou 2015) ou outro material que julgassem conveniente.

No material selecionado, o aluno deveria escolher trechos que exemplificassem ou contraexemplificassem uma ou mais ndc entre as trabalhadas na segunda UEPS. No conteúdo eleito, deveria analisar/discutir os fragmentos tanto do ponto de vista histórico-conceitual quanto filosófico, à luz das ndc e dos assuntos sobre a História da Física trabalhados na disciplina. Os aspectos da avaliação contemplaram, ao mesmo tempo, os objetivos da disciplina e também os propósitos das UEPS.

A análise da avaliação somativa individual fundamentou-se a partir das categorias axiais definidas no Quadro 6. Como este trabalho procura indícios de aprendizagem significativa e de evolução conceitual, foram buscados trechos da avaliação em que foi possível perceber a interpretação dos alunos referente a cada uma das três categorias. Isso foi

comparado com o diário de campo e com os outros instrumentos a fim de poder analisar se foi possível perceber indícios de aprendizagem significativa em cada um dos alunos.

A classificação dos estudantes a respeito dos indícios de aprendizagem significativa, novamente, levou em consideração características citadas por Moreira e Masini (2011), que já foram utilizadas na análise da UEPS (1), e que podem ser compreendidas como evidências de aprendizagem significativa:

- (i) Posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis;
- (ii) Extensão, elaboração ou qualificação de conceitos;
- (iii) Interações entre os conceitos;
- (iv) Demonstração de detalhes e especificidades;
- (v) Diferenciação entre conceitos novos e ideias já estabelecidas (não tratar a nova proposição como um aspecto isolado);
- (vi) Aquisição de novos significados.

Entre os materiais selecionados pelos alunos para realizar esta avaliação surgiram quatro modalidades:

- Livro didático de Ensino Médio aprovado pelo PNLD 2012 ou 2015: Alunos B, D, F, H, I, J, K, L.
- Livro didático de Ensino Superior: Aluno N.
- Livro de divulgação científica: Aluno G.
- Vídeo sobre a História da Física: Alunos A, C e E.

A partir da análise preliminar individual dos trabalhos, os alunos A, B, C, D, E, F, G, H, I, K, L, N foram classificados com indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre as três categorias exploradas. O aluno J, desta vez, apresentou indícios parciais em uma categoria e indícios convincentes em duas.

Dos doze alunos que demonstraram boas compreensões das três ndc foram escolhidas quatro avaliações – dos alunos A, B, F e N – para representar o grupo. Essa seleção levou em conta o tipo do material analisado por eles, isto é, o trabalho do aluno A foi escolhido para ser transcrito, porque ele utilizou um vídeo; o do aluno B foi selecionado por ele ter optado por um livro didático do Ensino Médio; e o do estudante N foi em decorrência da opção dele por um livro de Ensino Superior. Já o aluno F foi selecionado porque ele expressou na UEPS (1) indícios parciais de aprendizagem significativa, à vista disso buscou-se apresentar sua avaliação neste momento como forma de demonstrar sua evolução. Por fim, a avaliação do aluno J também será transcrita, uma vez que na

UEPS (2) ele apresentou alguns indícios de aprendizagem significativa e, assim, evoluiu em relação à UEPS (1).

A partir de agora serão transcritas as avaliações de cada um dos cinco alunos selecionados, em ordem alfabética:

**Aluno A:** este aluno esteve presente em todas as aulas da UEPS (2) e sempre teve postura participativa e crítica nas atividades. Seus comentários demonstraram, desde o início da intervenção, compreensões mais amplas sobre a ndc. Evidenciou ao longo das aulas evolução em relação à solidez das argumentações nos debates, que cada vez mais eram pautadas na História da Física. Na introdução de sua avaliação, ele menciona que:

*Aluno A: “De forma geral, em um estudo mais sistemático e cuidadoso da história da ciência, em que nos afastamos do que poderíamos nos referir à como histórias simplificadas e quase simbólicas, percebemos, a cada novo autor e ponto de vista, diversos nuances e detalhes que nos mostram o quanto complexa e laboriosa foi (e, naturalmente, continua sendo) a construção do conhecimento humano. Se percebe que não há nada de trivial na forma de o ser humano trabalhar no propósito de conhecer a Natureza”.*

Essa fala descreve o nível de reflexão do aluno sobre o conteúdo e mostra que, à medida que ele foi conhecendo mais sobre a História da Física, foi percebendo muito mais complexidades nos processos que envolvem a atividade científica. Levando-se em consideração que este estudante já possuía certo nível de conhecimento sobre o assunto, ao iniciar das aulas, esse relato pode evidenciar a potencialidade dos livros e da unidade de ensino para enriquecer o seu nível de compreensão.

A seguir, é apresentada a avaliação individual deste participante da pesquisa, separada pelas categorias axiais a serem analisadas.

**a) Não há um método científico singular, universal que possa captar a complexidade da atividade científica**

Inicialmente o aluno descreve que:

*“Ainda que, historicamente, algumas pessoas tenham tentado definir um conjunto fechado de métodos para a construção do conhecimento (ao exemplo de Bacon e*

*Descartes), na prática o que se percebe é que, a cada passo do desenvolvimento científico, tratamos o conhecimento de forma diferente. Podemos ver isso quando Descartes defende a ideia de que o pensamento é progressivo e que 'caminha da teoria para a aplicação, da metafísica para a física, da física para a técnica, para a medicina, para a moral'. Sabemos, hoje, que o domínio de aplicação desta noção é limitado e que, por exemplo, acidentes no campo da medicina, química, etc. muitas vezes abrem campo para toda uma linha de pensamento em áreas completamente distintas destas”.*

Mais à frente, ele faz uma analogia aos métodos de Newton e de Descartes para enunciar que não existe apenas uma forma para edificar os conhecimentos:

*“Newton não se preocupava com a forma a partir da qual estava construindo seu corpo de conhecimento: estudava à sua maneira, e construía suas ideias de acordo com cada problema específico. No âmbito da Óptica, por exemplo, não deixou de citar em detalhes inúmeros experimentos e resultados de laboratório, corroborando, a partir destes, suas ideias, e desenvolvendo seu raciocínio. Ao compararmos este exemplo com o seu Principia, vemos que há uma forma um tanto diversa de se trabalhar, em que temos uma dissertação quase que inteiramente teórica sobre bases abstratas. Então, quando comparamos Descartes e Newton, vemos métodos e formas de trabalhar um tanto diversos”.*

Em relação ao início dos escritos do aluno “Newton não se preocupava com a forma a partir da qual estava construindo seu corpo de conhecimento”, essas afirmações não coadunam com as regras para filosofar enunciadas por Newton, tratadas na seção 5.4 do livro 2. Apesar disso, conforme discutido em aula e amplamente debatido por Cohen e Westfall (2002), sobre Newton, uma coisa é o que ele diz e outra é o que ele faz. Portanto, mesmo que o aluno apresente argumentos contrários às regras para filosofar de Newton, ele está expondo o seu ponto de vista, pautado nas discussões realizadas em sala de aula, sobre como o físico inglês trabalhava. É possível perceber, na robustez dos exemplos citados, os quais demonstram claramente os assuntos estudados em sala a partir

do livro 2, que o aluno demonstra grande compreensão sobre o assunto. Isso pode ser interpretado como um forte indício de aprendizagem significativa.

Na segunda parte da avaliação, o aluno selecionou um trecho de vídeo<sup>62</sup> educativo:

*“Trata-se de um desenho animado com caráter infantil e que retrata Newton como um jovem rapaz que, de forma um tanto linear, ‘descobriu que a Terra tem gravidade’ (aos 4:20). Em verdade, uma análise do vídeo pouco ou nada parece ter relação com a realidade. Newton é claramente tratado como um gênio isolado que pensou coisas que ninguém em sua época imaginava”.*

O aluno comenta que o vídeo não representa em nada o conteúdo sobre a História de Newton estudada em sala de aula. Segundo ele:

*“Em momento algum trata de qualquer conflito que tenha havido com o pensamento da época, ou dificuldades que possa ter encontrado. Ainda que seja um desenho infantil, não impede que tenha relação com a história e nem que evidencie, ainda que pouco o desconforto da época e até atritos na aceitação de suas ideias”.*

O estudante enfatiza que o audiovisual inspira uma imagem de linearidade do trabalho científico e relaciona essa característica com a ideia incompleta do método científico, onde há passos pré-determinados para se chegar a leis e teorias.

De maneira geral, é perceptível a posse de significados claros e distintos da categoria de análise, onde o aluno proporciona extensão, elaboração e qualificação da ndc. Além disso, há detalhes e especificidades do conteúdo, o que pode evidenciar que ele apresenta indícios convincentes de aprendizagem significativa desta primeira categoria.

**b) O conhecimento científico está sempre sujeito a alterações, portanto é considerado provisório**

O aluno inicia citando que:

---

<sup>62</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=h48BWDDeBLno>

*“A gravitação de Newton é um exemplo excelente da substituição de diversos corpos de conhecimento por um mais fundamental. À época, havia inúmeros estudos e leis relacionando os mais diversos aspectos da Natureza. Alguns exemplos são os estudos sobre o movimento de corpos em queda-livre de Galileu (feitos na realidade, sobre uma rampa inclinada) e as leis de Kepler. Quando Newton sintetiza o conhecimento da época em três leis centrais e acresce à estas a Gravitação Universal, grande parte daquilo que Galileu estudou se ‘funde’ com o trabalho de Kepler (a queda-livre e as órbitas elípticas tem por origem a força gravitacional). Aliado à isto, algumas previsões importantes: o achatamento do planeta Terra nos polos e correções da órbita de Marte em detrimento da interação com Júpiter, entre outros. Em tempo, culminando com os esforços de Maupertuis na França, essa síntese foi sendo aceita como um corpo de conhecimento mais fundamental que os anteriores à ele”.*

Todas essas características da História da Física suscitadas para descrever a compreensão do aluno sobre a provisoriade do conhecimento foram estudadas em sala de aula. Ou seja, está mais que evidente que ele demonstra que houve uma mudança de paradigmas (utilizando-se do termo de Thomas Kuhn) naquele período da história que ele descreve.

Na segunda parte da avaliação ele escolheu também um vídeo<sup>63</sup> educativo, o qual, de acordo com ele, traz uma versão mais humana de Newton. O que chama a atenção do aluno sobre a categoria analisada é:

*“O vídeo peca em mostrar uma trajetória suave nas conquistas e aceitação de Newton na Academia Real Britânica. Seu livro Principia é colocado como seu grande trabalho e tendo tido aceitação com ‘surpresa e louvor entre todos os seus colegas”.*

O estudante enfatiza que houve a substituição de conhecimentos cartesianos pelos newtonianos, mas que isso não é retratado no trecho de vídeo analisado. De acordo com a História da Física e com as discussões do assunto no livro “Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação

---

<sup>63</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=TpeHIavPKx4>

newtoniana (PEDUZZI, 2015b) o Principia não foi aceito de imediato e, para que Newton fosse reconhecido, muitas ações tiveram que ser desenvolvidas, conforme foi visto no instrumento 4 que explorou o assunto do capítulo “Das resistências à gravitação ao contexto de sua aceitação” (PEDUZZI, 2015b).

De acordo com o estudante, houve uma substituição de corpos de conhecimento nessa época e foi um processo bem complexo para que as ideias de Newton fossem aceitas, mas o audiovisual ignora esses fatos e passa uma ideia linear do processo.

Por fim, segundo os escritos do estudante e com os registros realizados durante todo o processo da implementação da UEPS (2), é possível inferir que o aluno apresenta indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre a categoria b.

### **c) Os corpos de conhecimento ultrapassados não deixam de ser científicos**

O aluno demonstra reflexões sobre a categoria e enuncia que:

*“Acredito que caberia, aqui, uma definição mais formal do termo ‘científico’, ainda que o assunto tenha sido debatido em aula. Se esta definição for tal que, por exemplo, a física aristotélica possa ser considerada uma ciência, então, naturalmente, esta física não deixará de ser científica mesmo sendo substituída por um novo corpo de conhecimento”.*

Mais à frente, ele continua:

*“Podemos ver que com o distanciamento histórico, algumas noções que outrora se afiguravam como consistentes e fundamentais podem, até mesmo, ser ridicularizadas. Como um espaço curvo qualquer, que localmente se afigura plano, os pequenos capítulos do desenvolvimento humano, vistos da distância, são certamente muito diferentes daquilo com que se pareciam na proximidade”.*

É possível perceber, através dos escritos do aluno, que ele considera que os corpos de conhecimento ultrapassados devem ser analisados de acordo com o seu período de vigência, conforme o contexto e os valores da época. O questionamento dele sobre considerar ou não a Física de Aristóteles como ciência foi realmente discutido em sala de aula,

antes desta avaliação. Contudo, após a entrega desta verificação de aprendizagem, esse assunto foi novamente debatido e foram realizadas discussões sobre os valores envolvidos na atividade científica. Ou seja, há certas visões filosóficas que defendem que um conhecimento só é considerado científico se ele tiver coletividade, outras ponderam que a ciência deve ser objetiva e racional, outras alegam que o conhecimento é científico se for corroborado experimentalmente, etc. Os valores levados em consideração na atividade científica são subjetivos e dependem da perspectiva epistemológica que se tem.

Para a segunda parte da avaliação, o aluno utiliza o mesmo audiovisual da categoria 'b', e retrata o assunto da “aceitação gloriosa dos trabalhos de Newton”:

*“Não vem à tona, em momento algum, qualquer discrepância com o pensamento de base cartesiana da época, ou dá a entender que havia uma série de problemas em aberto na física”.*

Ou seja, o aluno questiona os conhecimentos que estavam sendo substituídos nesse processo, que são ignorados pelo vídeo. De acordo com ele, é como se o que foi substituído não tivesse mais valor, somente os conhecimentos vigentes do agora é que são importantes para a ciência. Segundo o estudante, esse tipo de filme, ainda que seja um desenho infantil, não impede que tenha relação com a história e nem que evidencie, mesmo que pouco, o desconforto da época e até atritos de aceitação de suas ideias. Pode-se concluir, a partir dos escritos do aluno e da sua trajetória na UEPS (2), que houve indícios convincentes de aprendizagem significativa nessa categoria.

**Aluno B:** Este aluno faltou a somente um encontro da UEPS 2, no entanto, sua postura não era de participação. Raramente ele fazia algum comentário sobre os debates ou nas dinâmicas. Esse foi um dos motivos da escolha da avaliação dele para ser transcrita aqui, um aluno com postura mais fechada em sala de aula, que mesmo assim, tanto na primeira avaliação individual UEPS (1) quanto na segunda UEPS (2) demonstrou argumentos robustos e sólidos sobre as três categorias. Entretanto, no decorrer da disciplina, após a aplicação das duas UEPS, a pesquisadora continuou acompanhando a turma. Houve um momento em que cada estudante deveria apresentar um seminário; na ocasião, este aluno se expressou muito bem e demonstrou ampla compreensão dos aspectos da natureza da ciência.

**a) Não há um método científico singular, universal que possa captar a complexidade da atividade científica**

A descrição desta característica da ndc pelo aluno é realizada da seguinte forma:

*“A ideia de que exista um único método científico não encontra respaldo na história da ciência. Diferentes pesquisadores, em diferentes épocas, usaram métodos e procedimentos distintos para formular suas teorias. Tal escolha esteve sempre vinculada ao meio em que viveu o cientista, ou a uma particular visão de mundo eivada de sua subjetividade”.*

Na sequência, ele argumenta sobre o método utilizado por Descartes e o de Bacon, mencionando que curiosamente o método de Descartes se espelhava em vários pontos da filosofia platônica, enquanto que o de Bacon remetia muito às ideias de Aristóteles. Por fim, o estudante conclui:

*“Apesar de terem defendido sistemas praticamente opostos, a ciência atual deve muito tanto a Descartes quanto a Bacon. É possível concluir disso que o fazer científico não está algemado a um único método, mas sim a uma variedade deles, que podem contribuir, ainda que em graus diversos, para o alcance de uma melhor compreensão do mundo”.*

O estudante utiliza aspectos da História da Física discutidos em sala de aula para descrever como compreende a ndc4, assim ele demonstra qualificação de conceitos ao relacionar esses assuntos com a categoria em questão. Portanto, mesmo que não tivesse participação nos debates, é possível perceber que ele prestou atenção aos detalhes dos conteúdos tratados com a turma e assimilou muito bem os conteúdos discutidos.

Na segunda parte da avaliação, o aluno escolheu o livro “Física 1” (aprovado pelo PNLD 2015), da Editora Ática, 2014, dos autores: Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira e Wilson Carron. O conteúdo analisado foi referente às páginas 124-125, da seção “Física tem história”, com o título: “De Aristóteles a Newton”.

O aluno descreve o conteúdo como:

*“Texto introdutório ao capítulo sobre as Leis de Newton. Trata da evolução histórica do que hoje conhecemos como dinâmica clássica. Inicia com a apresentação do modelo aristotélico (movimentos naturais e violentos). Passa às críticas enfrentadas por esse modelo a partir do século XV, com menção às contribuições de Copérnico, Galileu, Descartes, Kepler e Tycho Brahe. Culmina com a publicação da mecânica newtoniana”.*

Esse material foi utilizado pelo estudante para a segunda parte da avaliação das três categorias (a, b e c). Sobre a primeira categoria ele enuncia que:

*“O texto afirma que Descartes foi o autor das primeiras formulações corretas do princípio da inércia. Ignorou-se que, para o francês, a tendência dos corpos a permanecer em movimento retilíneo não chega a se concretizar em um mundo onde inexistente o vazio (inércia cartesiana). A formulação de Descartes, embora semelhante à de Newton, com esta não se confunde. O que poderia ser apontado como um erro sutil e menor do texto didático, ganha relevância quando consideramos que o método cartesiano não foi levado em conta. Para Descartes, a razão tinha primazia sobre a experiência, e sua formulação da inércia foi produto direto desse método. Por outro lado, o texto menciona experimentos e observações de Galileu, Brahe e Kepler, e algumas das conclusões extraídas delas. Assim, acaba por reforçar, ainda que involuntariamente, a ideia de que existe um único método em ciência. Algumas considerações sobre a filosofia subjacente ao trabalho de Descartes teriam ajudado a afastar tal concepção”.*

São levantados aspectos sobre o método de Descartes e também sobre a ênfase que o livro didático dá aos aspectos de observação e experimentação que remetem diretamente ao singular método científico para edificar qualquer conhecimento. Segundo o estudante, um cuidado maior deveria ser tomado ao apresentar esses assuntos, para que uma imagem inadequada da atividade científica não ficasse subentendida na seção analisada.

Ao se comparar essa avaliação com a resposta dada no questionário inicial da UEPS (1) sobre a afirmação “A ciência produz conhecimento,

seguindo, rigorosamente, a sequência: observação dos fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões e generalizações”, onde o aluno respondeu e justificou que concordava com a proposição, é possível perceber que houve evolução na compreensão dele sobre esse aspecto da ndc. Ou seja, houve aquisição de novos significados por efeito das UEPS.

O texto dessa avaliação demonstra posse de significados claros e distintos ao comentar detalhes e especificidades do assunto em questão. A riqueza de informações e a robustez das argumentações podem levar a inferir que ele demonstra indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre essa categoria.

**b) O conhecimento científico está sempre sujeito a alterações, portanto é considerado provisório**

Sobre esse assunto, o aluno pontua que:

*“Qualquer corpo de conhecimento sempre se mantém enquanto seu poder explicativo não for suplantado pelo de outro corpo. Naturalmente, a substituição de um pelo outro não é um processo fácil, isento de resistências. Contudo, a tradição, por si só, não é suficiente para sustentar uma teoria para sempre. Historicamente, podemos comparar as explicações mecânicas dadas por Descartes e Newton para os movimentos celestes e a gravidade”.*

Em continuidade ao raciocínio, o aluno descreve as visões do francês e do inglês para movimento dos corpos celestes e a gravidade. Por fim, o aluno conclui que:

*“Embora todo tipo de oposição tenha sido levantada contra a teoria newtoniana, com destaque para a lacuna quanto ao meio de transmissão das forças, esta acabou por substituir o esquema de Descartes, dado seu maior poder explicativo, e menor quantidade de suposições apriorísticas [além é claro, de todo o arsenal de ações que foram desempenhadas, conforme foi citado no instrumento 4]. Esse episódio exemplifica bem o caráter provisório das explicações científicas, especialmente por envolver personagens reconhecidos em vida, mas cujo prestígio, no caso de Descartes, não impediu a substituição de uma teoria por outra”.*

Novamente, o aluno demonstra detalhes e especificidades dos assuntos tratados em sala de aula através da História da Física presente no livro 2. Ao citar a substituição das ideias cartesianas pelas newtonianas, toma o cuidado de ressaltar que esse processo não foi simples, pelo contrário, envolveu muita resistência por parte dos cartesianos e muita persuasão por parte dos newtonianos.

Na segunda parte da avaliação, ainda comentando sobre o mesmo material utilizado na categoria ‘a’, o aluno menciona que:

*“O texto poderia ter exemplificado melhor as proposições 5 e 6 se tivesse citado que muitas das contribuições dadas por Galileu, Descartes e Kepler foram abandonadas com a aceitação da mecânica de Newton. Ao invés disso, limitou-se a fazer menção aos trabalhos e ideias daqueles pesquisadores que permanecem aceitas até hoje, e não sem incorrer em alguns erros históricos e filosóficos”.*

Como o aluno utilizou somente um material para as três categorias, foi necessário fragmentar sua análise e encaixar em cada uma das categorias, mas, mesmo assim, é possível perceber que nesse trecho ele faz menção à substituição de corpos de conhecimento e demonstra extensão e qualificação da ndc, com base na História da Física. Em relação a essa categoria, este aluno demonstra posse de significados claros e distintos, o que pode levar à conclusão de que ele apresenta indícios convincentes de aprendizagem significativa.

### **c) Os corpos de conhecimento ultrapassados não deixam de ser científicos**

Novamente nesta categoria, o aluno demonstra ampla compreensão e cita detalhes e especificidades do assunto:

*“Se determinado conhecimento científico deixasse de sê-lo em decorrência da simples substituição, teríamos uma ciência artificialmente infalível; afinal, cada geração somente chamaria de científicas as teorias vigentes em sua época. A ciência jamais estaria errada, mas não por ausência de erros, e sim porque estes seriam extirpados a posteriori. Isso, é claro, não passaria de um jogo circular de palavras (“a ciência não erra porque não chamamos de ciência o que julgamos errado”), e em nada modificaria o caráter inerentemente imperfeito do fazer científico. Como exemplo,*

*podemos apontar a mecânica de Descartes, já abordada nas proposições anteriores. Ela gozou de ampla aceitação quando proposta e possuía considerável poder descritivo e explicativo. Assim, não podemos dizer que a posterior substituição pela mecânica de Newton tenha retirado o caráter científico do trabalho de Descartes”.*

Em sequência, o aluno cita outros exemplos que corroboram seus argumentos, como o movimento circular e o trabalho de Huygens, entre outros. Segundo ele, grande parte dos trabalhos de Huygens defendiam a existência de uma tendência centrífuga no movimento circular e tal ideia acabou suplantada, mas nem por isso deve ser considerada não científica no período em que estava vigente. A demonstração de detalhes e especificidades dos assuntos estudados em sala de aula através do livro 2, no texto do aluno, pode levar à conclusão de que ele apresenta indícios convincentes de aprendizagem significativa.

Para concluir a avaliação, sobre a análise do livro didático nessa categoria, ele menciona que:

*“Historicamente, o texto demonstra que as mudanças na ciência não ocorrem de forma brusca e sem resistência, pois indica que as críticas ao modelo de Aristóteles foram se acumulando ao longo de séculos até culminar na mecânica de Newton. Mostra, também, que Descartes e outros viveram em uma época propícia à formulação de modelos mecânicos alternativos aos então vigentes. Como ponto negativo na parte histórica, o fato de que a evolução da mecânica, desde o modelo copernicano até o surgimento das Leis de Newton, foi apresentada praticamente como linear, fruto de trabalho meramente cumulativo no tempo, e não como fruto de um embate dinâmico de ideias”.*

Ao analisar por completo a categoria ‘c’, é possível perceber que o aluno demonstra compreensão da ndc. Há interações entre os conceitos citados por ele e também uma ampla exemplificação através da História da Física estudada durante a UEPS (2). Tudo isso pode levar a crer que o aluno demonstra indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre a terceira categoria.

**Aluno F:** este aluno esteve presente em todas as aulas de desenvolvimento da UEPS (2), onde frequentemente manifestava suas

opiniões sobre os assuntos debatidos. A avaliação dele foi selecionada para ser exposta agora, porque ao final da UEPS (1) ele demonstrou que alguns pontos sobre a ndc ficaram com compreensão apenas parcial. Por isso, seus escritos são invocados nesse momento para evidenciar que na UEPS (2) ele apresentou uma visão mais ampla a respeito dos aspectos da atividade científica explorados.

**a) Não há um método científico singular, universal, que possa captar a complexidade da atividade científica**

Sobre essa questão o aluno escreve que:

*“As pessoas sempre tentam formular uma receita para suas diversas atividades, formulando um conjunto de procedimentos mínimos que simplifiquem as atividades, fazendo com que seja mais fácil explicá-las e ensiná-las a outras pessoas para que possam reproduzi-las. Vemos muitas tentativas que as pessoas fizeram ao longo da história para condensar seus métodos ‘de fazer ciência’ em um conjunto de regras que pudesse ser seguido por outros. Mas tais regras facilmente se mostram falhas quando analisadas para casos mais abrangentes do que aqueles para os quais foram pensados, ou mesmo incoerentes com tais. Podemos ver isso em Descartes, quando formula suas quatro regras básicas, ou mesmo na sua forma de preferir a razão do que os experimentos (o que mais tarde não se sustenta)”.*

Segundo ele, a tentativa de simplificar qualquer processo da atividade humana pode funcionar para casos específicos, mas quando se trata de situações mais abrangentes e complexas, como é o caso da construção do conhecimento, a sistematização apresenta-se problemática. O aluno invoca o assunto que foi discutido em sala, do método sugerido por Descartes, para “procurar a verdade”, argumentando que após certo tempo esses princípios não se conservaram para outros estudiosos.

Na segunda parte da avaliação, ele escolheu o livro didático intitulado “Física conceitual” do autor Paul Hewitt. Este livro foi utilizado para as categorias a e b. Sobre o assunto do método científico presente no material, o aluno comenta:

*“Logo no começo do livro, na página 33, há um tópico chamado ‘O método científico’. O autor explica que Galileu*

*Galilei e Francis Bacon foram os principais fundadores do método científico e aponta cinco passos que compõe o mesmo. Adiante ele explica que 'embora este método clássico seja poderoso, a boa ciência nem sempre é feita dessa maneira'. Explica ainda um pouco mais sobre como alguns casos fogem desta regra, mas acredito que isso não chega a reduzir o impacto criado pela suposição da existência de um método explicitamente descrito em 5 passos. Adiante, na página 39, há um tópico chamado 'sumário de termos', no qual 'Método científico' aparece como 'um método sistemático de obter, organizar e aplicar novos conhecimentos'. Tal definição e apresentação do conceito vai diretamente a favor ao conceito de regras universais para se fazer ciência, criando forte indícios da existência de tal método científico''.*

Ao analisar os escritos do aluno e os excertos selecionados do material que ele escolheu, é possível perceber grande criticidade em relação à ideia de regras rígidas para a construção do conhecimento. De maneira geral, o aluno enfatiza que a insistência do autor em mencionar no singular 'o método científico', enunciar os cinco passos, e afirmar que essa é a forma como se faz ciência, torna-se problemática e passa uma imagem equivocada do empreendimento científico. O estudante argumenta que, mesmo que algumas ressalvas sejam feitas quanto ao conteúdo veiculado, elas não conseguem diminuir o impacto causado pelos destaques do autor em relação às regras universais para a atividade científica.

Se comparar os escritos desta avaliação com a questão sobre o método científico apresentada no questionário inicial da UEPS (1) onde, na ocasião, o aluno afirmou que a construção do conhecimento era baseada em regras rígidas, é possível perceber que houve aquisição e novos significados sobre essa ndc para o aluno. Isso pode ser atribuído ao efeito potencializador das UEPS. Como o aluno demonstra posse de significados claros e os consegue transferir para o material didático, é possível inferir que ele demonstra indícios convincentes de aprendizagem significativa desta categoria.

**b) O conhecimento científico está sempre sujeito a alterações, portanto é considerado provisório**

Os escritos desta categoria desenvolvem-se de maneira crítica e reflexiva, além disso, o aluno consegue inserir um exemplo estudado da

História da Física para reforçar seu argumento em favor da provisoriidade do conhecimento:

*“Entendo que esta é uma característica do conhecimento (como um todo), e também uma perspectiva importante que devemos ter sobre ele. Não podemos tomar nosso conhecimento como certo de forma absoluta e imutável, ignorando a história de sua construção; pois é com esta que vemos como é a própria condição de provisoriidade que nos permite desenvolver teorias melhores e evoluir. Vemos no texto como Descartes suplantou (não descartando completamente) a física aristotélica. É interessante também notar como Descartes reconhece, de certa forma, este fato ao assumir a possibilidade de sua teoria estar errada, o que se mostraria caso um experimento provasse a finitude da velocidade da luz”.*

Para a segunda parte da avaliação, o mesmo material da categoria ‘a’ é utilizado. Sobre o livro didático escolhido, o aluno escreve que:

*“No parágrafo 5 da página 34, a respeito do tópico intitulado ‘Atitude científica’ o autor escreve: ‘as teorias científicas não são imutáveis, ao contrário, elas sofrem mudanças. Elas evoluem quando passam por estágios de redefinição e refinamento’. Considero este trecho muito positivo, estando em concordância com a provisoriidade das teorias. Nesse mesmo sentido, mas adiante, na página 46 o autor menciona o experimento da Torre de Pisa em um tópico intitulado ‘Galileu e a torre inclinada’. No segundo parágrafo ele afirma: ‘Galileu demoliu facilmente a hipótese de Aristóteles sobre a queda dos corpos’. Embora uma demonstração da queda de dois corpos com massas muito diferentes realmente fosse um golpe contra a teoria de Aristóteles, a frase dá a impressão que a demonstração de Galileu representou a queda desta, sem deixar devidamente claro a dificuldade que Galileu teve antes disso. Adiante, ele começa a explicar sobre a experiência na torre de Pisa, contando a história habitual. O autor toma o cuidado com as palavras para dizer que o incidente não é comprovadamente factual (utiliza os termos: conta-se, presumivelmente, a lenda conta), mas ao meu ver a própria*

*citação deste caso não acrescenta em nada no seu discurso, mas traz uma ideia errônea sobre os estudos de Galileu”.*

O aluno demonstra muitos detalhes sobre a ndc e vai desenvolvendo seus argumentos com o exemplo do livro e sua visão crítica. Assim, a reflexão que ele apresenta sobre como o assunto é tratado no livro e qual a visão que ele passa, juntamente com a primeira parte da questão que enfatiza a provisoriidade do conhecimento, leva a inferir que ele demonstra indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre esta categoria.

### **c) Os corpos de conhecimento ultrapassados não deixam de ser científicos**

Para descrever essa ndc o aluno mostra seu ponto de vista sobre o que pode ser considerado científico e vai relacionando com a História da Física estudada durante as aulas:

*“Entendo nisto que é preciso perceber que o que torna um conhecimento em científico não é o fato de que é visto como satisfatório, mas sim o que levou à sua formulação, se ele se mostrou uma tentativa legítima de compreender e explicar a natureza. É preciso entender que um conjunto de ideias pode ser muito coerente para seu tempo, mesmo parecendo absurdo quando analisado sob noções mais atualizadas, sendo que ele mesmo pode oferecer as bases para sua própria substituição, ou possuir elementos que são preservados. Temos o exemplo do caso em que os elementos fundamentais da matéria da cosmologia de Descartes, apesar desta ser quase completamente suplantada pela nova; e também vê-se como a teoria de Descartes serviu como uma inspiração rivalizadora para a formação da teoria de Newton, ou como Newton também sofre influências dos trabalhos de Descartes e Hooke. Outro grande exemplo de como um corpo de conhecimentos pode ser importante no desenvolvimento científico não por estar certo, mas por inspirar trabalhos mais aprofundados ou rivalizadores, é o caso do estudo das colisões de Descartes. Este trabalho, apesar de não refletir bem a realidade, apresenta-se muito bem adequado dentro dos conceitos da teoria de Descartes. Por seu caráter simples e prático, instigou explicações alternativas por diversos autores,*

*levando a um grande avanço na formulação do conceito de energia<sup>64</sup> e momento como quantidades que se conservam”.*

Na sequência, são citados mais aspectos da História da Física estudados em sala de aula, como a cosmologia de Descartes e os trabalhos de Hooke, que mais tarde foram substituídos, mas que, ao seu tempo, tinham poder preditivo e explicativo.

Para demonstrar sua compreensão sobre o assunto na análise do material didático, ele escolhe o livro ‘Física’, dos autores Alysson Ramos Artuso e Marlon Wrublewski. De acordo com o aluno, este material tem muitos pontos positivos. Ele elencou vários trechos que corroboram a categoria em questão e foi argumentando e mostrando sua visão sobre eles:

*“No capítulo 6, intitulado ‘Mecânica e estrutura do Universo’, na página 163 vejo uma boa menção que corrobora a ideia de que os conhecimentos substituídos, não deixam de ser científicos, onde os autores dizem: ‘as teorias científicas estão, em geral, muito ligadas ao momento histórico em que são formuladas ou estão vigentes’”.*

Mais à frente, o aluno escreve que:

*“Na página 189, mencionando as alterações e adaptações da teoria de Ptolomeu, os autores dizem: ‘mas não se trata de julgá-los mal por isso. Cada época deve ser analisada à luz do pensamento, dos conhecimentos, das condições e dos problemas propostos e resolvidos inerentes a cada período’. Esse trecho ilustra a própria ideia que discutimos em aula, de que cada corpo de conhecimentos deve ser analisado em relação ao seu período de vigência. Portanto esse material apresenta imagens mais condizentes sobre a atividade científica”.*

O estudante analisou dois materiais didáticos e em cada um conseguiu extrair os pontos específicos de criticidade sobre as três categorias. Importante a preocupação dele em mostrar um material com

---

<sup>64</sup> A grandeza física “energia” citada pelo aluno em seus escritos não configurava um conceito da época. Portanto, este termo não deveria ser utilizado para referenciar os estudos de Descartes.

vários aspectos positivos e elogiar, mostrando que a ideia da avaliação não foi somente criticar as obras, mas também exaltar os pontos que contribuem para disseminar uma imagem mais contemporânea da ciência. Ao final da análise dos escritos do aluno, e levando-se em consideração o percurso trilhado por ele nas aulas, através do diário de campo da pesquisadora, é possível inferir que ele demonstra posse de significados claros, o que pode levar a concluir que ele apresenta indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre esta terceira categoria.

**Aluno J:** Este aluno esteve presente em todas as aulas da unidade de ensino dois. Na primeira UEPS, ele não demonstrou evolução de ideias e nem indícios de aprendizagem significativa sobre as três categorias analisadas. O fato não se repete neste momento; ele demonstra, em sua escrita, mais cuidado e pontos de vista condizentes com as discussões realizadas em sala de aula.

**a) Não há um método científico singular, universal que possa captar a complexidade da atividade científica**

Sobre esse aspecto da construção do conhecimento, o aluno escreve que:

*“Ao meu ver, baseando-se nas aulas da disciplina e estudos realizados em casa, posso ressaltar que não existe somente uma receita ou método para encontrar respostas. Dentro do ramo pela busca do saber é necessário usar os mecanismos disponíveis e que estes devem ser dominados pelo pesquisador. Mecanismos, nesse caso, são todas formas que viabilizarão o pesquisador a alcançar seu objetivo (nesse caso, no sentido de informação e entendimento), para exemplificar: observações, análises, organização, criatividade, intuição, experimentação, etc, salvo que depende muito dos fatores associados em cada caso e época vivenciados pelo pesquisador”.*

Em sequência, para esclarecer melhor seus pontos de vista, ele utiliza exemplos sobre a História da Física que foram estudados em sala:

*“Saltando para tempos modernos, deixando claro que o processo de amadurecimento dos conhecimentos a respeito da natureza foi muito diversificado e de forma descontínua, temos com grandes expoentes Descartes e Newton. A*

*grande semelhança entre eles é a criação de uma maneira para obter o conhecimento da natureza. Ambos fazem métodos que julgam ser adequados para melhor esclarecimento e verificação das causas provindas da natureza”.*

Pode-se perceber, nos escritos do aluno, que ele compreende que não existe uma única forma para se construir o conhecimento. Especialmente por ele não ter demonstrado indícios de aprendizagem significativa na primeira unidade, ao analisar o questionário inicial da UEPS (1), este aluno concordava fortemente com a ideia de que a ciência teria uma sequência rígida de passos a serem seguidos. Dessa forma, é possível perceber sua evolução em relação a esse aspecto da ndc e a aquisição de novos significados por efeito da UEPS (2).

Para a segunda parte da avaliação, o aluno escolheu o livro didático de Ensino Médio, “Física: Mecânica 1”, dos autores José Roberto Bonjorno, Clinton Marcico Ramos, Eduardo de Pinho Prado, Renato Casemiro, Regina de F. S. A. Bonjorno e Valter Bonjorno. O material foi utilizado para exemplificar as três categorias (a, b, e c).

Sobre isso, o aluno escreve que os autores colocam uma imagem de Newton estudando embaixo de uma árvore e a lendária maçã caindo em sua cabeça. De acordo com o estudante, os autores, com essa imagem, levam a compreensão de que, ao observar a queda da maçã, Newton propôs a lei da gravitação. Ele menciona que:

*“O que de fato não foi dessa maneira, tão espontânea. Isso contradiz com a ideia de que não existe apenas um método para construir o conhecimento”.*

No anexo da avaliação do estudante, é possível perceber que nas páginas 244 e 245 os autores descrevem alguns estudos de Newton e mencionam os assuntos desenvolvidos no Principia e no Óptica. Na página 245, há uma ilustração da lendária maçã caindo enquanto Newton estudava embaixo da macieira. Essa imagem é descontextualizada do assunto e os autores não realizam nenhum esclarecimento sobre a razão de colocar essa gravura “do nada” no meio daquela discussão. Há apenas a legenda: “Gravura que representa a lenda, segundo a qual a inspiração de Newton para propor a lei da Gravitação veio ao observar a queda de uma maçã”.

Sobre isso, o aluno argumenta que o autor deixa a impressão de que os assuntos sobre a gravitação surgiram a partir da queda da maçã,

mesmo que ele tenha escrito que a figura representa uma lenda. Segundo o estudante, essa situação reforça a ideia de um método científico, uma vez que é salientado que foi a partir do dado empírico que o conhecimento surgiu.

É possível perceber o esforço do aluno em tentar adequar o conteúdo do livro à relação com a categoria e com os assuntos estudados no livro 2. Isso fica mais perceptível se for levado em consideração que ele apresentava uma postura totalmente empírico-indutivista na UEPS (1), afirmando, por exemplo, que as investigações científicas, necessariamente, iniciavam pela observação do fenômeno e que a experiência seria a fonte do conhecimento. Ou seja, são manifestadas claras evidências de que houve aquisição de novos significados sobre a categoria ‘a’, o que pode ser considerado um início convincente de aprendizagem significativa.

**b) O conhecimento científico está sempre sujeito a alterações, portanto é considerado provisório**

Sobre esse assunto, o aluno escreve que:

*“A provisoriade dos corpos de conhecimento está relacionada à busca cada vez mais aprofundada pelo entendimento da natureza e um exemplo disso são as condições impostas a modelos científicos, para que funcione de acordo com a realidade que conseguimos enxergar. O conhecimento, também está sujeito à forma de como é exposto para a comunidade e depende da realidade que os seres humanos se encontram. Exemplificando os dois parágrafos anteriores com um exemplo histórico: Descartes elabora um modelo simples, relacionando as órbitas dos planetas com as de um vórtice, ele expôs seus argumentos de uma forma clara e de fácil compreensão. Em contrapartida temos Newton com a elaboração mais fiel aos movimentos dos planetas, porém sua publicação foi muito complexa para a realidade da época. Tanto que suas publicações só foram compreendidas muitos anos depois”.*

Como ele apresentou desde o início das intervenções uma forte concepção sobre a busca por uma verdade final, é possível perceber que ele considera a provisoriade do conhecimento como um caminho para isso, especialmente quando diz que provisoriade está relacionada “à busca cada vez mais aprofundada pelo entendimento da natureza”.

A respeito da segunda parte da avaliação, é citado que:

*“Em uma caixinha intitulada ‘Pensando a ciência’ os autores falam um pouco a respeito de Hooke e nela diz: ‘Cientista inglês, cujas contribuições mais conhecidas são no campo da Física. Formulou a primeira teoria sobre as propriedades elásticas da matéria, a teoria do movimento planetário, entre outras. Sua habilidade com experimentos o elegeu membro da Royal Society’. Vimos durante o decorrer das aulas que Hooke foi muito importante para elaboração de uma nova forma de pensar a respeito do movimento dos planetas e para tal introduz a força centrípeta”.*

Nos escritos dos autores do livro, quando mencionam que Hooke “Formulou (...) a teoria do movimento planetário”, há uma imprecisão, uma vez que não foi ele que realizou este feito. O principal papel de Hooke na análise da dança dos planetas foi a sua conjectura inovadora em desconsiderar a força centrífuga e colocar em seu lugar a força centrípeta. Entretanto, sua contribuição foi limitada, já que ele não conseguiu avançar sua hipótese nem matematicamente e nem nas consequências advindas dessa ideia. Dessa forma, a participação de Hooke no estudo do movimento planetário pode ser atribuída à indicação correta para a análise precisa de um movimento curvilíneo. Tal indicação foi feita a Newton, através de correspondências entre eles, o qual a aceitou e assim deu prosseguimento aos seus estudos, proporcionando as demonstrações adequadas à ideia inicial de Hooke e, conseqüentemente, à teoria do movimento dos planetas.

O estudante não menciona nada a respeito do equívoco dos autores, apenas comenta que “Hooke contribuiu com uma nova forma de pensar a respeito do movimento dos planetas, introduzindo a ideia da força centrípeta”. Como o aluno não escreveu nada mais a respeito do excerto selecionado, não é possível afirmar se ele concordou com os escritos dos autores, sobre Hooke ter elaborado a teoria do movimento planetário ou se ele apenas utilizou o trecho para corroborar a ideia da substituição de corpos de conhecimento e não se atentou ao real significado das colocações dos autores. Dessa forma, o que se pode reconhecer dos escritos deste aluno é que ele utilizou o fragmento das falas dos autores para exemplificar a provisoriamente do conhecimento, mas isso não o exime de poder ter demonstrado uma visão mais crítica a respeito do

conteúdo do livro em análise. Portanto, infere-se que a compreensão deste ponto da avaliação demonstrou ser apenas parcial.

A análise da categoria ‘b’ evidencia que houve um certo avanço nas ideias do estudante, inclusive, ele conseguiu exemplificar que o corpo de conhecimentos de Descartes foi substituído pelo de Newton no início do texto. Porém, a ideia de provisoriidade que ele demonstra nos escritos está muito associada com a concepção de que um conhecimento vai englobando outros e vai ficando mais completo até chegar no conhecimento total, que, inclusive, ele comentou durante as aulas da UEPS (2). Além disso, ele não demonstrou visão suficientemente crítica a respeito dos assuntos sobre a História da Física estudada em sala e o conteúdo veiculado pelo material didático em análise, onde não apontou a imprecisão da afirmação dos autores sobre Hooke e a teoria do movimento planetário.

Portanto, em relação ao referencial da aprendizagem significativa, não há indícios de diferenciação entre conceitos novos e ideias já estabelecidas, não há demonstração de aquisição de novos significados. Por esse motivo, a compreensão da segunda categoria fica enquadrada como indícios parciais de aprendizagem significativa.

### **c) Os corpos de conhecimento ultrapassados não deixam de ser científicos**

Sobre esse assunto, o aluno expressa que:

*“Essa questão envolve o fato de que no período de vigência do conhecimento científico, de certa maneira, ele supre as necessidades ou busca a melhor forma de explicar os fenômenos naturais no período no qual foi formulado”.*

Após essa breve descrição o aluno explica que, por exemplo, Descartes teve seus conhecimentos ultrapassados, mas que estes não devem ser considerados não científicos, uma vez que no momento em que estavam vigentes cumpriam seus papéis. O aluno relacionou sua explicação com o conteúdo do livro 2 estudado em sala de aula.

Na segunda parte da avaliação, sobre o livro didático analisado, ele cita que:

*“No capítulo 1 o livro fala bem pouco de Descartes, mas em uma parte intitulada ‘A dimensão dos vetores’ há menção a ele. Nessa parte os autores falam que Descartes ‘desenvolveu a Geometria Analítica’, o que não é*

*completamente verdade, pois em sua obra La Géométrie ele apenas deixa um conjunto de elementos favoráveis à criação da geometria analítica. Apesar de estar mal colocado isso pode exemplificar a ndc 6, pois o corpo de conhecimentos de Descartes foi importante em determinada época e mais tarde algumas partes de seu trabalho foram até aproveitadas”.*

Ainda que o aluno tenha escrito pouco sobre o assunto, é possível perceber que ele compreendeu a ndc e conseguiu encontrar no livro um excerto que pudesse exemplificar seus pensamentos. Além disso, mostrou postura crítica ao relacionar o conteúdo que o livro veicula aos assuntos estudados em sala de aula. A primeira parte da questão é bem sucinta e mostra posse de significados claros e distintos, já a segunda parte demonstra interações entre os conceitos estudados. Isso leva a conclusão de que o aluno demonstra indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre essa categoria.

**Aluno N:** Este aluno teve apenas uma falta durante todo o desenvolvimento da segunda sequência didática. Sempre demonstrou uma postura crítica nas atividades e, desde o início, apresentou visões bem amplas sobre a ndc.

**a) Não há um método científico singular, universal que possa captar a complexidade da atividade científica**

Sobre esse assunto, sinteticamente, o estudante argumenta que:

*“É muito disseminado a ideia de um procedimento usado por cientistas para construir conhecimento, ‘O método científico’, sendo esse a única forma de termos um conhecimento dito científico. Na história da ciência existem diversos exemplos que mostram que há diversos procedimentos usados por cientistas que além de subjetivos são produto da criatividade do cientista”.*

O aluno demonstra um nível de criticidade em relação às regras universais para a construção do conhecimento, ele invoca outras questões que estão envolvidas nesse processo trazendo a relação da exemplificação pela História da Física estudada no livro 2. Na sequência dessas descrições sobre a categoria, ele cita vários exemplos estudados na UEPS (2), como os princípios utilizados para a construção do conhecimento de

Aristóteles, Galileu, Descartes e Newton, que corroboram a ideia de que não existe apenas uma forma para se construir o conhecimento.

Para a segunda parte da questão, ele escolheu o livro de Ensino Superior “Curso de física básica: Mecânica”, volume 1, do autor Herch Moysés Nussenzveig. Novamente de maneira resumida, ele traz pontos específicos da obra que podem exemplificar a categoria em questão. De acordo com ele:

*“Concentraremos nossa análise no capítulo 10, ‘Gravitação’. O autor mantém a qualidade do seu texto, no capítulo que talvez possa ser considerado o mais belo em toda sua coleção. Parte dos gregos antigos à Newton, com um grande controle mantendo uma proporção muito bem dosada de história, matemática e física”.*

Sobre a análise do conteúdo do método científico, o aluno não menciona se o autor utiliza em algum momento esse termo, provavelmente porque o mesmo não aparece no texto. No entanto, para poder apresentar seu ponto de vista sobre o assunto, o estudante aponta que:

*“No começo da seção 10.7, o autor menciona que Newton apresentou à Royal Society seu trabalho sobre a natureza da luz branca, e um pouco adiante fala sobre a relação de Halley para a publicação do Principia.*

Em seguida, aproveitando o contexto retirado da seção 10.7, sobre a apresentação dos trabalhos de Newton à Royal Society, o estudante argumenta que:

*“Sabemos que a origem da Royal Society está ligada aos ideias de Francis Bacon. Como esperado, o método de Newton na sua obra sobre a Óptica é mais próximo ao método de Bacon porque certamente seria mais bem aceito dentro da Society. Já a origem e publicação do Principia é muito mais independente que o trabalho acima. Com o esforço de Halley, Newton publica seus resultados e sua obra prima com um método totalmente diferente”.*

O aluno faz uma análise dos motivos pelos quais Newton teria utilizado métodos diferentes ao compor suas duas obras: Óptica e Principia. É perceptível o nível de compreensão desse aluno em relação à

categoria que se opõe a regras rígidas para construir o conhecimento. Diferentemente dos seus colegas, que se limitaram a citar que Newton apresentava procedimentos e princípios diferentes em suas obras, ele se lançou a mostrar sua opinião sobre a razão dessa divergência na forma de trabalhar. Portanto, é possível perceber claros indícios de aprendizagem significativa sobre essa categoria, já que o aluno demonstra extensão e qualificação dos conceitos que envolvem a crítica ao singular método científico.

**b) O conhecimento científico está sempre sujeito a alterações, portanto é considerado provisório**

Inicialmente o estudante descreve o que entende por essa ndc:

*“Acreditar que existe uma verdade absoluta ou que possamos ter certeza absoluta sobre qualquer coisa é extremamente ingênuo. Com a mecânica quântica sabemos que existem incertezas fundamentais que não podem ser contornadas pelos instrumentos mais sofisticados que possam ser feitos ou até mesmo pensados”.*

A seguir, o aluno cita o caso da Física aristotélica, a nova física de Descartes e os seus turbilhões, as leis de Newton, alegando que esses estudiosos tiveram corpos de conhecimentos que foram substituídos ao longo dos séculos até chegar à relatividade de Poincaré, Lorentz e Einstein. Esses exemplos foram citados para mostrar que ele relacionou a categoria com os conteúdos estudados e discutidos em sala de aula.

Na segunda parte da avaliação, ele continua utilizando o livro de Ensino Superior “Curso de física básica: Mecânica”, volume 1, de Moysés Nussenzeig. No entanto, neste espaço, ele opta por exemplificar, ao mesmo tempo, as categorias b e c, mostrando que ele as relaciona fortemente:

*“Trecho da página 204: Nesse trecho, Moyses, cita a famosa frase de Newton ‘Se fui capaz de ver mais longe, é porque me apoiei nos ombros de gigantes’. Acreditamos que essa afirmação corrobora com as proposições 5 e 6. Uma vez que, fala da questão da modificação de conhecimento anterior, mas dando valor ao conhecimento que fora substituído. Assim, o autor reforça a opinião de Newton, enfatizando que os conhecimentos anteriores foram fundamentais para a evolução do conhecimento. Em*

*forma de observação, os gigantes, provavelmente são: Galileu (experimentos, inércia), Kepler (leis), Descartes (filosofia, método, física, inércia, gravitação), Barrow (cálculo), Hooke (Royal Society, rivalidade)”.*

O estudante mostrou a relação entre os conhecimentos que são provisórios, mas que, mesmo depois de substituídos, não deixam de ser científicos. Dessa forma, ele traz interações entre os conceitos da ndc estudados e discutidos em sala de aula com fundamentação na História da Física do livro 2. Além disso, ele demonstra posse de significados claros e diferenciados sobre o conteúdo, o que pode levar a inferir que ele demonstra indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre a categoria ‘b’.

### **c) Os corpos de conhecimento ultrapassados não deixam de ser científicos**

Sobre esse assunto, inicialmente, o aluno escreve que:

*“Ao lermos a proposição estudada durante as aulas: ‘Nenhum conhecimento deixa de ser científico porque foi substituído. No período de sua vigência ele se constituiu em um corpo de conhecimento coerente, com poder explicativo e preditivo’, podemos notar que ela é bem clara em relação ao seu significado. Vejamos, por exemplo, a física cartesiana, que se opõe em quase todos os âmbitos à física aristotélica e, mesmo assim, mantém a ideia da não existência de espaços vazios. É claro que os motivos eram outros, mas a ideia era a mesma. A física aristotélica conseguia, por exemplo, explicar o porquê dos corpos caírem em movimento acelerado em direção ao centro da Terra. E como o criador da lógica, era de se esperar que sua física fosse, pelo menos naquela época, coerente. E era, pelo menos para ele, Aristóteles. Já a física cartesiana, conseguia explicar o movimento dos planetas e cometas, explicar a rotação dos planetas em torno dos seus próprios eixos, a queda dos ‘graves’ em linha reta. A física cartesiana era consistente com a visão de mundo vigente”.*

Como já foi realizada a exemplificação da segunda parte da questão na categoria ‘b’, optou-se por transcrever um trecho mais longo, como se viu acima, onde ele exemplifica, a partir da história estudada na

disciplina, o seu ponto de vista sobre a categoria. Como o aluno já demonstrava, desde o início da intervenção, uma visão mais contemporânea da construção do conhecimento, sua aprendizagem foi analisada a partir de como ele conseguiria relacionar os conhecimentos que já tinha, com o conteúdo da História da Física estudado em sala de aula. Foi perceptível, em todas as aulas, a partir de suas robustas participações, que ele passou a qualificar os conceitos da ndc a partir da História da Física. Por esse motivo, é possível inferir que este aluno demonstra indícios convincentes de aprendizagem significativa sobre a terceira categoria.

O Quadro 7 abaixo apresenta o panorama geral da turma em relação à UEPS (2), através do qual é possível concluir que a intervenção logrou êxito, em sua grande maioria, sobre suscitar indícios de aprendizagem significativa.

Quadro 7: Classificação dos alunos em relação aos indícios de aprendizagem significativa

Classificação	Categoria	Frequência
Indícios convincentes de compreensão	a) Não há um método científico singular, universal que possa captar a complexidade da atividade científica	Aluno A Aluno B Aluno C Aluno D Aluno E Aluno F Aluno G Aluno H Aluno I Aluno J Aluno K Aluno L Aluno N
	b) O conhecimento científico está sempre sujeito a alterações, portanto é considerado provisório	Aluno A Aluno B Aluno C Aluno D Aluno E Aluno F Aluno G Aluno H Aluno I Aluno K Aluno L

		Aluno N
	c) Os corpos de conhecimento ultrapassados não deixam de ser científicos	Aluno A Aluno B Aluno C Aluno D Aluno E Aluno F Aluno G Aluno H Aluno I Aluno J Aluno K Aluno L Aluno N
Indícios parciais de compreensão	b) Compreende que o conhecimento é provisório, mas relaciona essa questão à busca cada vez mais profunda pelo entendimento da natureza. Como se houvesse uma verdade final a ser buscada.	Aluno J

**Fonte:** Elaborado pela pesquisadora (2017)

Depreende-se, do exame do Quadro 7, que a intervenção didática por meio da UEPS (2) provocou evolução ou aprimoramento das concepções sobre a ndc em 12 dos 13 estudantes que participaram da pesquisa. A convicção sobre os indícios de aprendizagem significativa, além da análise qualitativa de todos os instrumentos, está baseada nos diários de campo e gravações de áudio, decorrentes da observação participativa, que indicou incremento e fortalecimento na compreensão da ndc pela maioria dos estudantes.

Se for levado em consideração que alguns estudantes tinham visões bastante adequadas no início da disciplina, mas que ainda assim foram ampliadas e melhoradas, a influência positiva da implementação da UEPS (2) contempla 90% dos estudantes. Apenas um aluno demonstrou permanecer, ao final da aplicação da unidade de ensino, com concepções “inadequadas”. Esse estudante manifestou sensível melhora e evolução se comparadas as análises da UEPS (1) e da UEPS (2), onde na primeira intervenção não evidenciou nenhum tipo de compreensão sobre as categorias investigadas, mas na segunda, já demonstrou indícios

convincentes de aprendizagem significativa sobre duas categorias, ficando apenas uma com indícios parciais.

Desta forma, é possível afirmar que o trabalho implementado conseguiu provocar importantes transformações nas visões sobre a natureza da ciência destes estudantes e introduzir novos aprendizados.

## 5.5 ALGUNS ACHADOS

A etapa da análise dos dados, certamente, pode ser considerada a fase mais marcante deste estudo, uma vez que possibilitou organizar o conteúdo das informações coletadas e, portanto, permitiu melhorar o entendimento dos indicadores que foram interpretados como inferências de aprendizagens significativas.

Em todo o processo que envolveu a metodologia investigativa, buscou-se examinar profunda e exaustivamente a realidade da turma e da sala de aula em que a pesquisadora esteve imersa, objetivando sistematizar a construção do saber sobre um caso particular. Em nenhum momento se teve intenção de obter generalizações universais a partir dos desfechos encontrados, dado que a presente situação de pesquisa é bem delimitada, com características nitidamente definidas no desenvolvimento do estudo. Ainda que esse caso de pesquisa possa ser similar a outro, torna-se distinto, por ter dinâmica própria.

A pretensão deste estudo delimitou-se, então, a buscar indícios de aprendizagem significativa sobre a ndc, em uma realidade social particular, através da metodologia específica das UEPS, utilizando-se de exemplos fundamentados na História da Física. Contudo, em todo esse processo de investigação, alguns achados foram encontrados. Estes são compartilhados no espaço dessa seção sem pretensão de generalização, mas sim como forma de tecer contribuições relevantes da pesquisa realizada:

1. As dinâmicas desenvolvidas em sala de aula chamaram a atenção dos estudantes, que participaram ativamente, o que facilitou a forma de coletar as informações necessárias. Os debates abertos, com a leitura prévia dos capítulos, tiveram ampla aprovação e, a partir de incentivo, houve grande atuação dos alunos, onde foi possível conhecer melhor seus pontos de vista e, também, verificar a aquisição de novos significados nos argumentos da turma. Uma atividade que teve predileção especial foi a análise de vídeos e filmes, tanto em sala de aula como nas avaliações somativas individuais. Na avaliação final da UEPS(1), eles deveriam analisar dois filmes específicos, mas na UEPS(2) poderiam escolher

qualquer tipo de material e muitos alunos ainda optaram por utilizar trechos de filmes e documentários. Portanto, de acordo com as características da turma, foi possível inferir que ter escolhido atividades específicas, que fossem interessantes e que fossem aprovadas pelos estudantes, facilitou a coleta de dados, uma vez que isso gerou grande participação. Além disso, em relação aos audiovisuais, outro desdobramento importante pôde ser fomentado, pois foram abordados aspectos de como a imagem de ciência circula nos meios audiovisuais, ou seja, a ndc foi exemplificada em outro nível, além da História da Física estudada.

2. Os dois livros utilizados nas UEPS (PEDUZZI, 2015a; 2015b) apresentam alguns pontos de reflexão explícita sobre a ndc. Assim, o leitor que tem uma fundamentação inicial sobre o assunto consegue perceber a exemplificação e contraexemplificação da ndc na História da Física. Conforme comentado pelo aluno A, na aula 6 da UEPS (1): *“O capítulo 6 [do livro 1], parece ser quase uma pequena tese em si para defender essa proposição. Então não é difícil encontrar elementos nele que consigam exemplificar essa característica da ndc. Então, assim, é um deleite defender essa proposição”*. Entretanto, certos aspectos da ndc são apresentados de maneira implícita, o que exige a mediação do professor para instruir melhor os alunos. Conclui-se, então, que se o material sobre a História da Física tiver potencialidades para explorar a natureza da ciência, e se o aluno tiver alicerce em boas orientações, essa pode ser uma forma propícia para estudar as características da atividade científica.

3. O aluno B não teve postura de participação em nenhuma das duas UEPS. Como os princípios da aprendizagem significativa indicam que tudo deve partir do que o aprendiz já sabe, e levar em consideração os indícios de aprendizagem apresentados durante o decorrer da unidade de ensino, o estudante B gerou uma situação atípica aos fundamentos das UEPS. Nesse caso, o questionário inicial, tendo espaço para justificativa, foi um grande aliado na investigação dos conhecimentos prévios deste estudante, pois com ele foi possível estabelecer certos vínculos em relação à aquisição de novos significados demonstrados nas avaliações somativas individuais. Como ele evidenciou através de seus textos na avaliação escrita fortes relações com os conteúdos discutidos em sala de aula e também fundamentação robusta na História da Física, foi possível perceber que, embora não demonstrasse sua opinião, ele estava prestando atenção e conseguiu compreender os assuntos explorados em sala de aula. Esses foram os quesitos utilizados para poder inferir que ele apresentou

indícios convincentes de aprendizagem significativa. A sua argumentação e opinião foram ouvidas somente após o término das intervenções desta pesquisa, onde a pesquisadora continuou a acompanhar o desenvolvimento das aulas de Evolução dos Conceitos da Física. Na ocasião, cada aluno deveria apresentar um seminário sobre um assunto da História da Física e nele exemplificar e contraexemplificar as características da ndc que haviam sido exploradas nas UEPS. Naquela situação, o aluno fez uma exposição completa de cada uma das seis ndc em relação ao seu significado e com ilustrações pela História da Física. No entanto, essa situação fica registrada aqui, como forma de chamar a atenção para o tipo de atividades a serem desenvolvidas nas UEPS, que contemplem todo o tipo de público, desde aqueles que gostam de demonstrar sua opinião e debater, até aqueles que são mais reservados e não se expõem.

4. Uma das características da ndc explorada na UEPS (2) tratava da questão de que os corpos de conhecimento não deixam de fazer parte da ciência e de sua história ao deixarem de ser válidos. Como o período da História da Física envolvia a Filosofia Natural Aristotélica, obviamente um desdobramento desse assunto é que a Física aristotélica deveria ser considerada científica no período de sua vigência. Essa temática gerou certo desconforto e incômodo a alguns alunos. O aluno C, por exemplo, inicialmente indicava que, para ele, conhecimento científico teria que ter coletividade e já que no período da Física aristotélica esse aspecto não se configurava, o estudante apresentou dificuldade em compreender o assunto. No decorrer das aulas esse aspecto foi amplamente explorado e, ao fim, o aluno C conseguiu compreendê-lo. No entanto, salienta-se que essa situação poderia ter sido mais facilmente resolvida com algumas aulas de instruções sobre epistemologia, o que não consta na ementa do curso. Nessa turma em questão, se houvesse alguns debates, por exemplo, sobre a visão de ciência de alguns epistemólogos, a questão poderia ter sido mais aprofundada. Inclusive, em certa aula, os estudantes salientaram que seria interessante se eles pudessem conhecer a visão de alguns filósofos contemporâneos para compreender melhor o significado de cada ndc.

5. Aliado a este último tópico, supracitado acima, no decorrer das unidades de ensino, foi chamada a atenção dos estudantes sobre o cuidado com certos termos para descrever a atividade científica. Expressões como: ‘corroborar’, ‘refutar’, ‘construção do conhecimento’, etc., em vez de ‘descoberta’, ‘verdade’, ‘provar’, ‘comprovar’, etc., foram sugeridas, uma

vez que os estudantes estavam discutindo sobre a ndc, mas utilizavam algumas palavras sem perceber o seu real significado. Novamente, esse assunto poderia ser explorado em uma aula sobre a filosofia da ciência, como forma de instruir os estudantes sobre as sutilezas envolvidas no ato de descrever a construção do conhecimento.

6. Recentemente, os livros publicados no PNL 2015 ainda apresentam imagens equivocadas sobre a ciência. Na opinião dos alunos, os autores insistem em destacar em seus livros imagens e descrições de Newton com a maçã caindo em sua cabeça, da Torre de Pisa e Galileu, de um diagrama com os passos do método científico. Alguns autores até tentam mostrar certo cuidado com esses fatos, mas não dão conta de provocar uma reflexão significativa sobre o assunto. Isso acaba dando a impressão de que, após a maçã cair na cabeça de Newton, ele “descobriu” tudo de uma hora para outra. Os alunos julgaram desnecessária essa insistência que os autores têm em destacar essas ideias e ponderam que isso contribui para disseminar ideias equivocadas sobre a ciência.

7. O cotidiano da sala de aula estabeleceu uma relação de confiança entre os estudantes, o professor e a pesquisadora. Desde as primeiras aulas, “o elemento estranho” (pesquisadora) tentou se aproximar dos alunos, apresentando-se de maneira cordial, deixando claro que qualquer tipo de opinião deles seria válido e que ninguém seria julgado. Na segunda aula a pesquisadora já havia memorizado os nomes de cada estudante e no decorrer das discussões, fez questão de enfatizar falas específicas que alguns estudantes haviam expressado na aula anterior (isso foi possível com a audição da gravação realizada), como forma de demonstrar interesse e preocupação com cada um deles. A pesquisadora colocou-se na posição de colega-mediadora da turma e a relação de companheirismo foi se aprimorando no decorrer das aulas. A posição do professor esteve bem definida em todos os encontros; todos os alunos demonstravam compreender que ele era o elemento principal da disciplina, mesmo assim, quando havia alguma atividade coordenada unicamente pela pesquisadora, os estudantes demonstravam respeito, empatia e seguiam as instruções da mesma forma como faziam com o professor. Os alunos foram, durante todo o processo de intervenção, muito receptivos e participativos. Considera-se que a relação entre os estudantes e a pesquisadora foi elemento importante para alcançar bons resultados, uma vez que os princípios da Aprendizagem Significativa salientam que a predisposição do aluno em querer aprender é um dos elementos principais para que ocorra a aprendizagem.





## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inegável a relevância de discussões relativas à natureza da ciência no contexto atual da educação científica (MATTHEWS, 1995; LEDERMAN, 2007; MARTINS, 2015). No entanto, esse pressuposto manifesta o desafio de como incorporar, principalmente por meio da História e Filosofia da Ciência, discussões sobre a ndc entre professores e alunos (MOURA, 2014). Isto torna propício o desenvolvimento de ações concretas que agreguem a ndc “como um projeto amplo e articulado tanto na formação de professores – que precisam ter uma visão mais adequada de Ciência – quanto de alunos, cujas concepções distorcidas e simplistas precisam ser trabalhadas, problematizadas e superadas” (MOURA, 2014, p. 44).

Compreende-se que essas “ações concretas”, indicadas pela literatura, podem ser realizadas por meio de propostas didáticas que visem uma formação histórico-filosófica objetivando agregar reflexões sobre a ndc à futuros professores e pesquisadores. É nesse sentido que neste trabalho elaborou-se, implementou-se e avaliou-se duas sequências didáticas, promovendo a interlocução entre a HFC e a ndc. Tais sequências, incorporadas na forma de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) e efetivadas na disciplina Evolução dos Conceitos da Física, do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, articularam-se a partir do estudo de certos episódios históricos presentes em dois livros – “Força e movimento: de Thales a Galileu” e “Da física e da cosmologia da Descartes à gravitação newtoniana” (PEDUZZI, 2015a, 2015b). As UEPS visaram, sobretudo, exemplificar e contraexemplificar algumas características da ndc por meio da História da Física.

O delineamento da pesquisa pautou-se em três estágios principais: primeiramente, nos pressupostos oferecidos pela revisão de literatura, onde foram exploradas questões sobre a ndc, sobre a abordagem da ndc via História e Filosofia da Ciência e também sobre as inferências do referencial teórico educacional (teoria da aprendizagem significativa) e epistemológico (moderna filosofia da ciência). O segundo componente básico da investigação assentou-se na elaboração e implementação de duas unidades de ensino, o qual comportou o eixo metodológico da pesquisa por meio das UEPS. Por fim, o terceiro estágio, que se compôs através da análise de todo o material coletado, foi realizado através da Teoria Fundamentada na versão de Charmaz (2009). Essas etapas foram desenvolvidas com a finalidade precípua de buscar dar respostas à situação problemática de investigação.

Cada uma das UEPS desenvolvidas e implementadas foi composta por um conjunto de ações e materiais educativos que, aliados ao diário de campo, às gravações em áudio das aulas e às avaliações somativas individuais dos estudantes, constituíram-se no agrupamento de instrumentos, através dos quais se buscou, de alguma maneira, encontrar elementos que, em potencial, pudessem contribuir para responder a questão de pesquisa: *Como Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), baseadas na História da Física, podem promover indícios de aprendizagem significativa sobre a natureza da ciência?*

Vale ressaltar o importante papel da metodologia didática das UEPS no planejamento e implementação do estudo empírico. Sua utilidade foi essencial na função de promover e facilitar o processo de ensino com vistas à aprendizagem significativa dos conteúdos trabalhos. Além disso, as UEPS favoreceram a realização do processo investigativo, proporcionando, no espaço das intervenções didáticas, condições para que a coleta de dados pudesse ser ampliada, através de observações e registros realizados ao longo do desenvolvimento das atividades.

A teoria da aprendizagem significativa pressupõe duas condições fundamentais para a aquisição de significados: o aprendiz deve estar motivado, predisposto a interagir significativamente com o material de ensino, e este deve ser potencialmente significativo. Ou seja, é necessário que a unidade de ensino seja planejada numa sequência lógica, compatível com as estruturas cognitivas dos estudantes, levando em consideração seus conhecimentos prévios e em uma dinâmica que facilite a ocorrência da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa.

Nesse sentido, os planejamentos das UEPS (1) e (2) levaram em conta os conhecimentos prévios dos alunos, que foram diagnosticados, sobretudo, por meio de um questionário. Tal instrumento possibilitou identificar as concepções iniciais sobre a ndc, para serem utilizadas como ponto de partida para o desenvolvimento das atividades educativas. Ao mesmo tempo, ele forneceu dados para, posteriormente, no processo investigativo, identificar indícios de possíveis evoluções de compreensão sobre o conteúdo explorado. Esse questionário inicial foi constituído de oito afirmações sobre a construção e desenvolvimento do conhecimento científico – a título de exemplo: Toda investigação científica começa, necessariamente, pela observação sistemática do fenômeno a ser observado –, abaixo das proposições foi implementada uma escala *Likert* com cinco níveis – concordo fortemente, concordo, indeciso, discordo, discordo fortemente – e, também, um espaço para a justificativa da escolha assinalada. Após a “resolução” do questionário, foi realizada uma discussão em grande grupo sobre as respostas dos alunos. Com base nessa

investigação preliminar, foi possível atribuir novos significados às compreensões iniciais que os estudantes tinham da ndc, por meio das sucessivas discussões sobre elas, a partir da ilustração pela História da Física, possibilitando a interação com características cognitivas singulares.

Uma forte concepção prévia presente, inicialmente, nos estudantes, diz respeito à interpretação de como a ciência é e como ela deveria ser – a título de exemplo pode-se citar os escritos do aluno F, no questionário, sobre as diversas influências a que o conhecimento científico é sujeito, ele diz que: “Acredito que a ciência não deveria ser influenciada por fatores culturais, valores sociais ou políticos, mas acaba sendo” –. Isto é, alguns deles admitiam que a atividade científica sofre influências das mais diversas naturezas, mas idealmente não deveria; também, que dois observadores ao observar a mesma coisa não chegam às mesmas conclusões, mas deveriam. Ou seja, para certos alunos, a ciência deveria ser idealmente neutra, isolada e imparcial, para ser considerada “confiável”. Essas ideias foram modificadas ao longo do desenvolvimento da UEPS (1), por meio das exemplificações e contraexemplificações da ndc a partir da História da Física.

Para contextualizar um episódio da História da Física que contribuiu para as discussões sobre, por exemplo, as influências na construção e desenvolvimento do conhecimento, pode-se citar o conteúdo do capítulo 4, do livro 1 (PEDUZZI, 2015a). O contexto discutido abrigava a concepção medieval de uma Terra plana, que se mantinha por ser fortemente sustentado por ideologias religiosas, as quais dominavam o pensamento medieval e influenciavam a forma como o mundo era visto nesse período. Esse enredo refletiu na elaboração dos mapas-múndi da época, que tinham como papel principal propalar as verdades da Bíblia e da fé à população, através de ilustrações carregadas de significados. A cartografia medieval ultrapassava os objetivos de localização espacial, ela refletia uma visão específica de mundo (DEUS, 2006). Tal cenário foi explorado para exemplificar que, dentre os muitos aspectos que influenciam a construção do conhecimento, a religião é um deles e destaca-se nesse período. Os exemplos ilustrados serviram como uma possibilidade de reflexão sobre a natureza da ciência, sobretudo de aspectos relacionados à sua não neutralidade. A maioria dos estudantes assimilou novos conhecimentos que possibilitaram a diferenciação progressiva e, ao final da UEPS (1), a reconciliação entre esses conhecimentos evidenciou indícios de aprendizagem significativa. Foi possível perceber que os alunos passaram a tratar as influências no desenvolvimento científico e a subjetividade nas observações como

características naturais da ciência, e não mais como um fator negativo.

Os pressupostos fundamentais das UEPS também afirmam que a interação dos novos conhecimentos com as características cognitivas singulares promove a possibilidade de que os alunos sejam sujeitos ativos na construção de seus próprios conhecimentos (MOREIRA; MASINI, 2011). Tal fato foi corroborado na intervenção da UEPS (1), onde os estudantes tiveram voz ativa e atuaram como participantes da construção de seus próprios conhecimentos, nas atividades e situações problema desenvolvidas. Nesse caso, foi possível perceber que eles conseguiram desnaturalizar alguns mitos arraigados nas suas formas de compreender a ndc. Por exemplo, ao analisar o questionário, inicialmente, alguns deles afirmavam veementemente que o conhecimento só poderia ser produzido a partir de dados empíricos, observações da natureza ou experimentos. A evolução dos alunos ao longo do desenvolvimento da sequência didática evidenciou que, aos poucos, eles foram demonstrando uma compreensão mais ampla de tal aspecto, afirmando que o conhecimento poderia surgir de teorias já existentes, de reflexões, intuições, entre outros.

Na UEPS (2), também foram incrementadas atividades em forma de debates e análises de filmes que favoreceram o diálogo e a interação, de maneira a suscitar nos alunos postura crítica e ativa no processo de aprendizagem. Nesta segunda sequência didática, entre outros assuntos, foram discutidas questões sobre o método científico. Importante ressaltar que, ainda que a literatura da área tenha desempenhado grandes esforços no sentido de esclarecer a problemática em torno de regras rígidas para a construção do conhecimento (SILVEIRA; OSTERMANN, 2002), metade dos participantes da presente pesquisa concordaram, inicialmente, com a afirmativa *“A ciência produz conhecimento seguindo, rigorosamente, a sequência: observação dos fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões e generalizações”*. As exemplificações por meio da História da Física, explorando, por exemplo, os métodos em Newton, o método de Descartes e mostrando as metodologias diferenciadas que vários estudiosos desenvolveram ao longo da história, foram essenciais para confrontar as concepções iniciais e possibilitar a diferenciação progressiva. As novas informações interagiram com os conhecimentos prévios dos estudantes e com os conceitos trabalhados em sala e, ao final da UEPS (2), indícios da ocorrência da reconciliação integradora foram observados em todos os estudantes sobre esse aspecto, pois foram capazes de empregar seus conhecimentos em novos contextos, na avaliação somativa individual, afirmando, por exemplo, que não há um único método.

A respeito da forma de conduzir as UEPS em sala de aula, há que se considerar que a leitura prévia dos capítulos dos livros foi um ponto essencial, uma vez que isto direcionou as discussões para aspectos mais interessantes do assunto ou até para esclarecer questões específicas. Outro ponto a ser enfatizado é que as dinâmicas em forma de debate tiveram ampla aceitação dos alunos que se sentiram animados e motivados a defender certos personagens da história. Como exemplo desse tipo de atividade, pode-se citar o debate entre Aristóteles *versus* Filoponos, onde os alunos, que estavam divididos em equipes, defenderam, no grupo aristotélico, os conhecimentos hegemônicos, e no “time” de Filoponos, ilustraram as dificuldades que novos corpos de conhecimento encontram ao tentarem se instituir. Além disso, a adesão da turma às atividades de discussão em grande grupo possibilitou uma melhor coleta de dados, uma vez que a maioria externalizou seus pontos de vista nesses momentos. Com isso, foi possível analisar os possíveis indícios de evolução e de aprendizagem significativa.

O uso de análises de vídeos durante as aulas, para explorar os conteúdos sobre a História da Física e a consequente exemplificação da ndc, também foi aprovado pelos estudantes. Esse tipo de atividade contribuiu para a busca dos indícios de aprendizagem significativa, pois os alunos gostavam desse tipo de dinâmica, se sentiam motivados a opinar e analisar os audiovisuais. Desta forma, foi possível verificar as evoluções na compreensão dos assuntos estudados. Além disso, essas atividades proporcionaram aos estudantes um olhar mais criterioso em relação aos filmes e vídeos que tratam de assuntos sobre a ciência.

De forma geral, as atividades (debates, discussões em grande grupo, análises de vídeos) constituíram-se em exercícios que, além de possibilitar a ação pedagógica ao longo das aulas, proporcionaram a construção de conhecimentos, baseado na negociação de significados, na (re) significação de conceitos e na compreensão explícita das características da atividade científica através da exemplificação da História da Física. Tudo isso tendo como suporte o referencial teórico que sustenta este trabalho, tanto no aspecto educacional quanto no que diz respeito à pesquisa.

As propostas de avaliação somativa individual, onde, na primeira UEPS, foi solicitado que analisassem o filme “Ágora” e o vídeo de animação “Heróis clássicos: Galileu” e, na segunda, que avaliassem um material didático de Física, foram bem recebidas pelos estudantes. Para além de terem que demonstrar o que conseguiram aprender, eles foram guiados a expor suas compreensões em outro nível, diferente daquele de sala de aula, onde a exemplificação da ndc era realizada a partir da

História da Física presente nos livros (1) e (2). Essas avaliações somativas permitiram verificar, ainda que em único momento, o nível de evolução dos estudantes, uma vez que esta também ocorreu de forma processual ao longo das intervenções. Dessa forma, elas somaram-se ao processo avaliativo já existente e, além de fornecerem dados que, sob o ponto de vista da pesquisa, constituíram-se em indícios para o resultado da investigação, também contribuíram como elementos esclarecedores da problemática de pesquisa.

Nessa perspectiva, existem alguns pontos a serem levados em consideração, em outras possíveis aplicações deste projeto. Não foi realizada a devolutiva do questionário inicial da UEPS (1). Tal ação poderia ter sido aproveitada para evidenciar aos estudantes as suas próprias evoluções e ressaltar, ainda mais, os resultados positivos das UEPS. Em relação ao debate entre Aristóteles *versus* Filoponos e Duque *versus* Tartaglia da UEPS (1) e, também, ao instrumento 4 da UEPS (2) onde os grupos receberam uma concepção específica referente à ndc e fizeram a exemplificação a partir do capítulo 6 do livro 2, o tempo de preparação para os estudantes foi curto. Ou seja, eles haviam sido avisados na aula anterior que teriam uma atividade diferenciada e, teoricamente, cada um já havia lido o capítulo em questão, mas os grupos foram divididos na hora e os temas que cada equipe deveria exemplificar também foram distribuídos no momento de início da atividade. Dessa forma, sugere-se que a divisão dos grupos e a distribuição dos temas sejam realizadas na aula anterior para que os estudantes possam se preparar em relação aos argumentos que irão utilizar e, também, possam fazer uma leitura direcionada ao aspecto que irão defender. Isso, com certeza, promoverá uma dinâmica mais proveitosa do que a que foi realizada neste projeto.

Considerando as diferentes temáticas abordadas, constatou-se que as concepções prévias sobre a ndc encontradas inicialmente, foram, de maneira geral, superadas, pois indícios convincentes de aprendizagem significativa foram observados ao longo das duas UEPS. Por meio dos diversos instrumentos, do diário de campo e das gravações em áudio das aulas, foi possível constatar que os estudantes tiveram aquisição de novos significados, conseguiram diferenciar conceitos novos e ideias já estabelecidas, não tratando as novas concepções sobre a ndc como aspectos isolados. Além disso, eles promoveram interações sobre as ndc estudadas relacionando seus significados e ampliaram suas capacidades de compreender a construção, desenvolvimento e interlocução do conhecimento científico.

Portanto, as UEPS foram consideradas, neste estudo, instrumentos que facilitaram o planejamento da ação docente na busca por objetivos de aprendizagem significativa. Elas proporcionaram aperfeiçoar, evoluir e desnaturalizar concepções simplistas da atividade científica. A implementação das unidades de ensino transformou o modo de os estudantes interpretarem a construção do conhecimento. É possível concluir que o trabalho desenvolvido, desde o início, deixou os estudantes inquietos; no decorrer das aulas eles foram levados a pensar, talvez, no impensável; revirou concepções e abriu um espaço cheio de perspectivas com outro enfoque sobre o trabalho científico.

A intenção desse tipo de projeto, ao ser aplicado em uma turma de futuros graduados em Física, não é direcioná-los a pensar de acordo com as concepções da pesquisadora ou do professor da disciplina, mas sim dar condições para que eles tenham uma leitura mais crítica dos filmes que assistem, dos livros que lêem e da própria ciência e sua história. Como foi possível perceber, ao início das UEPS, alguns alunos apresentaram visões simplistas sobre a atividade científica. Esses mitos arraigados nos estudantes, exigem muito mais do docente, que pode instruí-los a ter uma visão mais prudente e ampla da atividade científica.

Uma formação histórico-filosófica não deve ser prerrogativa apenas daqueles graduados em Física que exercerão a docência, mas também dos futuros pesquisadores e cientistas. É importante que os cursos de bacharelado contemplem a formação de um cientista para além da esfera acadêmica tecnocientífica, na busca de um profissional crítico, autônomo e consciente, que reflita sua prática (BAGDONAS, ZANETIC, GURGEL, 2014). Esse pressuposto é defendido pela literatura da área há muito tempo. Hodson (1985), por exemplo, argumenta que a visão da ciência como uma atividade impessoal e destituída de seu lado humano e social é prejudicial à produção de futuros cientistas. Nesse mesmo sentido, Obregón (1996, p. 543) considera que a relação entre a história das ciências e educação é “uma valiosa ferramenta tanto para o ensino como para o próprio trabalho científico. O conhecimento da história de uma ciência permite desenvolver a capacidade crítica, o espírito de análise e de precisão e a atitude atenta e curiosa indispensável para o pensamento científico”. Assim sendo, foi legítima a preocupação desta pesquisa com a formação inicial de licenciandos e bacharelados, de modo a favorecer a estes uma formação histórico-filosófica.

Na perspectiva de novos estudos, na busca por uma visão mais crítica sobre a natureza da ciência na educação científica, aventa-se a possibilidade de que outros episódios históricos possam ser explorados em UEPS com o intuito, também, de exemplificar e contraexemplificar a

ndc. Assim, por exemplo, poderiam ser utilizados os outros livros sobre a História da Física que fazem parte da disciplina Evolução dos Conceitos da Física: “Do átomo grego ao átomo de Bohr” (PEDUZZI, 2015c), “A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica” (PEDUZZI, 2015d) e “Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Man, Nambu...” (PEDUZZI, 2015e), uma vez que esses livros são instrumentos potenciais para discussões e reflexões sobre a ndc<sup>65</sup> Uma outra possibilidade, é que futuras pesquisas possam explorar diferentes proposições sobre a natureza da ciência, além daquelas que foram empreendidas neste trabalho, como as que constam no texto “Sobre a Natureza da Ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência” (PEDUZZI; RAICIK, 2017), o qual apresenta e discute 18 proposições sobre a ndc

Ainda no contexto de apontamentos para estudos futuros, pode-se lançar o desafio de vincular as UEPS a, por exemplo, um conjunto de artigos, com o intuito de explorar outros formatos de textos sobre a História da Física, diferentes dos utilizados nesta pesquisa. Este ponto é encarado como um desafio porque há de se ter muitos cuidados com os materiais selecionados, os quais devem ser devidamente sincronizados em termos epistemológicos e apresentar uma abordagem filosófica coerente. Preconiza-se, ainda, que a intervenção didática implementada no presente trabalho pode ser aplicada em outras disciplinas sobre a História da Física. Nesse caso, e havendo espaço e tempo, poderia se pensar em outras perspectivas como, por exemplo, envolver os estudantes na produção de UEPS. Outra possibilidade seria a de dar ênfase a aspectos conceituais dos conhecimentos desenvolvidos.

Por certo, pode-se afirmar que as UEPS desenvolvidas e aplicadas podem ser consideradas um material potencialmente significativo, uma vez que sua avaliação apresentou indícios de aprendizagem significativa na maioria dos estudantes.

Enfim, esta pesquisa cumpriu com seus objetivos e pode servir como um incentivo para a busca e implementação de novas metodologias didáticas.

---

<sup>65</sup> Esses textos podem ser encontrados no endereço: [evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br](http://evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br)

## REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F. Teaching with and about nature of Science, and Science teacher knowledge domains. **Science & Education**, on-line version (2012).

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving Science Teacher's Conceptions of Nature of Science: A Critical Review of the Literature. **International Journal of Science Education**, v22 n7 p 665-701 Jul 2000.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; IZQUIERDO-AYMERICH, M. A research-informed instructional unit to teach the nature of science to preservice science teachers. **Science & Education**, 18(9), 1177–1192, 2009.

ALLCHIN, D.: 2003, Scientific myth-conceptions. **Science & Education**, 87 (3), 329-351.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, p. 179-195, 2004.

ALVES, F. E. et al. Imagens da ciência manifestadas por professores e recém-licenciados. X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015.

AUSUBEL, D. P. (1968). **Educational psychology: a cognitive view**. New York, Holt, Rinehart and Winston.

AUSUBEL, D. P. (2000). **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 210 p.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. 1.ª Edição PT- 467 - Janeiro de 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Educational psychology: a cognitive view. 2nd ed. Nova York: Holt Rinehart and Winston, 1978. Tradução Eva Nick et. al., **Psicologia Educacional**. 1 ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980, 625 p.

BACON, F. **Novum Organum ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza**. Nova Atlântida. Tradução e notas: José Aluysio Reis de Andrade. O Pensadores. São Paulo: Nova Cultural. 1999 255 p.

BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.; GURGEL I. Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino da física: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 242-260, jul/dez 2014.

BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. Variações da história da ciência no ensino de ciências. In: VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2008, Florianópolis. **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2008.

BASTOS C. L.; CANDIOTTO, C. B. B. (2008). **Filosofia da Ciência**. Petrópolis: Editora Vozes.

BATISTA, I. L. Reconstruções histórico-filosóficas e a pesquisa em educação científica e matemática. In: NARDI, R. (Org.) **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras Editora, 2007, p. 257-272.

BEST, J. W. **Research in Education**. N. Jersey, Prentice - Hall, Inc., 1970.

BEZERRA, E. V. L. **Análise de propostas didáticas de História e Filosofia da Ciência para o ensino de física**. 2014. 224 p. Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Setor de Ciências Exatas - Universidade Federal do Paraná.

BLIGH, P. The implications of reductionist physics for human culpability. **Physics Education**, Vol. 24, nº 1, 1989, p. 9-13.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, cursos de licenciatura, de graduação plena**. PARECER CNE/CP 9/2001.

BRASIL. **Guia dos livros didáticos: PNLD 2015: Física – ensino médio**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica, 2014.

BUNGE, M. (2000). **Física e Filosofia**. São Paulo: Editora Perspectiva.

CAS&MT - Central Association of Science and Mathematics Teachers. A consideration of the principles that should determine the courses in biology in the secondary schools. **School Science and Mathematics**, 9, 241 -247, march 1909.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** Tradução de Raul Filker. 1ª ed. São Paulo, Braziliense, 1993.

CHARMAZ, K. **A construção da teoria fundamentada: guia prático para análise qualitativa**. Porto Alegre: Artmed; 2009.

CHARMAZ, K.; MITCHELL, R. G. (2001). Grounded theory in ethnography. In P. Atkinson, Coffey, S. Delamont, J. Lofland, & L. Lofland (Eds.), **Handbook of ethnography** (pp. 160-174). London, UK: Sage.

CLOUGH, M. P.; OLSON, J. K. (2008). Teaching and assessing the Nature of Science: an introduction. **Science & Education**, 17, pp. 143-145.

COHEN, I. B. O método de Newton e o estilo de Newton. In: COHEN, I. B.; WESTFALL, R. S. (org.) **Newton: textos, antecedentes, comentários**. Rio de Janeiro: Contraponto, EDUERJ, 2002.

COHEN, I. B.; WESTFALL, R. S. (org.) **Newton: textos, antecedentes, comentários**. Rio de Janeiro: Contraponto, EDUERJ, 2002.

CORDEIRO, M. D. **CIÊNCIA E VALORES NA HISTÓRIA DA FISSÃO NUCLEAR: POTENCIALIDADES PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA**. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da

radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 3601, 2011.

CUPANI, A. O. A objetividade científica como problema filosófico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 18-29, jan. 1989.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. O pior inimigo da ciência: procurando esclarecer questões polêmicas da epistemologia de Paul Feyerabend na formação de professores. **Investigações em Ensino de Ciências** (Online), v. 20, p. 97-126, 2015.

DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q. Eppur si muove: A defesa do copernicanismo teve papel central nas condenações de Galileu? Apresentação de trabalho. **Atas do X ENPEC**, v. 1, p. 1-9, 2015.

DEUS, P. R. **Usos, autoria e processo de confecção do mapa-múndi de Hereford**, século XIII. Fênix: revista de História e Estudos Culturais. Vol. 3, ano III, nº 1. Mar/2006.

DURBANO, J. P. D. M. **Investigação de concepções de alunos de ciências biológicas do IB-USP acerca da Natureza da Ciência**. 2012. 203p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas, Biologia/Genética) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo.

FALKEMBACH, E. M. F. Diário de campo: um instrumento de reflexão. In: **Contexto e educação**. Ijuí, RS Vol. 2, n. 7 (jul./set. 1987), p. 19-24.

FEYERABEND, P. **Contra o método**. Tradução de Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg. Rio de Janeiro, F. Alves, 1977. 488 p.

FIORAVANTI, C. André Gratia, pioneiro pouco conhecido da história dos antibióticos. **Cad. hist. ciênc.** São Paulo, v. 8, n. 2, dez. 2012.

FLAMMARION, C. (1888). *L'Atmosphere: Météorologie Populaire* (en francés). París: Hachette.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. 220f. 2009. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FRENCH, S. **Ciência: conceitos-chave em filosofia**. Trad.: André Klaudat. Porto Alegre: Artmed, 2009, 196 pp.

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

GLEISER, M. **Série Poeira das Estrelas: o nascimento da ciência**. Direção e produção: Rede Globo de Televisão. Exibida no programa Fantástico. 2006. Vídeo on-line (10 min).

GUERRA-RAMOS, M. T. Teachers' ideas about the nature of Science: A critical analysis of research approaches and their contribution. **Science & Education**, v. 21, n. 5, p. 631-655, 2012.

HACKING, I. **Representar e Intervir: tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 197-211, 1999.

HODSON, D. **Philosophy of Science, Science and Science Education**. Studies in Science Education, Leeds, Inglaterra, v. 12, p. 25-57, 1985.

HOLTON, G. What historians of science and science educators can do for one another? **Science & Education**, 12 (7): 603-616, oct. 2003.

IRWIN, A. R. Historical case studies: teaching the nature of science in context. **Science Education**, v. 84, n. 1, p. 5-26, 2000

JORNAL BRASILEIRO DE PATOLOGIA E MEDICINA LABORATORIAL. Nossa capa: **Alexander Fleming e a descoberta da penicilina**. J. Bras. Patol. Med. Lab., Rio de Janeiro, v. 45, n. 5, p. I, Oct. 2009.

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.

KÖHNLEIN, J. F. K; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da Relatividade Restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 36-70, 2005.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva S.A, 5ª edição, 1998. P. 257.

KUHN, T. S. **A função do dogma na investigação científica**. In: BARRA, E. S. O. (Org). Tradução DEUS, J. D. UFPR. SCHLA, 2012. 1ª edição. 65 p.

LAKATOS, I. O falseamento e a metodologia dos programas de pesquisa. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.) **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Ed. Cultrix, 1979, p. 161-196.

LEDERMAN, N. G. (1992), Students and teachers' conceptions of the nature of science: **A review of the research**. J. Res. Sci. Teach., 29: 331–359.

LEDERMAN, N. G. Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. In: **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**. 2006. p. 1-11.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: past, present, and future. In: S.K. Abell, S. K. e N.G. Lederman. (eds) **Handbook of research on science education**. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, p. 831–880, 2007.

MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, A. F. P. (2015). Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 32(3), 703-737.

MARTINS, R. A. **Sobre o papel da história da ciência no ensino.** Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência, v. 9, p. 3-5, 1990.

MARTINS, R. A. O que é a ciência do ponto de vista da epistemologia? **Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa** 9: 5-20, 1999.

MARTINS, R. A. Introdução: a história da ciência e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências. Subsídios para aplicação no Ensino.** São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2006, p. 21-34.

MASSONI, N. T. (2005). Epistemologias do Século XX. **Textos de apoio ao professor de física**, v.16, n.3, 2005. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

MASSONI, N. T. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de Física: a questão da mudança epistemológica;** 2010; Tese (Doutorado em PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA, UFRGS) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáticas. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 20, n. 3, p. 595-616, Sept. 2014.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

McCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. (1998). The Nature of Science in Science Education: An introduction. **Science & Education**, 7, pp. 511-532.

McCOMAS, W. F.; CLOUGH, M. P.; ALMAZROA, H. (1998). The role and character of the nature of science in science education. In W. F. McComas (Ed.), **The nature of science in science education: Rationales and strategies** (pp. 3–40). Hingham: Kluwer.

MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino da física. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MONTEIRO, M. M. **Inércia e Natureza da Ciência no Ensino de Física: uma sequência didática centrada no desenvolvimento histórico do conceito de inércia**. 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MOREIRA, M. A. (1999). **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília.

MOREIRA, M. A. Organizadores prévios e a aprendizagem significativa. **Revista Chilena de Educación Científica**, Vol. 7, N°. 2, 2008 , pp. 23-30.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v. 1, n. 2, pp. 43-63, 2011.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa. **Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais**, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, v. 23, 2012.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes. 112p, 2011.

MOURA, B. A. **A aceitação da óptica newtoniana no século XVIII: subsídios para discutir a Natureza da Ciência do Ensino**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MOURA, B. A. **Formação crítico-transformadora de professores: uma proposta a partir da História da Ciência**. 2012. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, jan/jun 2014.

MOURA, B. C. **História da ciência como estratégia didática no ensino médio: um breve olhar de conteúdos da óptica**. 2013. 162f. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN – Natal.

MOUSINHO, S. P. et al. A visão de ciência de professores e estudantes de Araruna-PB. **III CONEDU** – Congresso Nacional de Educação. 2016.

OBREGÓN D. 1996. Ciencia e historia de las ciencias. In: J.J. Uribe, E. Quevedo. eds. 1996. **Historia social de la ciencia en Colombia**. Tomo X. Colômbia: Colciencias, p.543-56

OKI, M. C. M. **A história da química possibilitando o conhecimento da natureza da ciência e uma abordagem contextualizada de conceitos químicos: um estudo de caso numa disciplina do curso de química da UFBA**. 2006. Tese (Doutorado em PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO – Faculdade de Educação). Universidade Federal da Bahia – UFBA.

OLIVA, A. **Filosofia da Ciência**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003. Coleção Passo-a-Passo; 31p.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de ensino de física. Florianópolis**. Vol. 13, n. 3 (dez. 1996), p. 184-196, 1996.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em Escolas de Nível Médio e na Formação de Professores de Física**. 1999. 433f. Tese (Doutorado em Ciências), Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. Dissertação (mestrado) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2007.

PAIVA, C.; ALBUQUERQUE, K. L. As visões deformadas da ciência por estudantes concluintes do ensino médio: a alfabetização científica como alternativa. Simpósio Nacional de Ensino de Ciências - **SINECT 2014**. Ponta Grossa, Paraná.

PAIXÃO, F.; CACHAPUZ, A. F. Mudanças na prática de ensino da Química pela formação dos professores em História e Filosofia das Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 18, p. 31-36, 2003.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.) **Ensino de Física – conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora UFSC, 2001.

PEDUZZI, L. O. Q. **Evolução dos conceitos da Física**. Material confeccionado para o curso de Licenciatura em Física, modalidade à distância. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2011.

PEDUZZI, L. O. Q. **Força e movimento: de Thales a Galileu**. Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015(a). 209 p.

PEDUZZI, L. O. Q. **Da física e da cosmologia de Descartes à gravitação newtoniana**. Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015(b). 149 p.

PEDUZZI, L. O. Q. **Do átomo grego ao átomo de Bohr**. Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015(c). 214 p.

PEDUZZI, L. O. Q. **A relatividade einsteiniana: uma abordagem conceitual e epistemológica**. Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015(d). 271 p.

PEDUZZI, L. O. Q. **Do próton de Rutherford aos quarks de Gell-Mann, Nambu...** Publicação interna. Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015(e). 112 p.

PEDUZZI, L. O. Q. **Ensino de Ciências: contribuições da epistemologia**. Março a junho de 2016. Notas de aula. Slides.

PEDUZZI, L. O.; RAICIK, A. C. **Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência.** Agosto, 2017, 51 p. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: [www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br](http://www.evolucaodosconceitosdafisica.ufsc.br)

PESSANHA, J. A. M. **BRUNO — Vida e Obra.** Abril S.A. Cultural, São Paulo, 1973. — 2.<sup>a</sup> edição, 1978, 3.<sup>a</sup> edição, 1983.

PESSOA JR., O. **Filosofia & Sociologia da Ciência.** Aula ministrada na disciplina de HG-022, Epistemologia das Ciências Sociais, do curso de Ciências Sociais da Unicamp, a convite da Professora Doutora Fátima Évora. Campinas, 1993. Disponível em: <http://www.fflch.usp.br/df/opessoa/Soc1.pdf> Acesso em março 2017.

POLITO, A. M. M.; SILVA FILHO, O. L. A filosofia da natureza dos Pré-Socráticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 323-361, abr. 2013.

POPPER, K. R. **Conjecturas e refutações.** Brasília: Ed. UNB, 1982.

RAICIK, A. C. **Experimentos exploratórios: os contextos da descoberta e da justificativa nos trabalhos de Gray e Du Fay.** 2015. 234 f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

REALE, G.; ANTISERI, D. **História da Filosofia.** São Paulo: Ed. Paulus, 1990.

REGINATO, V.; GALLIAN, D. M. C; MARRA, S. A literatura na formação de futuros cientistas: lição de Frankenstein. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, 2016.

REZENDE, A. L. História das Ciências no Ensino de Ciências: contribuições dos recursos audiovisuais, **Ciência em Tela**, v.(1), n.(2), p.1-8, 2008.

ROSA, C. A. P. **História da Ciência: a ciência e o triunfo do pensamento científico no mundo contemporâneo.** Volume III. — 2. ed. — Brasília: FUNAG, 2012.

ROSA, C. A. P. **História da ciência: a ciência moderna**. Volume II — 2. ed. — Brasília: FUNAG, 2012.

RUDGE, D.; HOWE, E. An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. **Science & Education**, v. 18, p. 561-580, 2009.

SALMOS. In: BÍBLIA. Português. **Bíblia sagrada: contendo o antigo e o novo testamento**. Tradução de João Ferreira de Almeida. Rio de Janeiro: Sociedade Bíblica do Brasil, 1966. p. 678-686.

SÃO TIAGO, M. F. **Aspectos da ‘natureza da ciência’ num curso de física do ensino médio: uma abordagem histórica**. 2011. 152p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SARGENT, R. M. Scientific Experiment and Legal Expertise: The Way of Experience In Seventeenth-Century England. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 20, n.1, p. 19-45, 1989.

SILVA, C. C.; PAGLIARINI, C. R. **A Natureza da Ciência em Livros Didáticos de Física**. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Curitiba, 2008.

SILVA, C. C.; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1602, 2008.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A.: 2003, A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, 9(1), 53-65.

SILVA, F.; CUNHA, A. M. O. Método científico e prática docente: as representações sociais de professores de ciências do ensino fundamental. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 41-54, 2012.

SILVA, W. L. R. **A importância de uma abordagem epistemológica na graduação em física**. 2009. 147f. Dissertação (Mestrado). Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro.

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, p. 197-218, 1996.

SILVEIRA, F. L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 219-230, jan. 1996.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de "descobrir a lei a partir de resultados experimentais". **Caderno brasileiro de ensino de física. Florianópolis. Vol. 19,(jun. 2002), p. 7-27, 2002.**

SOUZA, R. O. et al. Concepções dos estudantes sobre a ciência, os cientistas e o método científico: uma abordagem histórico-crítica como base para uma proposta de intervenção visando a resignificação destes conceitos. **XVII Simpósio Nacional de Ensino de Física "O Ensino de Física e Sustentabilidade". Anais... São Luis, Maranhão, v. 29, 2007.**

STRAUSS. A.; CORBIN, J. (1990). **Basics of qualitative research: Grounded theory procedures and techniques**. Newbury Park, CA: Sage.

STRAUSS, A.; CORBIN, J. (2009) **Pesquisa Qualitativa: técnicas e procedimentos para o desenvolvimento de Teoria Fundamentada**. Porto Alegre: Artmed, 2ª ed., reimpressão.

TREVISAN, A. C. R. et al. A natureza da ciência na visão de professores de Ciências e Matemática: um recorte no norte de Mato Grosso, Brasil. **Revista Educação, Cultura e Sociedade**, v. 6, n. 1, 2016.

VANNUCCHI, A. I. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**. 1996. Dissertação (Mestrado). São Paulo, Faculdade de Educação, USP, 1996.

VÁZQUEZ, A. et al. Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza. In: **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, 2004.

VÁZQUEZ, A. et al. Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade. **Química Nova na Escola**, nº27, fev. 2008.

VILAS BOAS, A. et al. História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 287-322, jun. 2013.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 225-257, 2014.

WESTFALL, R. S. **The Construction of Modern Science: mechanisms and mechanics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1977.

WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education – part 1. **Physics Education**, 14: 108-112, 1979.

**APÊNDICE A – Termo de autorização de uso de depoimentos****TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DEPOIMENTOS**

Eu \_\_\_\_\_, CPF \_\_\_\_\_, RG \_\_\_\_\_, AUTORIZO, através do presente termo, a pesquisadora (**Simone Sobieckiak**) do projeto de pesquisa intitulado **“HISTÓRIA DA FÍSICA E NATUREZA DA CIÊNCIA EM UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS)”** a colher meu depoimento sem quaisquer ônus financeiros a nenhuma das partes.

Ao mesmo tempo, caso seja de interesse, libero a utilização destes depoimentos para fins científicos e de estudos (livros, artigos, slides e transparências), em favor da pesquisadora, acima especificada, **sendo que nesse caso será preservado o meu anonimato como participante, assegurando assim minha privacidade.**

Florianópolis, SC, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

\_\_\_\_\_  
Participante da pesquisa

\_\_\_\_\_  
Pesquisador responsável pelo projeto

## APÊNDICE B – Questionário inicial

Nome: .....

a) Idade:.....anos

b) Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

c) Modalidade do curso em que estuda: ( ) Licenciatura ( ) Bacharelado

### Questionário

A seguir, aparecem 8 afirmativas sobre alguns aspectos do conhecimento científico. Em cada uma delas você deve se posicionar, sobre o seu grau de concordância ou discordância, de acordo com a seguinte escala:

CONCORDO FORTEMENTE: CF

CONCORDO: C

INDECISO: I

DISCORDO: D

DISCORDO FORTEMENTE: DF

Faça um **X** na opção que melhor expressa a sua opinião e justifique a sua resposta (opção).

**1. Toda investigação científica começa, necessariamente, pela observação sistemática do fenômeno a ser observado.**

( ) CF                      ( ) C                      ( ) I                      ( ) D                      ( )

DF

Por favor, justifique a sua resposta:

**2. A ciência não é universal, ou seja, ela é influenciada por fatores culturais e nacionais; é afetada por valores sociais, políticos e filosóficos.**

( ) CF                      ( ) C                      ( ) I                      ( ) D                      ( )

DF

Por favor, justifique a sua resposta:

**3. A elaboração de leis e teorias envolve a criatividade, a intuição e a imaginação do pesquisador.**

( ) CF                      ( ) C                      ( ) I                      ( ) D                      ( )

DF

Por favor, justifique a sua resposta:

**4. O conhecimento científico é provisório, ou seja, com o passar do tempo poderá haver algo que leve à sua rejeição.**

CF                       C                       I                       D                      ( )  
DF

Por favor, justifique a sua resposta:

**5. Quando dois cientistas observam a mesma coisa, eles devem chegar obrigatoriamente às mesmas conclusões.**

CF                       C                       I                       D                      ( )  
DF

Por favor, justifique a sua resposta:

**6. A ciência produz conhecimento seguindo, rigorosamente, a sequência: observação dos fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões e generalizações.**

CF                       C                       I                       D                      ( )  
DF

Por favor, justifique a sua resposta:

**7. As teorias científicas são obtidas a partir dos dados da experiência, ou seja, a experiência é a fonte do conhecimento.**

CF                       C                       I                       D                      ( )  
DF

Por favor, justifique a sua resposta:

**8. A substituição de uma teoria por outra, nem sempre acontece espontaneamente; a aceitação de novos conhecimentos pela comunidade científica com frequência encontra resistências de toda natureza.**

CF                       C                       I                       D                      ( )  
DF

Por favor, justifique a sua resposta:

## **APÊNDICE C – Avaliação somativa individual UEPS (1)**

### **Avaliação 1**

Questão 1:

- Escreva o que você entende por cada uma das seguintes proposições (no máximo 2 laudas para as três descrições):
  1. O trabalho científico é influenciado por fatores políticos, sociais, religiosos, afetivos, convicções pessoais; a ciência é um empreendimento humano que não se desenvolve isoladamente e de maneira neutra.
  2. A aceitação de novos conhecimentos nada tem de trivial, a substituição de teorias envolve persuasão, disputas e grandes períodos de resistência;
  3. A construção do conhecimento por meio de observações ou experimentações neutras, que não envolvem vínculos do observador/experimentador com o fenômeno, é uma falácia; os dados por si só não geram conhecimento.

Questão 2:

- Escolher três cenas dos vídeos “Ágora” e “Heróis Clássicos: Galileu”, (uma de um vídeo e duas de outro); cada cena deverá exemplificar ou contra exemplificar uma (ou mais) proposições sobre a Natureza da Ciência trabalhadas em aula;
- Explicitar o período da cena;
- Descrever sucintamente a cena;
- Analisar/discutir as proposições tanto do ponto de vista histórico-conceitual quanto filosófico;

Demonstrar:

- Domínio do conteúdo;
- Fundamentação dos argumentos;
- Clareza na exposição dos argumentos;
- Uso adequado da língua portuguesa;

## **APÊNDICE D – Avaliação somativa individual UEPS (2)**

### **Avaliação 2**

#### **Questão 1**

Escreva o que você entender por cada uma das proposições abaixo, exemplificando ou contra-exemplificando com o conteúdo histórico do livro 2.

4. A ideia de um conjunto de regras universais para se fazer ciência, como se existisse apenas um método científico desfigura o processo da construção do conhecimento; o empreendimento científico envolve inúmeros procedimentos, os quais são dinâmicos, não lineares, subjetivos e essencialmente criativos.

5. Corpos de conhecimentos científicos, mesmo os mais amplamente aceitos, são inerentemente provisórios. O conhecimento está sempre sujeito a ser modificado, caso surjam novas teorias que expliquem de forma mais satisfatória os fenômenos.

6. Nenhum conhecimento deixa de ser científico porque foi substituído. No período de sua vigência ele se constituiu em um corpo de conhecimento coerente, com poder explicativo e preditivo.

#### **Questão 2:**

- Escolha um recurso didático de circulação que contenha a história da ciência trabalhada no livro 2; pode ser um livro de divulgação científica, um livro de física de ensino superior, um livro didático de ensino médio (nesse caso precisa ser aprovado pelo PNLD 2012 ou 2015) ou outro material que você julgue conveniente;
- Apresente um contexto geral do material analisado;
- Selecionar partes do(s) material(is) que exemplifiquem ou contra exemplifiquem uma (ou mais) proposições sobre a Natureza da Ciência trabalhadas em aula (as de número 4, 5 e 6);
- Anexar as páginas com o(s) trecho(s) da(s) obra(s) analisada(s) (esse caso se utilizar livro); Escreva uma síntese das cenas analisadas (nesse caso se utilizar vídeos)

- Analisar/discutir os trechos escolhidos tanto do ponto de vista histórico-conceitual quanto filosófico, à luz das proposições e dos textos trabalhados na disciplina;

Demonstrar:

- Domínio do conteúdo;
- Fundamentação dos argumentos;
- Clareza na exposição dos argumentos;
- Uso adequado da língua portuguesa;
- Adequada coerência entre a análise e o discurso do material.

## APÊNDICE E – Trabalhos analisados no Capítulo 1

FARIAS, C. R. de O.; ALMEIDA, A. V de. A natureza da ciência na formação de professores: reflexões a partir de um curso de licenciatura em ciências biológicas. **Investigações em Ensino de Ciências – IENCI** – 16.3 (2011): 473-488.

GUTTMANN, G. A. M.; BRAGA, M. A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 442-460, maio 2015.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, maio 2015.

MOREIRA, L. M.; MARANDINO, M. (2015). Teatro de temática científica: conceituação, conflitos, papel pedagógico e contexto brasileiro. **Ciência & Educação**, 21(2), 511-523.

PUJALTE, O. et al. Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. **Ciência & Educação** 2014, vol.20, n.3, pp.535-548.

SENRA, C. P.; BRAGA, M. A. B. Pensando a natureza da ciência a partir de atividades experimentais investigativas numa escola de formação profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 1, p. 7-29, nov. 2013.

SOUZA, A. L. S.; CHAPANI, D. (2015). Concepções de ciência de um grupo de licenciandas em Pedagogia e suas relações com o processo formativo. **Ciência & Educação**, 21(4), 945-957.

VILAS BOAS, A. et al. História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p. 287-322, jun. 2013.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p. 225-257, mar. 2014.

## APÊNDICE F– Lista dos trabalhos analisados na seção 2.1 do Capítulo 2

- 1 - SENRA, C. P.; BRAGA, M. A. B. Pensando a natureza da ciência a partir de atividades experimentais investigativas numa escola de formação profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 7-29, nov. 2013.
- 2 - BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência (s): mitos, tendências e distorções. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 579-593, 2014.
- 3 - BERGQVIST, L. P.; PRESTES, S. B. S. Kit paleontológico: um material didático com abordagem investigativa. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 2, p. 345-357, 2014.
- 4 - ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 67, 2011.
- 5 - SILVA, A. C. T. Interações discursivas e práticas epistêmicas em salas de aula de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. spe, p. 69-96, 2015.
- 6 - ANDRADE, G. T. B. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**. 2011, vol.13, n.1, pp.121-138.
- 7 - DA SILVA, A. C.; DE ALMEIDA, M. J. P. M. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624-652, 2011.
- 8 - ALEMANY, S. F.; BLANCO, J. L. D.; TORREGROSA, J. M. La introducción del concepto de fotón en bachillerato. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 1-14, June 2013.
- 9 - SILVA, I.; FREIRE JR. O.; SILVA, A. P. B. O modelo do grande elétron: o background clássico do efeito Compton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, p. 4601, 2011.
- 10 - GALVÃO, C.; REIS, P.; FREIRE, S. A discussão de controvérsias sociocientíficas na formação de professores. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 3, p. 505-522, 2011.
- 11 - AUGUSTO, T. G. S.; AMARAL, I. A. A formação de professoras para o ensino de ciências nas séries iniciais: análise dos efeitos de uma proposta inovadora. **Ciência & Educação**, v. 21, p. 493-509, 2015.
- 12 - CARVALHO, J. C. Q.; COUTO, S. G.; BOSSOLAN, N. R. S. Algumas concepções de alunos do ensino médio a respeito das proteínas. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 4, p. 897-912, 2012.

- 13 - FIRME, R. N.; AMARAL, E. M. R.** Analizando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 383-399, 2011.
- 14 - VILANOVA, R.** Educação em ciências e cidadania: mudança discursiva e modos de regulação na política do Programa Nacional do Livro Didático. **Ciência & Educação**, v. 21, n. 1, p. 177-197, 2015.
- 15 - ROHRIG, S. A. G.; CAMARGO, S.** Educação com enfoque CTS em documentos curriculares regionais: o caso das diretrizes curriculares de física do estado do Paraná. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 4, p. 871-887, 2014.
- 16 - RIBEIRO, T. V.; GENOVESE, L. G. R.** O emergir da perspectiva de Ensino por Pesquisa de Núcleos Integrados no contexto da implementação de uma proposta CTSA no Ensino Médio. **Ciência & Educação**, v. 21, n. 1, p. 1-29, 2015.
- 17 - CABOT, E. A.** Una aproximación a la concepción de ciencia en la contemporaneidad desde la perspectiva de la educación científica. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 549-560, 2014.
- 18 - BARBOSA, L. G. D.; LIMA, M. E. C. C. MACHADO, A. H.** Controvérsias sobre o aquecimento global: circulação de vozes e de sentidos produzidos em sala de aula. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 1, p. 113, 2012.
- 19 - BARBOSA, L. C. A.; BAZZO, W. A.** O uso de documentários par ao debate ciência-tecnologia-sociedade (CTS) em sala de aula. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 3, p. 149-161, 2013.
- 20 - CAMELLO, G. W. et al.** Articulação Centro de Pesquisa-Escola Básica: contribuições para a alfabetização científica e tecnológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 3401, 2010.
- 21 - REIS, D. A.; SILVA, L. F.; FIGUEIREDO, N.** As complexidades inerentes ao tema "mudanças climáticas": desafios e perspectivas para o ensino de física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 535-554, 2015.
- 22 - SOLBES, J.; PALOMAR, R.** Dificultades en el aprendizaje de la astronomía en secundaria. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 2013, vol. 35, p. 1004-1-1004-12, 2013.
- 23 - CARLETTO, M. R.; PINHEIRO, N. A. M.** Subsídios para uma prática pedagógica transformadora: contribuições do enfoque CTS. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 507-525, 2010.
- 24 - MENDES, M. R. M.; DOS SANTOS, W. L. P.** Argumentação em discussões sociocientíficas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p. 621-643, 2013.

- 25** - NIGRO, R. G.; AZEVEDO, M. N. Ensino de ciências no fundamental 1: perfil de um grupo de professores em formação continuada num contexto de alfabetização científica. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 3, p. 705-720, 2011.
- 26** - MOREIRA, L. M. Oxigênio: uma abordagem filosófica visando discussões acerca da educação em ciências – parte 1: poder e ambição. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 4, p. 803-818, 2012.
- 27** - SUISSO, C.; GALIETA, T. Relações entre leitura, escrita e alfabetização/letramento científico: um levantamento bibliográfico em periódicos nacionais da área de ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 21, n. 4, p. 991-1009, 2015.
- 28** - MOREIRA, L. M; MARANDINO, M. Teatro de temática científica: conceituação, conflitos, papel pedagógico e contexto brasileiro. **Ciência & Educação**, v. 21, n. 2, p. 511-523, 2015.
- 29** - GOUVEIA, D. S. M.; SILVA, A. M. T. B. A formação educacional na EJA: dilemas e representações sociais. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 3, p. 749-767, 2015.
- 30** - SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. spe, p. 49-67, 2015.
- 31** - TRIVELATO, S. L. F; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. spe, p. 97-114, 2015.
- 32** - VILANOVA, R. Discursos da cidadania e educação em ciências nos livros didáticos. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 2, p. 141-154, 2012.
- 33** - PIZARRO, M. V; JUNIOR, J. L. Indicadores de alfabetização científica: uma revisão bibliográfica sobre as diferentes habilidades que podem ser promovidas no ensino de ciências nos anos iniciais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 1, p. 208-238, 2016.
- 34** - NIGRO, R. G.; TRIVELATO, S. L. F. Leitura de textos de ciências de diferentes gêneros: um olhar cognitivo-processual. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 3, p. 553-573, 2010.
- 35** - SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.
- 36** - WATANABE, G.; GURGEL, I; MUNHOZ, M. G. O que se pode aprender com o evento Masterclasses-CERN na perspectiva do ensino de

física de partículas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 1, p. 1503, 2014.

**37** - GROTO, S. R.; MARTINS, A. F. P. Monteiro Lobato em aulas de ciências: aproximando ciência e literatura na educação científica. ***Ciência & Educação***, v. 21, n. 1, p. 219-238, 2015.

**38** - GROTO, S. R.; MARTINS, A. F. P. A Literatura de Monteiro Lobato na discussão de questões acerca da Natureza da Ciência no ensino fundamental. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, vol. 17, núm. 2, 2015, pp. 390 -413.

**39** - QUEIROZ, S. L.; FERREIRA, L. N. A. Traços de cientificidade, didaticidade e laicidade em artigos da revista 'Ciência Hoje' relacionados à química. ***Ciência & Educação***, v. 19, n. 4, p. 947-969, 2013.

**40** - REGIANI, A.; et al. Seguindo os passos de Sherlock Holmes: experiência interdisciplinar em encontro de divulgação científica. ***Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências***, América do Norte, 1430 07 2012.

**41** - SOUZA, P. H. R.; ROCHA, M. B. Caracterização dos textos de divulgação científica inseridos em livros didáticos de biologia. ***Investigações em Ensino de Ciências***, v. 20, n. 2, p. 126-137, 2015.

**42** - NASCIMENTO, T. G.; REZENDE JR., M. F. A produção sobre divulgação científica na área de educação em ciências: referenciais teóricos e principais temáticas. ***Investigações em Ensino de Ciências***, Março de 2010, Volume 15, Número 1.

**43** - AMADOR-RODRIGUEZ, R. Y. ADÚRIZ-BRAVO, A. Afirmaciones epistemológicas con "alta carga teórica" que pueden tener incidencia en la didáctica de las ciencias: un estudio comparativo. ***Ciência & Educação***, v. 20, n. 2, p. 433-447, 2014.

**44** - FÁRIA, C. et al. "Como trabalham os cientistas?": potencialidades de uma atividade de escrita para a discussão acerca da natureza da ciência nas aulas de ciências. ***Ciência & Educação***, v. 20, n. 1, p. 1-22, 2014.

**45** - PIASSI, L. P. C. O segredo de Arthur Clarke: um modelo semiótico para tratar questões sociais da ciência usando a ficção científica. ***Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências***, vol. 14, núm. 1, 2012, pp. 209-226.

**46** - DE SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JUNIOR, O. G. Discutindo a objetividade na pesquisa em educação em ciências. ***Ciência & Educação***, v. 20, n. 2, p. 411-431, 2014.

**47** - SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. O papel da problematização freireana em aulas de ciências/física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. ***Ciência & Educação***, v. 21, n. 4, p. 911-930, 2015.

- 48** - SCARPA, D. L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. spe, p. 15-30, Nov. 2015.
- 49** - DE SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JR, O. G. A construção de sentidos para o termo ensino por investigação no contexto de um curso de formação. **Investigações em Ensino de Ciências – V16(1)**, pp. 79-102, 2011.
- 50** - SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. Abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação: possíveis relações epistemológicas e pedagógicas. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 141-162, 2014.
- 51** - OLIVEIRA, F. A.; LANGHI, R. Educação em Astronomia: investigando aspectos de conscientização socioambiental sobre a poluição luminosa na perspectiva da abordagem temática. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 653-670, 2014.
- 52** - DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 99-122, 2012.
- 53** - MASSI, L.A.; QUEIROZ, S. L. Investigando processos de autoria na produção do relatório de Iniciação Científica de um graduando em Química. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 2, p. 271-290, 2012.
- 54** - ARRUDA, S. M.; et al. O aprendizado científico no cotidiano. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 2, p. 481-498, 2013.
- 55** - XAVIER, P. M. A.; FLÔR, C. C. C. Saberes populares e educação científica: um olhar a partir da literatura na área de ensino de ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 308-328, 2015.
- 56** - PINHEIRO, P. C.; GIORDAN, M. O preparo do sabão de cinzas em minas gerais, brasil: do status de etnociência à sua mediação para a sala de aula utilizando um sistema hipermídia etnográfico. **Investigações em Ensino de Ciências – V15(2)**, pp. 355-383, 2010.
- 57** - BAPTISTA, G. C. S. Um enfoque etnobiológico na formação do professor de ciências sensível à diversidade cultural: estudo de caso. **Ciência & Educação**, vol. 21, núm. 3, 2015, pp. 585-603.
- 58** - ALVES, J. M.; et al. Sentidos subjetivos relacionados com a motivação dos estudantes do clube de ciências da ilha de Cotijuba. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 14, núm. 3, 2012, pp. 97-110.
- 59** - PEREZ, D. M. et al. Temas polêmicos e a argumentação de estudantes do curso de ciências biológicas. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 135-150, 2011.

- 60** - CARVALHO, T. F. G.; PACCA, J. L. A. A aprendizagem num museu de ciência e o papel do monitor. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 167-180, 2015.
- 61** - PEREIRA, M. V.; BARROS, S. S. Análise da produção de vídeos por estudantes como uma estratégia alternativa de laboratório de física no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 4, p. 4401-1-4401-8, 2010.
- 62** - RIBEIRO, J. L. P.; VERDEAUX, M. F. S. Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão. **Revista Brasileira de Ensino de Física** v. 34, n. 4, p. 1-10. 2012.
- 63** - RIBEIRO, J. L. P. Uma atividade experimental sobre sombras inspirada em um cartum. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 3507-1-3507-6, 2015.
- 64** - PEREIRA, G. J. S. A.; MARTINS, A. F. P A inserção de disciplinas de conteúdo histórico-filosófico no currículo dos cursos de licenciatura em Física e em Química da UFRN: uma análise comparativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 229-258, jan. 2011.
- 65** - VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 225-257, 2014.
- 66** - GUTTMANN, G. A. M.; BRAGA, A. A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 442-460, 2015.
- 67** - PEDUZZI, L. O. Q.; TENFEN, D. N; CORDEIRO, M. D. Aspectos da natureza da ciência em animações potencialmente significativas sobre a história da Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 758-786, 2012.
- 68** - SILVA, A. P. B.; et. al. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 492-537, out. 2013.
- 69** - CORDEIRO, M. D; PEDUZZI, L. O. Q. Entre os transurânicos e a fissão nuclear: um exemplo do papel da interdisciplinaridade em uma descoberta científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 536-563, 2014.
- 70** - BATISTA, G. L. F; DRUMMOND, J. M. H. F; FREITAS, D. B. Fontes primárias no ensino de física: considerações e exemplos de propostas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 663-702, out. 2015.

- 71** - VILAS BOAS, A. et al. História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 287-322, jun. 2013.
- 72** - RAPOSO, W. L. História e Filosofia da Ciência na Licenciatura em Física, uma proposta de ensino através da pedagogia de projetos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 722-738, maio 2014.
- 73** - FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, jan. 2011.
- 74** - JUNIOR, E. R. et al. Implicações didáticas de história da ciência no ensino de Física: uma revisão de literatura através da análise textual discursiva. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 769-808, out. 2015.
- 75** - DRUMMOND, J. M. H. F. et al. Narrativas históricas: gravidade, sistemas de mundo e natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 99-141, 2015.
- 76** - MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, maio 2015.
- 77** - MARTINS, R. A. O éter e a óptica dos corpos em movimento: a teoria de Fresnel e as tentativas de detecção do movimento da Terra, antes dos experimentos de Michelson e Morley (1818-1880). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 52-80, abr. 2012.
- 78** - MEDINA, M. N; BRAGA, M. A. B.; O teatro como ferramenta de aprendizagem da física e de problematização da natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 313-333, jan. 2010.
- 79** - VIDAL, P.H. O; PORTO, P. A. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 2, p. 291-308, 2012.
- 80** - URIBE, M. et al. Aplicación del modelo de Stephen Toulmin a la evolución conceptual del sistema circulatorio: perspectivas didácticas. **Ciência & Educação** v. 16, n. 1, p. 61-86, 2010.
- 81** - MAURÍCIO, P.; VALENTE, B. Argumentos para uma humanização do ensino das ciências. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 4, p. 1013-1026, 2013.
- 82** - BATISTA, I. L.; LUCAS, L. B. Contribuições axiológicas à educação científica: valores cognitivos e a seleção natural de Darwin. **Ciência & Educação** v. 19, n. 1, p. 201-216, 2013.

- 83** - SORPRESO, T. P.; ALMEIDA, M. J. P. M. Discursos de licenciandos em física sobre a questão nuclear no ensino médio: foco na abordagem histórica **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 37-60, 2010.
- 84** - CHINELLI, M. V.; FERREIRA, M. V. S.; AGUIAR, L. E. V. Epistemologia em sala de aula: a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 1, p. 17-35, 2010.
- 85** - FERNANDEZ, L. C. et al. La importancia de la Historia de la Química en la enseñanza escolar: análisis del pensamiento y elaboración de material didáctico de profesores en formación. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 277-291, 2010.
- 86** - RODRIGUES, E. V.; ZIMMERMANN, E.; HARTMANN, A. M. Lei da gravitação universal e os satélites: uma abordagem histórico-temática usando multimídia. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 3, p. 503-525, 2012.
- 87** - ZANOTELLO, M. Leitura de textos originais de cientistas por estudantes do ensino superior. **Ciência & Educação** vol. 17, núm. 4, 2011, pp. 987-1013.
- 88** - GARAY, F. R. G. Perspectivas de historia y contexto cultural en la enseñanza de las ciencias: discusiones para los procesos de enseñanza y aprendizaje. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, p. 51-62, 2011.
- 89** - MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáticas. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 595-616, 2014.
- 90** - SAITO, F.; DIAS, M. S. Interface entre história da matemática e ensino: uma atividade desenvolvida com base num documento do século XVI. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 89-111, 2013.
- 91** - LORENZETTI, L.; et al. A recepção da epistemologia de Fleck pela pesquisa em educação em ciências no Brasil. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 15, núm. 3, 2013, pp. 181- 197.
- 92** - SILVA, O. H. M.; LABURU, C. E.; NARDI, R. Contribuições da reconstrução racional didática no desenvolvimento de concepções epistemologicamente mais aceitáveis sobre a natureza da ciência e do progresso científico. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 1, p. 65-80, 2012.
- 93** - MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. Epistemologia de Nancy Cartwright: uma contribuição ao debate sobre a natureza da ciência atual. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 16, núm. 3, 2014, pp. 95-119.

- 94** - TEIXEIRA, E. S.; et al., O. A construção de uma argumentação sobre a síntese newtoniana a partir de atividades em grupos. **Investigações em Ensino de Ciências** – V15(1), pp. 61-95, 2010
- 95** - ALMEIDA, A. V.; FARIAS, C. R. O. A natureza da ciência na formação de professores: reflexões a partir de um curso de licenciatura em ciências biológicas. **Investigações em Ensino de Ciências** – V16(3), pp. 473-488, 2011.
- 96** - QUEIRÓS, W. P.; NARDI, R.; DELIZOICOV, D. A produção técnico-científica de James Prescott Joule: uma leitura a partir da epistemologia de Ludwig Fleck. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 19, n. 1, p. 99-116, 2014.
- 97** - MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. Ensino de física em uma escola pública: um estudo de caso etnográfico com um viés epistemológico. **Investigações em Ensino de Ciências** – V17(1), pp. 147-181, 2012.
- 98** - GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. da. História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 7-59, 2010.
- 99** - NASCIMENTO JÚNIOR, A. F.; SOUZA, D. C.; CARNEIRO, M. C. O conhecimento biológico nos documentos curriculares nacionais do ensino médio: uma análise histórico-filosófica a partir dos estatutos da biologia. **Investigações em Ensino de Ciências** – V16(2), pp. 223-243, 2011.
- 100** - DAMASIO, F.; PEDUZZI, L. O. Q. O pior inimigo da ciência: procurando esclarecer questões polêmicas da epistemologia de Paul Feyerabend na formação de professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 97-126, 2015.
- 101** - RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Potencialidades e limitações de um módulo de ensino: uma discussão histórico-filosófica dos estudos de Gray e Du Fay. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 20, n. 2, p. 138-160, 2015.
- 102** - SILVA, I.; FREIRE JR, O. A descoberta do efeito Compton: De uma abordagem semiclássica a uma abordagem quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1-14, 2014.
- 103** - PIFER, A.; AURANI, K. M. A teoria analítica do calor de Joseph Fourier: uma análise das bases conceituais e epistemológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, 1603, 2015.
- 104** - CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O.Q. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 1-11, 2011.

- 105** - CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 1-11, 2013.
- 106** - MONTEIRO, M. M.; MARTINS, A. F. P. História da ciência na sala de aula: Uma sequência didática sobre o conceito de inércia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 4, p. 4501-1-4501-9, 2015.
- 107** - SOARES, R. R.; BORGES, P. F. O plano inclinado de Galileu: uma medida manual e uma medida com aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física** v. 32, n. 2, p. 1-11, 2010.
- 108** - MORAIS, A.; GUERRA, A. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 01-09, 2013.
- 109** - COELHO, J. G. Hume: ceticismo e demarcação. **Ciência & Educação**, v. 6, n. 2, p. 141-149, 2000.
- 110** - MUSSATO, G. A.; CATELLI, F. Concepções epistemológicas de reportagens sobre ciência na mídia impressa brasileira e suas implicações no âmbito educacional. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S.l.], v. 20, n. 1, p. 35-59, 2015.
- 111** - QADEER, A. An analysis of grade six textbook on electricity through content analysis and student writing responses. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1-12, Mar. 2013.
- 112** - MORENO, E. R.; GATICA, M. Q; SURDAY, A. L. Concepciones epistemológicas del profesorado de biología en ejercicio sobre la enseñanza de la biología. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 4, p. 875-895, 2012.
- 113** - SOUZA, A. L. S.; CHAPANI, D. T. Concepções de ciência de um grupo de licenciandas em Pedagogia e suas relações com o processo formativo. **Ciência & Educação**, 2015.
- 114** - PUJALTE, A. P. et al. Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 535-548, 2014.
- 115** - VIEIRA, K. L. A. S; SANTOS, S. S. Políticas públicas para formação de professores de Ciências e Matemática: complementação pedagógica para bacharéis e tecnólogos. **Ciência & Educação**, v. 21, n. 3, p. 575-584, 2015.
- 116** - SANGIOGO, F. A.; MARQUES, C. A. A não transparência de imagens no ensino e na aprendizagem de química: as especificidades nos

modos de ver, pensar e agir. **Investigações em Ensino de Ciências** – V20(2), pp. 57-75, 2015.

**117** - AUGUSTO, T. G. S.; AMOROSINO, I. Concepções de professoras das séries iniciais, em formação em serviço, sobre a prática pedagógica em ciências. **Investigações em Ensino de Ciências** – V19(1), pp. 163-176, 2014.