

**EDMUNDO RODRIGUES JUNIOR**

**USO DE EPISÓDIOS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO CONTINUADA  
DE PROFESSORES DE FÍSICA NA MODALIDADE DO ENSINO À DISTÂNCIA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO  
UENF  
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
DEZEMBRO DE 2015**

EDMUNDO RODRIGUES JUNIOR

**USO DE EPISÓDIOS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO CONTINUADA  
DE PROFESSORES DE FÍSICA NA MODALIDADE DO ENSINO À DISTÂNCIA**

Tese apresentada ao Programa de  
Pós Graduação em Ciências  
Naturais da Universidade Estadual  
do Norte Fluminense Darcy  
Ribeiro para a obtenção do Título  
de Doutor em Ciências Naturais

Orientador: Fernando José Luna de  
Oliveira.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO  
UNF  
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
DEZEMBRO DE 2015**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCT / UENF

02/2016

Rodrigues Junior, Edmundo

Uso de episódios da história da ciência na formação continuada de professores de física na modalidade do ensino à distância / Edmundo Rodrigues Junior. – Campos dos Goytacazes, 2015.

311 f. : il.

Tese (Doutorado em Ciências Naturais) -- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Ciências Químicas. Campos dos Goytacazes, 2015.

Orientador: Fernando José Luna de Oliveira.

Área de concentração: Ensino de ciências.

Bibliografia: f. 271-291.

**USO DE EPISÓDIOS DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO CONTINUADA  
DE PROFESSORES DE FÍSICA NA MODALIDADE DO ENSINO À DISTÂNCIA**

EDMUNDO RODRIGUES JUNIOR.

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciências Naturais da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro para a obtenção do Título de Doutor em Ciências Naturais.

Orientador: Fernando José Luna de Oliveira.

Banca Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Ermelinda Moutinho Pataca- USP

---

Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Luís César Passoni- UENF

---

Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Marília Paixão Linhares – UENF

---

Prof. D. Sc. Fernando José Luna de Olivera – UENF (Orientador)

Dedico este trabalho à minha família, ela é a razão da minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador José Fernando Luna de Oliveira e à professora Marília Paixão Linhares, por todas as contribuições.

Aos professores participantes desta pesquisa, que tiveram paciência e boa vontade para responder os questionários e participar dos fóruns de discussão.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo que me concedeu afastamento total das minhas atividades docentes e, assim, poder me dedicar mais a esta pesquisa de doutorado.

Aos professores integrantes da banca por aceitarem fazer parte deste importante momento.

Aos amigos do grupo da professora Marília, que contribuíram muito durante esses anos de doutorado, Laís, Leandro, Guilherme (*in memorian*), Glycia, Thiago, Valéria e principalmente à Cassiana.

Ao meu amigo Cristiano que sempre esteve presente nas horas difíceis.

Ao meu pai, Edmundo Rodrigues (*in memorian*), pelo carinho.

Às minhas queridas Mães, Maria Cristina e Maria Geralda que sempre acreditaram em mim.

Aos meus irmãos Breno e Thayse por emprestarem os ombros amigos nos momentos de turbulência da vida.

A minha querida esposa Francislane, que sempre me ouviu com paciência.

Aos meus filhos João Victor e Maria Clara, que eu amo muito!

Seria interessante se o professor pudesse confrontar diferentes versões históricas, produzidas pela comunidade de especialistas com as narrativas ingênuas ou tendenciosas presentes, em geral, no ambiente educacional ou mesmo na divulgação científica, auxiliando o aluno a desenvolver uma visão crítica dos processos de construção da ciência. É necessário desenvolver ações que preparem o professor para esse desafio, baseadas em pesquisas que tragam fundamentação teórica para inserir tais conhecimentos na formação de professores. (FORATO *et al.*, 2011, p.39-40)

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma pesquisa de natureza qualitativa na formação continuada de professores de física do Ensino Médio no qual buscou analisar a construção dos conhecimentos dos professores obtida através de um minicurso à distância de história da ciência. Elaborado no modelo de ensino investigativo e organizado através de um modelo pedagógico para a educação à distância, o curso de formação continuada em história da ciência no ensino de física teve como foco principal três episódios históricos. O primeiro episódio envolve a expedição do francês Pierre Couplet à Paraíba, com o objetivo de verificar o formato da Terra. O segundo episódio envolve o desenvolvimento das máquinas térmicas. O terceiro, que é a parte mais original do trabalho, corresponde ao desenvolvimento das máquinas simples e as controvérsias no ensino de Portugal do século XVIII. Para trabalhar esses episódios utilizamos a estratégia de ensino o estudo de caso histórico, que são narrativas históricas construídas em linguagem acessível para facilitar a leitura dos professores. A pesquisa procurou analisar a construção do conhecimento dos professores de física em relação aos conceitos científicos (do pêndulo simples, do ciclo de Carnot, da transformação adiabática e das alavancas), aos aspectos da natureza da ciência (as observações dependem da teoria, o caráter mutável e provisório da ciência, a influência dos fatores externos na construção do raciocínio científico, dentre outros) e da cultura local (o desenvolvimento da ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim- ES). Além disso, a pesquisa teve como propósito verificar se os professores de física aprovaram os subsídios teóricos- metodológicos da história da ciência para a aplicação na sala de aula. Os dados da pesquisa, que correspondem às respostas dos professores foram coletados mediante fóruns de discussão, questionários e vídeos. As respostas dos professores foram analisadas através da análise textual discursiva. Os professores apresentaram uma mudança da concepção internalista da ciência da história da ciência para uma visão mais externalista e compreenderam que a história da ciência favorece a interdisciplinaridade e a aquisição de conceitos científicos. Os docentes adquiriram visões consideradas adequadas da natureza da ciência e reduziram suas concepções inadequadas e ainda conheceram sobre os impactos da construção da ferrovia em uma cidade do estado do Espírito Santo. A pesquisa contribuiu ainda para produção de cinco estudos de casos históricos gerados pelos professores. A modalidade do ensino à distância adotada no curso contribuiu para reduzir os obstáculos relacionados ao tempo em que os professores enfrentam para buscar a capacitação permanente. O fórum de discussão foi um instrumento eficaz para discutir temas controversos da história da ciência. Como perspectivas futuras espera-se

acompanhar os professores na aplicação dos seus estudos de casos nas escolas em que lecionam.

**Palavras-chave:** formação continuada, professores de física, história da ciência no ensino, ensino à distância, estudo de caso histórico.

## ABSTRACT

This paper addresses a qualitative research on in-service high school physics teachers education in which sought to analyze the construction of knowledge of the teachers obtained through a history of science short course distance learning education. Prepared in the investigative teaching model and organized through an educational model for distance education, the in-service education course in the history of science in physics education focused primarily on three historical episodes. The first episode involves the shipment of French Pierre Couplet to Paraíba, in order to check the shape of the Earth. The second episode involves the development of thermal machines. The third, which is the most original part of the work, corresponds to the development of simple machines and controversies in eighteenth century Portugal education. To work these episodes used the teaching strategy historical case study, which are historical narratives constructed in accessible language to facilitate the reading of students. The research sought to examine the construction of physics teachers' knowledge in relation to scientific concepts (the simple pendulum, the Carnot cycle, the adiabatic transformation and levers), the aspects of the nature of science (the observations depend on the theory, the character mutable and provisional science, the influence of external factors in the construction of scientific reasoning, among others) and local culture (the development of the railroad in Cachoeiro de Itapemirim- ES). In addition, the research aimed to verify if physics teachers approved the torical- methodological grants for the history of science teaching. The research data was the teacher's responses in the virtual environment. Those responses were collected through discussion forums, quizzes and videos and analyzed by discursive textual analysis. Teachers had a change from internalist conception of the science of history of science for a more externalist vision and, realized that the history of science fosters interdisciplinarity and the acquisition of scientific concepts. The teachers acquired appropriate NOS views aspects, reduced their misconceptions and understood the impacts of railrod development in a city located on Espirito Santo State- Brasil. The research also contributes to produce five history cases studies prepared by teachers. The distance learning model contributes to reduce the teacher's time obstacles. The forum was an effective tool to discuss controversial issues in the history of science. In the future, we expected to accompany the teachers on the application of its history case studies in their schools.

**Keywords:** in-service education, physics teachers, history of science in education, distance learning, historical case study.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: sequência de narrativa histórica segundo Klassen (2010).....	69
Figura 2: esquema da análise de conteúdo aplicada ao primeiro conjunto de artigos.....	73
Figura 3: síntese das etapas da ATD utilizada na revisão de literatura.....	103
Figura 4: elementos de um modelo pedagógico em EAD.....	110
Figura 5: consulta ao livro “Compêndios dos Elementos de Matemática” de Inácio Monteiro na biblioteca do Caraça.....	125
Figura 6: síntese das etapas da ATD utilizada na análise dos dados.....	135
Figura 7: diagrama para analisar a evolução das respostas dos professores.....	163
Figura 8: análise da evolução dos professores em relação à grandeza aceleração gravitacional.....	164
Figura 9: análise da evolução dos professores em relação à grandeza comprimento.....	165
Figura 10: análise da evolução dos professores em relação à grandeza massa.....	165
Figura 11: análise da evolução dos professores em relação ao deslocamento angular.....	167
Figura 12: análise da evolução dos professores em relação à latitude.....	169
Figura 13: análise da evolução dos professores em relação à amplitude.....	169
Figura 14: cidade sendo iluminada a noite pelos altos-fornos de ferro (pintura de Louthembourg).....	188
Figura 15: excerto 1: questão que propõe uma reflexão sobre a natureza da ciência por meio de fonte primária do século XVIII.....	206
Figura 16: excerto 2: questão que propõe discussão dos conceitos físicos por meio de fonte primária do século XVIII.....	209
Figura 17: imagem apresentada pela professora MM para explicar a condição de equilíbrio de um corpo.....	212
Figura 18: excerto 3- questão que propõe discussão dos conceitos físicos por meio de fonte primária do século XVIII.....	213
Figura 19: alavanca de 1º gênero (interfixa).....	214
Figura 20: excerto 4- questão que propõe uma reflexão sobre a natureza da ciência por meio de fonte primária do século XVIII.....	216
Figura 21: ilustração para representar o equilíbrio rotacional de um corpo.....	223

Figura 22: Terra girando em relação ao espaço absoluto.....245

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: exemplo de unidade empírica e unidade teóricas sobre conceitos científicos .....	82
Quadro 2: exemplos de unidade empírica e unidade teórica sobre a natureza da ciência.....	82
Quadro 3: exemplos de unidades empíricas e teóricas sobre os instrumentos de coleta de dados.....	82
Quadro 4: texto do estudo de caso 1.....	127
Quadro 5: texto do estudo de caso 2.....	129
Quadro 6: texto do estudo de caso 3.....	130
Quadro 7: exemplos de unidades empíricas e teóricas codificadas e intituladas.....	133
Quadro 8: exemplos de categorias emergentes.....	134
Quadro 9: enunciado do fórum 1 da aula 2.....	139
Quadro 10: enunciado do fórum 2 da aula 2.....	147
Quadro 11: enunciado do fórum 3 da aula 3.....	157
Quadro 12: enunciado do fórum para o estudo de caso 3.....	232

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: número de artigos sobre história da ciência que buscam aproximar os trabalhos dos pesquisadores em história da ciência com os professores de ciências.....	58
Tabela 2: número de artigos disponibilizados nos periódicos, artigos com implicações didáticas de história da ciência no ensino de física e a relação percentual entre eles no período entre jan 2010 e abril de 2015.....	76
Tabela 3: quantidade de artigos encontrados em periódicos em relação ao público contemplados com a abordagem da história da ciência por segmento de ensino.....	78
Tabela 4: estratégias de ensino para a utilização de história da ciência no ensino de física...79	
Tabela 5: frequência das respostas dos professores no fórum 1.....	155
Tabela 6: frequência das respostas dos professores no fórum 2.....	155
Tabela 7: frequência das respostas dos professores no fórum 3.....	157
Tabela 8: o deslocamento angular e seus respectivos períodos.....	166
Tabela 9: finalidade das questões sobre natureza da ciência do estudo de caso 1.....	171
Tabela 10: quantidade de unidades empíricas sobre as visões adequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 1.....	172
Tabela 11: quantidade de unidades empíricas sobre as visões inadequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 1.....	179
Tabela 12: finalidade das questões sobre natureza da ciência do estudo de caso 2.....	185
Tabela 13: quantidade de unidades empíricas sobre as visões adequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 2.....	186
Tabela 14: quantidade de unidades empíricas sobre as visões inadequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 1.....	191
Tabela 15: finalidade da questão referente à natureza da ciência do estudo de caso 3.....	219
Tabela 16: quantidade de unidades empíricas sobre as visões adequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 3.....	220
Tabela 17: quantidade de unidades empíricas sobre as visões inadequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 3.....	226
Tabela 18: frequência das respostas dos professores no fórum do estudo de caso 3.....	236
Tabela 19: programação das atividades do curso.....	294
Tabela 20: mapa de atividades do curso.....	297

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: distribuição anual dos artigos nos periódicos entre jan 2010 e abril de 2015.....	77
Gráfico 2: variação de $g$ com a latitude ao nível do mar. Em torno de 65% da variação é devida à rotação da terra. Com os 35% restantes vindo da forma ligeiramente achatada da Terra.....	168
Gráfico 3: comportamento das unidades empíricas sobre as visões inadequadas da natureza da ciência da 1ª etapa e da 3ª etapa dos estudos de casos .....	260

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1: grade curricular da disciplina física do 1º ano do Ensino Médio da rede estadual do ES.....	292
Anexo 2: grade curricular da disciplina física do 2º ano do Ensino Médio da rede estadual do ES.....	293

## **LISTA DE APÊNDICES**

Apêndice 1- tabela 19: programação das atividades do curso.....	294
Apêndice 2- tabela 20: mapa de atividades do curso.....	297
Apêndice 3- transcrição do vídeo de apresentação do estudo de caso elaborado pela professora MR.....	308
Apêndice 4- questionário de avaliação do curso de formação continuada em história da ciência, respondido pelos professores participantes da pesquisa.....	310

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAAS- *American Association for the Advanced of Science.*

ABFHiB - Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ATD- Análise Textual Discursiva.

AVA- Ambiente Virtual de Aprendizagem.

CAFE- Comunidade Acadêmica Federada.

CAPES- Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

CBEF- Revista Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

CEPOPE- Centro de Formação dos Profissionais da Educação do Espírito Santo.

CNE- Conselho Nacional de Educação.

DCNEM- Diretrizes Curriculares Nacionais.

DCNFPEB- Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica.

EAD- Educação à Distância.

EENCI- Revista Experiência em Ensino de Ciências.

EJA- Educação de Jovens e Adultos

ENEM- Exame Nacional do Ensino Médio

ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências.

GESTAR- Gestão da Aprendizagem Escolar

IDEB- Índice de Desenvolvimento da Educação Básica.

IENCI- Revista Investigação em Ensino de Ciências

LDB- Lei de Diretrizes e Bases

MDI - Material Didático Impresso.

NCC- O *National Curriculum Council*

NDC- Natureza da Ciência.

NRC- *National Research Council*

PCN- Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN<sup>+</sup>- Parâmetros Curriculares Nacionais Complementares.

PIBIC- Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência

PIBID- Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência

PNE- Plano Nacional de Educação.

PNLD- Programa Nacional do Livro Didático.

PPGEFHC- Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

PREAL- Programa de Promoção das Reformas Educativas na América Latina.

PROEJA- Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos

RBEF- Revista Brasileira de Ensino de Física.

S&E- Revista Science & Education.

SAEB-Sistema de Avaliação da Educação Básica

SBHmat- Sociedade Brasileira de História da Matemática

SEDU- Secretaria da Educação do Espírito Santo.

SEED- Secretaria de Estado da Educação do Paraná

UFES- Universidade Federal do Espírito Santo.

UFRJ- Universidade Federal do Rio de Janeiro.

UFRN- Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina.

UNESCO-Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

UNDIME- União dos dirigentes municipais de educação.

UNICAMP- Universidade de Campinas.

## SUMÁRIO

<b>Introdução .....</b>	<b>24</b>
<b>Capítulo 1: A formação continuada de professores e a EAD. ....</b>	<b>37</b>
1.1- Políticas públicas para a formação continuada de professores.....	37
1.2- Níveis de desenvolvimento profissional na formação continuada. ....	39
1.3- A formação continuada: resultados de algumas pesquisas.....	41
1.3.1- A pesquisa da Fundação Carlos Chagas.....	41
1.3.2- A pesquisa de Gama e Terrazzan .....	43
1.4- Formação continuada de professores de física .....	44
1.5- Formação continuada à distância.....	46
<b>Capítulo 2- História da ciência e ensino. ....</b>	<b>51</b>
2.1- A trajetória da história da ciência como área de pesquisa.....	51
2.2- A história da ciência no ensino de ciências.....	52
2.3 - Revisão de literatura.....	56
2.3.1- A seleção dos artigos.....	56
2.3.2 - Resultados da análise do 1º conjunto de artigos. ....	56
2.3.2.1- A técnica para analisar o 1º conjunto de artigos. ....	56
2.3.2.2- Resultados da revisão de literatura obtidos com a técnica da análise de conteúdo.....	58
2.3.2.2.1- Subcategoria 1: pesquisas sobre a historiografia da historia da ciência nos materiais didáticos.....	61
2.3.2.2.2- Subcategoria 2: Pesquisas sobre a analise da organização curricular, do projeto político pedagógico e aulas de professores de física. ....	64
2.3.2.2.3-Subcategoria 3: orientações para o ensino de história da ciência.e informações obtidas nos artigos de revisão de literatura.....	66
2.3.3 - Resultados da análise do 2º conjunto de artigos. ....	74
2.3.3.1- A técnica para analisar o 2º conjunto de artigos. ....	74
2.3.3.2- Resultados da revisão de literatura obtidos com a técnica da análise textual discursiva.....	75
2.3.3.2.1- Etapa descritiva .....	75
2.3.3.2.2 - Etapa interpretativa .....	81

## **Capítulo 3- Desenvolvimento da pesquisa.....107**

3.1- Referenciais teóricos.....	107
3.1.1- Conhecimentos profissionais dos professores .....	107
3.1.2- Modelo Didático para a educação à distância.....	109
3.1.3- Referenciais da epistemologia da ciência.....	111
3.2- Metodologia .....	113
3.2.1- Metodologia qualitativa de análise.....	113
3.2.2- Desenvolvimento do trabalho.....	114
3.2.2.1- Perfil dos professores que participaram da pesquisa.....	115
3.2.2.2- A elaboração do minicurso.....	116
3.2.2.3- O planejamento do minicurso e a arquitetura pedagógica.....	117
3.2.2.4- Os episódios históricos selecionados.....	119
3.2.2.5- A estratégia de ensino predominante da pesquisa. ....	126
3.2.3- Os estudos de caso históricos trabalhado no curso. ....	127
3.2.3.1- Estudo de caso sobre as oscilações e medições realizadas no Brasil Colonial - história da Gravitação Universal. ....	127
3.2.3.2- Estudo de caso sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas- história da termodinâmica.....	128
3.2.3.3- Estudo de caso sobre o jesuíta Inácio Monteiro: As máquinas simples e as controvérsias no ensino de ciências do século XVIII- história das Máquinas Simples.....	130
3.3- A técnica para analisar os dados. ....	132

## **Capítulo 4- O entendimento dos professores sobre a história da ciência e seu ensino...136**

4.1 - Análise da aula 1 .....	136
4.1.1- Metatexto: a visão dos professores de física do Ensino Médio do Sul do Espírito Santo em relação aos aspectos internos e externos da ciência .....	137
4.2 - Análise da aula 2 .....	138
4.2.1- Análise das respostas do fórum 1:.....	138
4.2.1.1- Metatexto: argumentos favoráveis à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo.....	140
4.2.1.2- Metatexto: argumentos contrários à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo.....	143

4.2.2-Análise das respostas no fórum 2.....	146
4.2.2.1- Metatexto: argumentos favoráveis à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo, obtidos através da leitura do texto disponível no ambiente virtual.....	148
4.2.2.2- Metatexto: argumentos contrários à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo, obtidos através da leitura do texto disponível no ambiente virtual.....	152
4.2.3.- Reflexões sobre as respostas dos professores nos fóruns 1 e 2.....	153
4.3 - Análise da Aula 3.....	156
4.3.1- Metatexto: As vantagens e desvantagens da estratégia do estudo de caso histórico na visão dos professores de física do Sul do Espírito Santo.....	158
4.3.2- Reflexões sobre as respostas dos professores no fórum 3.....	160
<b>Capítulo 5- O entendimento dos professores sobre as oscilações e medições no Brasil colonial.....</b>	<b>161</b>
5.1.- Conceitos.....	161
5.1.1-Metatexto: Os fatores que influenciam no movimento do pêndulo segundo os professores de física do sul do Estado do Espírito Santo e sua evolução conceitual a partir da questão 1 do estudo de caso1.....	162
5.1.2-Reflexões sobre a incorporação dos professores em relação aos fatores que influenciam o movimento do pêndulo. ....	170
5.2 - Natureza da Ciência.....	170
5.2.1-Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões adequadas sobre a Natureza da Ciência construídas a partir do estudo de caso.....	172
5.2.2- Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões inadequadas sobre a Natureza da Ciência, construídas a partir do estudo de caso1 .....	179
<b>Capítulo 6 – O entendimento dos professores sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas.....</b>	<b>181</b>
6.1- Conceitos. ....	182

6.1.1- Metatexto. Os professores de física do ensino médio da do sul do Espírito Santo e suas visões sobre os conceitos do estudo de caso 2.....	182
6.2 - Natureza da Ciência .....	184
6.2.1- Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões adequadas sobre a Natureza da Ciência construídas a partir do estudo de caso 2.....	185
6.2.2-Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões inadequadas sobre a Natureza da Ciência, construídas a partir do estudo de caso 2.....	191
6.3- Cultura científica local .....	192
6.3.1-Metatexto: Retrilhando a ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim. ....	193
6.3.2- Análise de algumas atividades da 2ª etapa do estudo de caso 2.....	195
6.3.2.1- Questão 1- modernização do Espírito Santo.....	195
6.3.2.2- Questão 2- micro e macro história.....	197
6.3.2.3- Questão 3- ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim. ....	198
6.3.2.4- Questão 4- Trabalho e rendimento de uma locomotiva a vapor .....	199
6.3.2.5- Reflexões sobre as atividades desenvolvidas na 2ª etapa do estudo de caso 2.....	199
<b>Capítulo 7 – O entendimento dos professores sobre as máquinas simples e as controvérsias no ensino de ciências do século XVIII.....</b>	<b>201</b>
7.1- Conceitos.....	202
7.1.1- Metatexto: Os tipos de alavancas e seu funcionamento na visão dos professores de física do Ensino Médio do Sul do Espírito Santo. ....	202
7.2 - Análise de algumas atividades da 2ª etapa do estudo de caso 3.....	205
7.2.1- Metatexto: A visão dos professores de física do Ensino médio do sul do Espírito em relação às atividades coletivas na ciência obtidas através da leitura do excerto 1.....	206
7.2.2- Metatexto: a visão dos professores de física do Ensino médio do Sul do Espírito Santo em relação ao excerto 2.....	209
7.2.3- Metatexto: a visão dos professores de física do Ensino médio do Sul do Espírito Santo em relação ao excerto 3.....	214
7.2.4- Metatexto: a visão dos professores de física do Ensino médio do Sul do Espírito Santo em relação ao excerto 4. ....	217
7.3- Natureza da Ciência. ....	219

7.3.1- Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões adequadas sobre a Natureza da Ciência, construídas a partir do estudo de caso 3.....	219
7.3.2- Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões inadequadas sobre a Natureza da Ciência, construídas a partir do estudo de caso 3. ....	226
7.4 - Análise do planejamento dos professores sobre o tema máquinas simples. ....	229
7.4.1- Metatexto: O planejamento de aula apresentado pelos professores de física do Sul do Estado em relação ao tema máquinas simples. ....	229
7.4.2- Reflexões sobre o planejamento dos professores sobre o tema máquinas simples. ....	231
7.5- Análise do fórum da aula 7. ....	232
7.5.1- Metatexto: O entendimento dos professores de física do Suldo Espírito Santo em relação às controvérsias do ensino português do século XVIII. ....	234
7.5.2-Reflexões sobre as respostas dos professores no fórum do estudo de caso 3.....	236
<b>Capítulo 8- Um estudo de caso histórico sobre o experimento de Foucault no Brasil, elaborado por uma professora que participou da pesquisa.....</b>	<b>238</b>
8.1- O desenvolvimento da Aula 8. ....	238
8.1.1- O Estudo de caso elaborado pela professora de física MR. ....	239
8.1.2- Análise do vídeo da apresentação do estudo de caso histórico da professora MR. ....	246
8.1.2.1- Metatexto: Uma sequência didática elaborada por uma professora do Ensino Médio para explicar a o movimento do pêndulo de Foucault nos hemisférios norte e sul.....	247
8.2- Reflexões sobre o estudo de caso histórico da professora MR. ....	249
<b>Capítulo 9 - A avaliação do curso. ....</b>	<b>251</b>
9.1- Análise do questionário.....	251
9.1.1- Metatexto 1: As impressões dos professores de física em relação ao planejamento e implementação das aulas. ....	252
9.1.2- Metatexto 2: As impressões dos professores de física sobre a interação no ambiente virtual , suas práxis e seus níveis de satisfação com as aulas.....	254
<b>Capítulo 10- Síntese dos resultados da pesquisa e considerações finais. ....</b>	<b>258</b>

10.1-Síntese dos resultados da pesquisa .....	258
10.2- Considerações finais.....	261
<b>Referências. ....</b>	<b>271</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>292</b>
<b>Apêndices.....</b>	<b>294</b>

## Introdução

Minha identificação com a Educação à distância (EAD) iniciou-se no ano 2009 como tutor à distância de matemática, disciplina que pertence ao curso de licenciatura em informática à distância do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). Etimologicamente a palavra tutor é proveniente “do latim *tutorōris* que significa guarda, defensor, protetor, curador, ou seja, aquele que exerce uma tutela, que ampara, protege, defende, é o guardião” (FERREIRA e LÔBO, 2005, p.2624). De acordo com a Secretaria de Educação à distância (SEED, 2007), o tutor na educação a distância deve esclarecer dúvidas por meios de ferramentas de comunicação; promover espaços de construção coletiva de conhecimento; selecionar material de apoio e sustentação teórica aos conteúdos, bem como participar dos processos avaliativos de ensino-aprendizagem junto com os professores responsáveis pelo planejamento e execução da disciplina.

Entre 2010 e 2012 trabalhando como *Designer* instrucional<sup>1</sup> nesse mesmo curso, auxiliei professores de diversas áreas no planejamento das disciplinas que eles ministravam. O termo *Design* instrucional refere-se ao “planejamento de materiais educacionais” (Palloff e Pratt 2004, apud Beahr 2009, p.34). Assim, o *Designer* instrucional é o indivíduo que colabora com o planejamento das disciplinas do professor. Na EAD, o *Designer* instrucional auxilia o docente na organização e seleção dos conteúdos que serão disponibilizados no ambiente virtual de aprendizagem (AVA) e no material didático impresso.

Durante a realização do trabalho de *Designer* instrucional no curso de licenciatura em informática à distância do IFES, participei entre 2011 e 2012, de um curso de especialização *lato sensu* em Designer Instrucional para a EAD. Com 360h de duração esse curso possibilitou o aprendizado de conhecimentos para orientar os professores no planejamento de suas disciplinas virtuais.

O interesse pessoal pela história da ciência iniciou-se na Universidade Estadual Norte Fluminense no ano de 2011 quando participava como aluno ouvinte dos encontros interdisciplinares organizados pelos professores do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) e do Centro de Ciências Humanas (CCH). Esses encontros aconteciam nas quintas feiras e

---

<sup>1</sup> Segundo Beahr (2009) alguns educadores se sentiram incomodados com o termo “instrucional” por levar o entendimento de instrução, dentro de um paradigma tradicional de ensino. A autora descreve outros termos como “didático”, “educacional”, “sistemas”. No entanto, manteremos o termo “instrucional” por ser uma terminologia muito usada na EAD.

tinham como objetivos o estudo da história da ciência bem como sua transposição didática para o ensino.

Ingressei no curso de doutoramento da Pós Graduação em Ciências Naturais da UENF no ano de 2012. A partir desse ano, após vários estudos e discussões com o grupo de Ensino de Ciências dessa Universidade, escrevemos quatro artigos que buscam entrelaçar a história da ciência com a modalidade do ensino à distância.

O primeiro foi uma proposta de critérios para a avaliação de material didático impresso de história da ciência para a educação à distância. Tal trabalho está publicado na revista Caderno Brasileiro de Ensino de Física (*qualis* B<sub>1</sub> capes) no volume 31, nº 2, 2014.

Os critérios para a avaliação de Materiais didáticos impressos de história da ciência, podem ser o embrião para a construção de critérios para avaliar materiais didáticos impressos de outras disciplinas da EAD. O conjunto desses instrumentos de avaliação poderia ser inserido em um desejável Programa Nacional do Livro Didático para os cursos superiores à distância, com o objetivo de melhorar a qualidade desses materiais.

O segundo trabalho foi uma análise de um material didático impresso de história da ciência para a educação à distância. Essa análise foi conduzida à luz das categorias da análise retórica crítica, descritas em Nascimento e Martins (2005). Tais categorias procura descortinar as condições de produção do material didático impresso, revelar a audiência-alvo do texto, descobrir informações sobre a credibilidade do autor da obra e identificar o que está ausente ou o que é silenciado pelo texto. Optei por analisar o material didático impresso de história da ciência da Universidade Federal de Santa Catarina porque esse material encontra-se bastante difundido entre alunos da licenciatura em física à distância no Brasil. O curso de licenciatura em Física a distância dessa universidade é oferecido na maior parte do território nacional, estando presente em quinze estados brasileiros.<sup>2</sup>

Os resultados encontrados servem de indicador para melhoria da qualidade desse material e podem servir para que o autor incorpore tais resultados ao seu material. Deseja-se que a avaliação do material contribua para que o futuro professor adquira uma visão crítica com relação ao material didático impresso de história da ciência para a educação à distância, buscando identificar os diferentes discursos que podem favorecer ou não a sua inclusão como material de apoio pedagógico.

---

<sup>2</sup> Pesquisa realizada no site do MEC através de consulta avançada em 20 de junho de 2014: <<http://emec.mec.gov.br>>

Tal trabalho encontra-se publicado na Revista de Ensino de Ciências e Matemática (*qualis B<sub>2</sub> Capes*), no volume 6, nº 3, 2015.

O terceiro constitui uma revisão de literatura sobre as principais implicações didáticas de história da ciência no ensino de física: uso de fontes primárias, estudos de casos históricos, biografias e autobiografias dos cientistas, experimentos históricos e análise de livros didáticos. Tal trabalho encontra-se publicado no periódico Caderno Brasileiro de Ensino de Física, no volume 32, nº 3, 2015.

O quarto trabalho constitui uma análise de um estudo de caso histórico produzido por uma professora de física do Ensino Médio em uma formação continuada à distância. Tal trabalho foi aceito para publicação e estará disponível no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, no volume 33, nº 1, 2016.

Conforme relatado, já auxilei os docentes do curso de licenciatura em informática na organização e seleção dos conteúdos para as salas virtuais e também para o material didático impresso.

Meu interesse em trabalhar com professores se intensificou após discussões no grupo de pesquisa em Ensino de Ciências da Universidade Estadual Norte Fluminense quando estudamos o livro “El conocimiento de los profesores”, escrito por Pórlan e Rivero (1998). De acordo com esses autores, as atuações e concepções dos professores frente ao processo de ensino-aprendizagem, podem ser representadas por meio de quatro modelos didáticos: 1) o tradicional, 2) o tecnológico e 3) o espontaneísta, caracterizados como modelos de transição, e 4) o modelo investigativo.

O modelo didático tradicional se caracteriza pela transmissão de conhecimentos, na qual os conteúdos são pensados em sequências lineares e rígidas. A metodologia é a transmissão verbal do professor e uso quase exclusivo do livro-texto. Avalia-se a memorização mecânica dos conteúdos e não considera o conhecimento prévio do aluno. O professor tem papel ativo, enquanto o aluno, passivo.

O modelo tecnológico tem o objetivo de ensinar adequadamente as ciências, utiliza-se de materiais didáticos atualizados e tem planejamento metodológico rigoroso. A avaliação tem como objetivo quantificar a aprendizagem e verificar a eficiência desta sistemática de ensino. O aluno tem, ainda, papel passivo.

No modelo espontaneísta, as ideias dos alunos têm ênfase, os conteúdos atendem aos seus interesses, as atividades não são previamente planejadas, valoriza-se apenas a experiência dos professores, e a avaliação se dá através da participação dos alunos.

O modelo investigativo, por sua vez, propõe um ensino no qual tanto alunos quanto professores exercem um papel ativo. Enfatizam-se as situações-problema que exigem dos alunos posturas investigativas, nas quais, devem elaborar hipóteses e propor soluções. As atividades são contextualizadas, com temas socialmente relevantes e com incentivo da atuação dos alunos. A avaliação tem como objetivo identificar as dificuldades dos alunos e promover reflexões sobre a construção dos conhecimentos dos estudantes.

Para Porlán e Rivero (1998), o processo de formação de professores de ciências deve se guiar por hipóteses de progressão, ou seja, devem estar centradas em estratégias que favoreçam a construção dos conhecimentos profissionais docentes, a fim de que possa ocorrer uma mudança concreta da prática dos professores.

Segundo esses autores, esse conhecimento é constituído pelo conjunto de crenças, conhecimentos específicos, rotinas e técnicas que, na sua forma desejável, envolveria a integração dessas dimensões de forma complexa, crítica, evolutiva e investigativa em sala de aula.

Neste caso, a evolução é entendida como a passagem de concepções e ações docentes, inicialmente simples e, na maioria das vezes, implícitas, relacionadas com o modelo didático tradicional, para outras progressivamente mais complexas e conscientes, "embasadas em uma visão integradora das relações entre ciência, ideologia e cotidianidade e no desenvolvimento dos princípios de autonomia, diversidade e negociação rigorosa e democrática de significados" (PORLÁN e RIVERO, 1998, p. 56).

As características predominantes das aulas do professor de física se assemelham as características do modelo tradicional de Porlán e Rivero (1998). A maioria dos professores de física não apresenta uma visão global dos conteúdos e não proporciona, ao discente, contextualização sociocultural dos conteúdos ministrados, não os reconhecendo, portanto, como uma construção humana num contexto cultural, social, político e econômico. As palavras de Krasilchik ilustram esta situação:

Tradicionalmente, as ciências têm sido ensinadas como uma coleção de fatos, descrição de fenômenos, enunciados de teorias a decorar. Não se preocupa fazer com que os alunos discutam as causas dos fenômenos, estabeleçam relações causais, enfim, entendam os mecanismos dos processos que estão estudando. É muito comum também que não seja dada a devida importância ao que é chamado, na literatura, de processo da Ciência, ou seja, aos eventos e procedimentos que levam às descobertas científicas. Em geral o ensino fica limitado à apresentação dos chamados produtos das ciências (KRASILCHIK, 1987, p.52).

Devido ao número excessivo de aulas do professor ou por carência na formação inicial e continuada ou ainda pela exigência do vestibular, que, muitas vezes requer dos candidatos

conhecimentos isolados, com a teoria distante da realidade dos mesmos; os professores não inovam suas estratégias de ensino, tendendo a conceber, conforme Menezes *et al* (1994): “objetivos principais, como sendo o aprendizado de leis gerais em nível abstrato e, complementarmente, o desenvolvimento da capacidade de aplicação de tais leis” (MENEZES *et al*, 1994).

Acreditamos que esta prática tão amplamente utilizada advém do fato de que os professores reproduzem os métodos de ensino de Física que vivenciam em sua formação (PORLÁN e RIVERO, 1998). Além disso, os professores, em geral, não se sentem motivados e apoiados para desenvolver práticas diferenciadas e inovações em suas aulas (BORGES, 1996).

Para minimizar esse ensino decorado e melhorar a qualidade das aulas de física, algumas ações têm sido executadas na formação continuada de física no sentido de cobrir as lacunas provenientes da formação superior do docente de física e favorecer o desenvolvimento profissional do professor.

Os resultados dessas ações mostram que os professores de física em serviço estão insatisfeitos com os métodos tradicionais de ensino e apontam dificuldades para promover ações interdisciplinares, contextualizar o conteúdo e inserir a história da ciência em suas aulas, devido à formação insuficiente desse tópico na graduação que eles fizeram (REZENDE *et al*, 2003). Os professores de física encontram também problemas para planejar as atividades de avaliação na perspectiva construtivista devido à falta de tempo nas escolas em que trabalham (DRIVER *et al*, 1994).

Assim esperamos que a formação continuada, considere a existência de lacunas na formação inicial dos professores, mas que elas possam ser tratadas integralmente à *praxis* docente, considerando condições de atuação na unidade escolar (SAUERWEIN e DELIZOICOV, 2008).

Um curso de formação continuada para professores do ensino básico realizado na Finlândia na segunda metade da década de 1990 mostrou que os professores tiveram a oportunidade de refletir e discutir em pequenos grupos, seus conhecimentos sobre física e o ensino de física (JAUHIAINE *et al.*, 2002). O curso foi realizado em uma instituição de ensino superior daquele país e os participantes discutiram conceitos de física, realizaram experimentos de laboratório, tiveram aula de história da física e de estratégias para o ensino de física.

Após um ano de realização do curso, os professores em serviço foram consultados para saber se eles conseguiram aplicar na sala de aula, o conhecimento aprendido no curso. Os

professores relataram que a história da física deixou suas aulas mais interessantes devido às conexões realizadas entre os conceitos físicos e os aspectos históricos e sociais.

A história da ciência pode ser um caminho para reduzir as características de um ensino tradicional porque, segundo Matthews (1995), (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento e favorece o aprendizado de aspectos da natureza da ciência<sup>3</sup>.

A utilização da história da ciência não é assunto recente. No final do século XIX professores ingleses já inseriam a história da ciência em suas aulas como uma maneira de motivar os discentes nas aulas de ciências (SHERRATT, 1982, apud SEQUEIRA & LEITE, 1988). O debate para a anexação da história da ciência nos currículos de ciências foi amplamente discutido em todo o século XX (DUARTE, 2004)

As Diretrizes para professores sugerem que o professor do ensino básico reúna condições para superar a fragmentação dos conteúdos (BRASIL, 2001, p.28). Essa fragmentação pode ser reduzida, por exemplo, através do entendimento de aspectos da natureza da ciência, da evolução dos conceitos de física e da associação entre tais conceitos aos seus aspectos sociais, históricos, culturais e econômicos que lhe deram origem. Segundo Sasseron *et al* (2013) o entendimento, da natureza da ciência, dos conceitos científicos e das relações de tais conceitos com o contexto tecnológico e social são eixos estruturantes para a alfabetização científica.

Para que o professor de física crie condições para alfabetizar cientificamente seus alunos e superar o ensino fragmentado, é preciso que o docente participe de formação continuada.

Porém, o número excessivo de aulas e a falta de espaço no calendário escolar são alguns obstáculos que dificultam a procura por cursos de formação continuada para a atualização profissional do professor de física.

Diante dessa realidade, a Educação à Distância pode ser vista como uma opção para auxiliar o docente na busca de sua qualificação profissional porque permite transpor algumas

---

<sup>3</sup> O termo Natureza da Ciência é proveniente do inglês “*nature of science*” (NOS), apareceu como propostas para a restauração da educação científica nos Estados Unidos, Europa e também em outros países como o Brasil (MOURA, 2008, p.10). “A Natureza da Ciência compreende questões sobre a existência de um método científico, as influências de contextos sociais, culturais, religiosos, políticos, entre outros no desenvolvimento, aceitação ou rejeição de idéias científicas, o papel da imaginação na elaboração de teorias e hipóteses, os erros e acertos cometidos pelos cientistas ao longo de suas atividades e muitos outros” (MOURA, 2008, p.10)

dificuldades relacionadas ao deslocamento e permite uma melhor flexibilidade do tempo do professor.

A lei de Diretrizes e Bases e as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores para a educação básica reconhecem a importância da modalidade da educação à distância para a formação continuada.

Segundo o art. 80º da LDB “O Poder Público incentivará o desenvolvimento e a veiculação de programas de ensino a distância, em todos os níveis e modalidades de ensino, e de educação continuada” (LDB, 1996, sem paginação).

De acordo as diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores para a educação básica, a comunicação oral e escrita convive cada dia mais veementemente com a comunicação eletrônica, propiciando o compartilhamento de informações entre pessoas separadas geograficamente (BRASIL, 2001, p.9).

A estratégia quatro da Meta 15 do PNE propõe a organização e a oferta de cursos de formação continuada através da plataforma eletrônica Paulo Freire. Essa estratégia tem como diretriz:

“consolidar e ampliar **plataforma eletrônica** para organizar a oferta e as matrículas em curso de formação inicial e continuada de profissionais da educação, bem como para divulgar e atualizar seus currículos eletrônicos” (PNE, 2014, sem paginação)

Na esfera Estadual do Espírito Santo as Diretrizes para a Formação Continuada dos Profissionais desse Estado vêm atender, o item Desenvolvimento de Pessoas descrito na lei Complementar nº 637 (veja: Espírito Santo, 2012)). Segundo essa lei, os planos e políticas relacionados ao item desenvolvimento de pessoas deverão:

[...] promover ações educacionais alinhadas às necessidades estratégicas da SEDU e que estimulem o aprendizado contínuo do servidor, buscando: a) complementação da formação inicial; b) contínuo desenvolvimento da formação do quadro de servidores; c) aperfeiçoamento de desempenho; d) preparação para atuação em atividades mais complexas e demandas futuras (SEDU, 2014, p.8)

Ancorado à lei de nº 637 supracitada e às Diretrizes para a formação continuada dos Profissionais de Educação do Espírito Santo foi criado o Centro de Formação dos Profissionais da Educação do Espírito Santo (CEFOPE) através da lei nº 10.149, de 17 de dezembro de 2013. Vinculado à SEDU, o CEFOPE visa “atender as necessidades de formação continuada da rede pública estadual de educação” (SEDU, 2014, p.10)

No ano de 2014, o CEFOPE organizou a 1ª formação integrada- SEDU/UNDIME. A temática foi a diversidade na Escola e teve como objetivo discutir temas como Gênero e

diversidade Sexual na Escola, Relações Étnico Raciais Afro- Brasileiras; educação ambiental no currículo escolar, violência, dentre outros. O público alvo professores do Ensino Médio de todos os municípios das redes estadual e municipal do Estado do Espírito Santo. O Curso, com 25 horas de duração teve 6580 vagas ofertadas e 6500 concluintes

Outras ações formativas foram realizadas pelas Secretárias Regionais de ensino do Estado do Espírito Santo, de forma independente, ou em parceria com instituições de ensino superior com o objetivo de promover o desenvolvimento contínuo da formação do quadro de servidores do referido Estado. Não foi encontrado, no entanto, ações formativas no estado do Espírito Santo que contemplassem a formação continuada de história da ciência na modalidade do ensino à distância.

Buscando alternativas para a capacitação permanente dos docentes de física e melhorar a qualidade das aulas dessa disciplina planejamos e executamos no período de 02 de agosto de 2014 a 04 de outubro de 2014 uma pesquisa de natureza qualitativa na formação continuada de professores de física do Ensino Médio, no qual se buscou avaliar uma proposta de história da ciência por meio de um minicurso à distância. O minicurso, com carga horária de 80 horas, ministrado na modalidade do ensino à distância para professores de física do Ensino Médio, aconteceu através de uma parceria entre o Instituto Federal do Espírito Santo a Secretaria Regional de Ensino do município de Cachoeiro de Itapemirim- ES.

A plataforma virtual utilizada foi o Moodle.<sup>4</sup> Optamos por utilizá-la por que: a) ela contém diversos recursos criados especialmente para a educação à distância tais como links a vídeos ou simulações computacionais, fórum, questionários, tarefas, dentre outros. b) é um software gratuito de apoio à aprendizagem c) estávamos mais familiarizados com ela.

Por intermédio da plataforma virtual elaboramos o minicurso ancorado num modelo pedagógico para EAD, descrito em Beahr (2009)<sup>5</sup> e no modelo investigativo descrito em Pórlan e Rivero (1998). Esse modelo investigativo permite reconhecer os conhecimentos prévios dos docentes e analisar a evolução de tais concepções.

Considerando a importância da história da ciência para reduzir o ensino fragmentado vigente nas escolas e a importância da modalidade do ensino à distância para reduzir os obstáculos do tempo que o professores enfrentam para se capacitar, apresentamos as questões da pesquisa que nortearam nosso trabalho.

---

<sup>4</sup> Moodle é o acrônimo de “Modular Object- Oriented Dynamic Learning Environment”. É um software gratuito de apoio a aprendizagem.

<sup>5</sup> O modelo pedagógico para a EAD proposto por Beahr (2009) traz no seu bojo uma arquitetura pedagógica. Os elementos constituintes dessa arquitetura envolvem aspectos organizacionais, conteúdo, aspectos metodológicos e tecnológicos usados para o planejamento de um curso em EAD (Vide: Beahr, 2009, p.24-25).

1) A abordagem da história da ciência na formação continuada à distância contribui para os professores de física incorporarem conceitos físicos, aspectos da natureza da ciência e aspectos culturais?

2) A abordagem da história da ciência na formação continuada à distância contribui para os professores de física incorporarem subsídios teórico- metodológicos para a utilização em sala de aula?

Para responder a essas questões realizamos uma pesquisa de cunho qualitativo com onze professores de física do Ensino Médio da região Sul do Espírito Santo. Consideramos que os procedimentos vinculados às abordagens qualitativas de pesquisa se mostraram mais adequados para o tipo de investigação que nos propomos a empreender.

Na pesquisa qualitativa o interesse não está em fazer inferências estatísticas; o enfoque é descritivo e interpretativo ao invés de explanatório ou preditivo. A interpretação dos dados é o aspecto crucial da pesquisa qualitativa. Por isso, a narrativa torna-se valorizada, pois, ao invés de usar gráficos, coeficientes e tabelas estatísticas para apresentar resultados e asserções de conhecimento, o pesquisador interpretativo narra o que fez, e sua narrativa é enriquecida com trechos de entrevistas, excertos de suas anotações, vinhetas, exemplos de trabalhos de alunos, entremeados de comentários interpretativos procurando persuadir o leitor, buscando apresentar evidências que suportem sua interpretação (MOREIRA, 2002). Em resumo, o pesquisador interpretativo observa participativamente, de dentro do ambiente estudado, imerso no fenômeno de interesse, anotando cuidadosamente tudo o que acontece nesse ambiente, para buscar “compreender o processo mediante o qual as pessoas constroem significados e descrevem em que consistem estes mesmos significados” (BOGDAN e BIKLEN, 1994, p. 70). É neste sentido que as características da pesquisa qualitativa se relacionam com nossa postura metodológica ao longo da proposta didática.

Nossa pesquisa é qualitativa porque procura entender as “manifestações humanas observáveis” (GÜNTHER, 2006, p.201). Essas manifestações foram os registros dos professores num ambiente virtual, transcrição de vídeo e as respostas dos professores aos questionários abertos.

A estratégia de ensino predominante da pesquisa foi o estudo de caso histórico. De acordo com Stinner (2003), o estudo de caso histórico se caracteriza por princípios gerais que possibilitem o resgate do contexto em que se deu algum problema marcante na ciência. Segundo este autor um bom estudo de caso deve conter o contexto histórico, o experimento e a ideia principal e as implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências. O uso de estudo de caso no contexto educacional proveniente de algum episódio histórico favorece,

de acordo com El Hani 2006, a aprendizagem dos conceitos físicos e permite a reflexão dos aspectos da natureza da ciência, pois possibilita um estudo detalhado dos fatos históricos, sociais e culturais envolvidos no trabalho científico.

Os passos para a resolução do estudo de caso são de acordo com Reis e Linhares (2011):

1ª etapa: leitura do texto e imediata postagem no ambiente virtual de aprendizagem de uma resposta que indicará a concepção do aprendiz em relação a uma questão.

2ª etapa: tempo para ler, resenhar e discutir materiais disponibilizados no ambiente.

3ª etapa: elaboração de solução que deve ser defendida pelo aprendiz perante o professor e os colegas no ambiente virtual de aprendizagem e/ou presencialmente.

A transformação das concepções prévias dos professores é analisada através das suas respostas na 1ª etapa e na 3ª etapa do estudo de caso histórico.

Para fins dessa pesquisa utilizamos três estudos de caso históricos: O estudo de caso 1, sobre as oscilações e medições realizadas no Brasil Colonial. O estudo de caso 2, sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas entre os séculos XVII a XIX e o estudo de caso 3, sobre o desenvolvimento das máquinas simples e as controvérsias do ensino português do século XVIII.

A escolha desses estudos de casos aconteceu porque eles tinham alguma relação com o Brasil (estudos de caso 1 e 2) e possuíam temas controversos e discussões em torno de um problema científico de uma determinada época, que possibilitassem a formação de uma visão de ciência como uma construção histórica ( estudos de caso 1, 2 e 3).

A fim de analisar os registros dos professores no ambiente virtual utilizamos a Análise Textual Discursiva – ATD como descrito em Moraes e Galiuzzi, 2011. Essa metodologia apropriada para análises textuais. Como afirmam Moraes e Galiuzzi (2011) esta análise pode partir de textos existentes ou de textos produzidos especificamente para a pesquisa em questão, esses textos são chamados *corpus*. O *corpus* deste trabalho, portanto, são as respostas dos professores descritas no ambiente virtual.

A ATD propõe-se a "descrever e interpretar alguns dos sentidos que a leitura de um conjunto de textos pode suscitar" (MORAES e GALIAZZI, 2011, p 14). Esta análise se estrutura a partir de três etapas, que compõem um processo cíclico: a) Unitarização ou desmontagem dos textos, nesta etapa surgem as unidades de análise, também chamadas de unidades de significado ou sentido, b) Estabelecimento de relações ou categorização: consiste na construção de relações entre as unidades de análise, tanto as empíricas, quanto as teóricas; c) Comunicação ou produção de metatextos: nessa etapa, percebe-se uma nova compreensão

do todo, possibilitada pelo intenso envolvimento nas etapas anteriores. O objetivo agora será elaborar um texto descritivo e interpretativo (metatexto), a partir das categorias.

Com essa pesquisa pretendemos alcançar resultados sobre: a) a construção dos conhecimentos dos professores em relação à natureza da ciência, aos conceitos científicos e a aspectos culturais e b) a aquisição de subsídios teórico-metodológicos para o professor utilizar na sala de aula.

Para tanto nos ancoramos em referenciais da formação de professores e da história da ciência no ensino.

Utilizamos Porlan e Rivero (1998) como referencial da formação de professores para analisar qual modelo didático se encaixa o planejamento de aula dos professores. De acordo com esses autores, as atuações e concepções dos professores frente ao processo de ensino-aprendizagem, podem ser representadas por meio de quatro modelos didáticos: 1) o tradicional, 2) o tecnológico e 3) o espontaneísta, caracterizados como modelos de transição, e 4) o modelo investigativo.

Adotamos os referenciais originais da epistemologia da ciência tais como: (BACON, 1997; FLECK, 1986; FEYRABEND, 1977; KUNH, 2009 e POPPER, 1972). Não pretendemos elencar todos os conceitos descritos nas obras originais desses filósofos. Descreveremos apenas alguns conceitos relacionados diretamente com as respostas dos professores que apareceram no ambiente virtual.

Para analisar os dados da pesquisa nos baseamos também em algumas fontes secundárias que buscam convergir a história da ciência com o ensino (vide, por exemplo: Matthews, 1995; Gil Perez *et al* 2001; Ferreira e Martins, 2008). É importante observar que as idéias contidas nessas fontes secundárias são desdobramentos das idéias dos referenciais da epistemologia da ciência.

O referencial teórico da educação à distância (Beahr, 2009) esteve mais relacionado com a organização do curso da formação continuada e não com as respostas dos professores no ambiente virtual.

O minicurso de formação continuada à distância em história da ciência foi organizado em oito aulas. Estruturado sob duas questões da pesquisa, o minicurso foi um caminho para investigar a construção dos conhecimentos dos professores de física em relação: aos conceitos científicos (aulas 4, 5, 6 e 7); aos aspectos da natureza da ciência (aulas 4, 5, 6 e 7), aos aspectos da culturais (aulas 5 e 6). Além disso, o curso teve como propósito, verificar se os professores de física incorporaram subsídios teórico- metodológicos para utilizar a história da ciência em suas aulas (aulas 1, 2, 3, 7 e 8).

A presente tese contém dez capítulos:

No capítulo 1 apresentamos algumas políticas públicas destinada à formação continuada de professores nas modalidades do ensino presencial e à distância.

No capítulo 2 mostramos um panorama da história da ciência como área de pesquisa bem como algumas orientações presentes nos documentos oficiais que sugerem o uso da história da ciência no ensino. Apresentamos também uma revisão de literatura sobre a história da ciência no ensino de física.

No capítulo 3 apresentamos as etapas do desenvolvimento da pesquisa. Neste capítulo descrevemos os principais referenciais teóricos que estão diretamente relacionados com a elaboração, aplicação e a análise dos resultados da pesquisa, a metodologia da pesquisa, o passo a passo da pesquisa, os episódios históricos selecionados, os estudos de caso históricos construídos e a sequência didática utilizada.

No capítulo 4 analisamos se os professores de física compreendem alguns tópicos da história da ciência e sua interface com o ensino. Analisamos, inicialmente, a transformação dos conhecimentos prévios dos docentes após a leitura de um texto sobre a historiografia da ciência. A construção dos conhecimentos dos professores foi analisada através de questionários. Em seguida, utilizando fóruns de discussão, analisamos as mudanças das concepções dos professores em relação os argumentos favoráveis e, possíveis contrários, da história da ciência no ensino. O terceiro foco desse capítulo consistiu em analisar as opiniões dos professores sobre as vantagens e, possíveis desvantagens, da estratégia de estudo de caso histórico, obtidas em um fórum de discussão.

No capítulo 5 analisamos a compreensão dos professores sobre as oscilações e medições realizadas no Brasil Colonial. Para isso, analisamos as transformações das concepções prévias dos professores em relação aos conceitos relacionados ao movimento do pêndulo simples e alguns aspectos da natureza da ciência.

No capítulo 6 analisamos o entendimento dos professores sobre o desenvolvimento da máquina a vapor. Para isso, analisamos as mudanças das concepções dos professores em relação ao entendimento dos conceitos relacionados às máquinas térmicas, aos aspectos da natureza da ciência e aspectos relacionados à cultura local, neste caso, as contribuições do transporte ferroviário para o desenvolvimento da cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES.

No capítulo 7 analisamos a compreensão dos professores sobre as máquinas simples e as controvérsias no ensino de ciências do século XVIII. Para isso, buscamos compreender as transformações das concepções dos professores em relação às alavancas e aos aspectos da

natureza da ciência. Analisamos também o planejamento dos professores em relação ao tema máquinas simples e um fórum de discussão.

No capítulo 8 analisamos um estudo de caso histórico elaborado por uma professora que participou da pesquisa bem como um recorte de uma gravação em vídeo realizada em um dos encontros presenciais da pesquisa. Nessa gravação, a professora mostra a sequência didática<sup>6</sup> desse estudo de caso histórico. Informações adicionais sobre essa sequência didática foram obtidas através do planejamento de aula entregue pela professora no ambiente virtual.

No capítulo 9 apresentamos a análise da avaliação da pesquisa feita pelos docentes.

No capítulo 10 mostramos uma síntese sobre os resultados da pesquisa e as considerações finais da pesquisa, onde, nesta última, respondemos as duas questões da pesquisa.

Por fim, apresentamos as referências, anexos e apêndices.

---

<sup>6</sup> A sequência didática é um termo usado na área da educação para elucidar uma ação encadeada de fases interligadas para tornar mais efetivo o processo de aprendizagem. A sequência didática é formada pelos seguintes elementos: “atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p.51).

## Capítulo 1: A formação continuada de professores.

A educação é permanente não por que certa linha ideológica ou certa posição política ou certo interesse econômico o exijam. A educação é permanente na razão, de uma lado, da finitude do ser humano, de outro, da consciência que ele tem de finitude. Mas ainda, pelo facto de, ao longo da história, ter incorporado à sua natureza não apenas saber que vivia mas saber que sabia e, assim, saber que podia saber mais. A educação e a formação permanente se fundam aí. (FREIRE, 2001 p. 12).

O presente capítulo está organizado da seguinte maneira:

No item 1.1 apresentamos algumas políticas públicas destinada à formação continuada de professores. A elaboração e execução da formação continuada de professores dependem, dentre outros fatores, de políticas públicas da União, do Estado e do município, que trabalhando de forma independente ou através de parcerias oferece os cursos aos docentes.

No item 1.2 indicamos os três níveis de desenvolvimento profissional na formação continuada: a) o primeiro nível e, mais elementar, ocorre quando o professor procura por conta própria, participação em cursos, oficinas ou palestras b) o segundo nível corresponde à formação em “Grupos de Trabalho”, onde, o professor através de trocas de experiências com os outros colegas procura refletir sobre sua prática docente (este é o nível de desenvolvimento profissional dos professores que participaram desta pesquisa) e c) o terceiro e último nível ocorre em espaços coletivos maiores e acontece através da participação em seminários e congressos da área de atuação e, em projetos de investigação escolar, onde o trabalho do professor será avaliado pela comunidade acadêmica específica da área servindo como critério de validação social, profissional e acadêmica.

No item 1.3 mostramos algumas pesquisas realizadas no âmbito da formação continuada. Descrevemos sobre uma pesquisa realizada pela Fundação Carlos Chagas, a pesquisa realizada por Gama e Terrazan.

No item 1.4 apresentamos algumas orientações encontradas na literatura para a formação continuada de professores de física. A primeira consiste em auxiliar o professor a sanar suas possíveis ineficiências na formação inicial e a segunda consiste em não negligenciar os problemas práticos encontrados por ele em seu ambiente de trabalho.

No item 1.5 apresentamos alguns caminhos já trilhados na formação continuada à distância.

### 1.1- Políticas públicas para a formação continuada de professores.

Entre a segunda metade da década de 1990 e a primeira metade dos anos 2000, a formação de professores foi motivo de inquietação mundial devido às pressões de um mundo de trabalho que exige um modelo informatizado do conhecimento e, pelo agravamento do desempenho escolar de muitos estudantes (GATTI, 2008). Ainda segundo a autora, como reflexo dessas preocupações, as políticas públicas e ações políticas caminham num sentido de promover reformas curriculares e mudanças na formação docente.

Para Gatti (2008), algumas orientações do Banco Mundial e o Programa de Promoção das Reformas Educativas na América Latina (PREAL) sinalizam explícita ou implicitamente a necessidade de formação de professores para educar as novas gerações.

Houve um avanço em relação às políticas públicas do Banco Mundial destinadas à formação de professores porque as primeiras versões dos documentos do Banco Mundial negavam a importância da formação docente (PANSARDI, 2009). Para o autor atualmente existe um consentimento de que “o saber do professor tem um impacto efetivo neste processo, no entanto, a formação docente ainda é vista como secundária nos projetos do BM” (PANSARDI, 2009). Segundo esse autor o professor tem um papel secundário porque ele é considerado pelo BM como um insumo mais caro do que, por exemplo, a biblioteca e os livros didáticos.

Na América Latina, os documentos do Programa de Promoção de Reforma Educativa na América Latina (PREAL) sinalizam para uma preocupação mais efetiva com o trabalho docente ao reconhecer a importância das políticas públicas orientada para a formação dos professores. Segundo esse documento essas políticas educacionais devem ter uma abordagem sistêmica que vai desde a valorização salarial do professor até o oferecimento de boas condições de trabalho para o professor na escola (PREAL, 2013, p.110). O documento reconhece que a formação inicial e continuada dos professores é cada vez mais complexa e desafiadora devido à diversidade do capital cultural dos estudantes. Atrelado a isso, um professor competente não deve apenas conhecer o seu conteúdo específico, mas deve gerir estratégias de ensino diversificadas que permitem aos estudantes desenvolverem habilidades mais complexas, atitudes e motivações que lhes permitam participar na sociedade e transformar-se em aprendizes autônomos durante sua vida (PREAL, 2013, p.110).

Estudos da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) reconhecem que a educação continuada na América Latina tem pouca relevância e articulação, não leva em conta a heterogeneidade de situações de professores, nem considera a realidade das escolas e os desafios práticos de ensino (PREAL, 2013, p.115).

No Brasil, as orientações para a formação continuada de professores aparecem na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, lei n.9394/96) e nas diretrizes curriculares nacionais (BRASIL, 2001) e no Plano Nacional de Educação (PNE)

A LDB legitima a formação continuada para promover a valorização dos educadores através do “aperfeiçoamento profissional continuado, inclusive com licenciamento periódico remunerado para esse fim” (artigo 67, inciso II).

As diretrizes curriculares nacionais orientam sobre a importância da formação em serviço porque o conhecimento passou a ser um dos recursos fundamentais que “tende a criar novas dinâmicas sociais e econômicas, e também novas políticas, o que pressupõe que a formação deva ser complementada ao longo da vida, o que exige formação continuada” (BRASIL, 2001, p.9).

A estratégia quatro da Meta 15 do PNE propõe a organização e a oferta de cursos de formação de continuada através da plataforma eletrônica Paulo Freire. Essa estratégia tem como diretriz:

“consolidar e ampliar **plataforma eletrônica** para organizar a oferta e as matrículas em curso de formação inicial e continuada de profissionais da educação, bem como para divulgar e atualizar seus currículos eletrônicos” (PNE, 2014, sem paginação)

Não identificamos ações formativas das Secretárias Regionais de Ensino do Estado do Espírito Santo, de forma independente, ou em parceria com instituições de ensino superior que contemplassem o uso da história da ciência no ensino. Nossa proposta pretende atender essa demanda.

## 1.2- Níveis de desenvolvimento profissional na formação continuada.

Terrazan e Gama (2007) consideram que o desenvolvimento profissional docente constituído por três níveis conectados entre si, todavia cada um com seus objetivos específicos: O primeiro nível e, mais elementar, ocorre quando o professor procura por conta própria, participação em cursos, oficinas ou palestras. O segundo nível corresponde à formação em “Grupos de Trabalho”, onde, o professor através de trocas de experiências com os outros colegas procura refletir sobre sua prática docente.

O terceiro e último nível ocorre em espaços coletivos maiores e acontece através da participação em seminários e congressos da área de atuação e, em projetos de investigação escolar, onde o trabalho do professor será avaliado pela comunidade acadêmica específica da área e servirá como critério de validação social, profissional e acadêmica.

De acordo com Terrazan e Gama (2007) existe uma predominância com a formação individual (primeiro nível) em comparação com os outros dois níveis. Durante muito tempo os cursos de formação continuada privilegiaram atividades que negligenciasse a realidade da escola e dos professores.

A visão essencialmente técnica e mecanicista do trabalho resultou em práticas formativas individualizadas com seus objetivos centrados nas atividades realizadas por cada trabalhador, desconsiderando os problemas das instituições e seus contextos de trabalho (GAMA e TERRAZAN, 2011, p.2).

Para a superação dessa situação, buscando atingir uma distribuição equânime de participação dos professores nos outros níveis, “é necessário que a formação continuada privilegie a aquisição de saberes e competências que modifiquem o modo de ver a escola” (TERRAZAN e GAMA, 2007, p.165).

Nesse sentido, entender a escola como um espaço de investigação da própria prática docente é fundamental para a realização dessa mudança. Somente assim a escola deixará de ser apenas um espaço estático de repetição de conteúdos fragmentados, mas passará a ser um espaço dinâmico de pesquisa, cujos resultados podem fazer o professor refletir sobre sua própria prática, melhorando dessa forma a qualidade do ensino e propondo situações para a superação dos obstáculos exógenos e endógenos encontrados pelo docente.

Assim, a organização da formação continuada deve propiciar atividades de investigação que auxilie o professor a conectar os subsídios teóricos- metodológicos encontrados na literatura com a sua realidade na escola.

Para que essa articulação aconteça, as instituições de ensino superior podem estabelecer parcerias com as escolas da educação básica, seja no âmbito da formação inicial ou na formação continuada, conforme sugere as Resoluções CNE/CP01, de 18/2/2002 e a Resolução CNE/ CP02, de 19/02/2002. Essa parceria pode reduzir a dicotomia existente entre pesquisadores que pensam e propõem projetos inovadores e professores, que na condição de consumidores, não são chamados a refletir sistematicamente sobre o ensino para modificar o seu desempenho e para adaptar propostas inovadoras (GARRIDO e CARVALHO, 1995).

Sugere-se que a formação continuada possa ter a participação efetiva dos professores desde o momento da sua criação, na fase de execução e também durante a avaliação do curso. Segundo Gama e Terrazan (2007) as propostas de formação continuada podem ser estruturadas a partir dos problemas práticos dos professores e devem ser construídas coletivamente, não partindo assim somente das instituições de ensino superior. As escolas do Ensino Médio, as Secretarias de Educação e o professor, portanto, têm papel ativo no seu

processo de formação e não podem ser apenas receptores acríticos de tendências pedagógicas, ditas inovadoras. Nesse sentido é preciso que eles promovam um ajuste dessa tendência à realidade do seu cotidiano escolar. Assim, o agente formador do IES deve ser um mediador do processo de ensino aprendizagem, propiciando meios de discussão para promover a integração entre as IES, as escolas de nível médio e fundamental, a secretaria de educação e o professor, garantindo dessa forma a autonomia desses setores, favorecendo atuação efetiva e segura na sala de aula.

O curso de história da ciência que propomos se encontra no segundo nível de desenvolvimento profissional na formação continuada porque a plataforma virtual adotada possibilita ao professor “trocar experiências com outros colegas para refletir sobre sua prática” (TERRAZAN e GAMA, 2007).

### 1.3- A formação continuada: resultados de algumas pesquisas.

#### 1.3.1- A pesquisa da Fundação Carlos Chagas

Buscando mapear e entender a formação continuada no Brasil, a Fundação Carlos Chagas relatou em 2012 uma pesquisa de campo com dezenove secretarias (seis estaduais e treze municipais), localizada nas cinco regiões do país (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul). Foram realizadas entrevistas com secretários da educação (ou seu representante), coordenadores de formação continuada (ou o responsável por esse trabalho), autores de projeto de formação continuada ligados às secretarias de educação. Quando possível, diretores e coordenadores das escolas pertencentes às secretarias também foram entrevistados

Os resultados da pesquisa podem ser organizados em relação aos objetivos da formação, ao diagnóstico das necessidades docentes, a organização da formação e o perfil dos professores:

Em relação aos objetivos da formação continuada, os entrevistados acreditam que a principal meta da formação continuada é melhorar a prática pedagógica, aumentando a qualidade do ensino. Espera-se dessa forma que o professor atue como agente multiplicador da formação continuada nas escolas em que trabalha, levando os outros docentes a aprimorarem seu ensino para melhorar o desempenho dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. Segundo os autores da pesquisa essa preocupação das secretarias de educação

pode ocorrer devido às preocupações com as avaliações em largas escalas (DAVIS, 2012, p.43)

O diagnóstico das necessidades docentes para a elaboração da formação continuada é guiado pelos resultados dos sistemas de avaliação estadual e nacional. No âmbito nacional temos SAEB, PROVA BRASIL e ENEM e IDEB. Esses sistemas têm como intuito identificar necessidades e traçar o planejamento das ações de formação continuada

A organização das formações continuadas, segundo os entrevistados deve ser baseada no diálogo e na troca de informações entre os participantes, recorrendo menos às conferências e palestras onde o professor assume, muitas vezes, um papel de passividade em relação ao que está sendo transmitido. Os entrevistados acreditam ainda, que a elaboração de uma política de formação continuada deve contemplar aspectos de valorização do professor como melhores salários, planos de carreira e incentivos ao desenvolvimento profissional e que a formação continuada deve acontecer periodicamente nas escolas com o intuito de fortalecer essas instituições como espaço formativo

Em relação ao perfil docente que busca a formação continuada, os entrevistados disseram que os professores do ensino fundamental I são os que mais participam das ações de formação continuada. Segundo os entrevistados, isso acontecesse por duas razões: O primeiro motivo é que “os professores são formados, em geral, em cursos de Magistérios ou Pedagogia, em que já vigora uma cultura de que a formação continuada será necessária para que possam exercer sua profissão a contento” (DAVIS, 2012, p.49). O segundo motivo é que, por serem polivalentes precisam de “formação teórica e metodológica em mais de uma área de conhecimento” (DAVIS, 2012, p.49). Os professores mais reticentes à formação continuada, segundo os entrevistados, são os professores do ensino fundamental II e do ensino médio. Isso acontece porque a formação continuada para esses segmentos de ensino possuem ações mais gerais porque os professores na sua grande maioria já têm uma formação específica na área, o que faz com que eles coloquem a formação continuada em segundo plano (DAVIS, 2012, p.49).

O programa Gestão da Aprendizagem Escolar (Gestar II), oferecido pelo MEC, conseguiu conferir um novo sentido à formação continuada voltada para os professores de português e matemática do ensino fundamental II ao oferecer a esses profissionais a formação continuada específica por área de conhecimento. “O programa inclui discussões sobre questões prático-teóricas e busca contribuir para o aperfeiçoamento da autonomia do professor em sala de aula” (GESTAR II, 2013).

Muitas secretarias de educação estabelecem parcerias com os institutos de ensino superior para estabelecer propostas de formação continuada para as disciplinas de História, Geografia e Ciências. (DAVIS, 2012, p.49).

Alguns entrevistados disseram ainda que os professores temporários são mais receptivos à formação continuada em relação aos efetivos. Talvez isso possa acontecer em relação à necessidade de certificado que o docente necessita, para conseguir aula nos anos subsequentes.

### 1.3.2- A pesquisa de Gama e Terrazan

Com o objetivo de entender que aspectos que caracterizam as etapas de planejamento e desenvolvimento das propostas de formação continuada, Gama e Terrazan (2007) realizaram uma pesquisa nas Escolas públicas de Santa Maria- RS. A pesquisa aconteceu em quatro escolas, sendo uma municipal e Três estaduais. Foram entrevistados quatro profissionais responsáveis pela organização da formação continuada nessas escolas e oito profissionais convidados para conduzir encontros formativos.

Os resultados da pesquisa podem ser agrupados em cinco fatores: a) as concepções de formação continuada na perspectiva dos organizadores das ações formativas, b) a organização dos tempos e dos espaços escolares para a formação continuada, c) a definição das temáticas para estudo nos encontros formativos, d) a participação dos formadores na organização dos processos formativos e, e) as dificuldades enfrentadas nos desenvolvimento das ações formativas.

Os organizadores da formação continuada acreditam que a formação em serviço melhora o trabalho do professor individualmente, mas não conseguem entender que a formação continuada na escola possa ser um o espaço adequado para que os docentes encontrem soluções coletivas para resolver os problemas do próprio ambiente de trabalho. A preocupação central da equipe diretiva é assegurar o certificado a seus professores para fins de titulação.

Em relação à organização dos tempos e espaços escolares, em três escolas investigadas a formação continuada acontece dentro da carga horária semanal do docente enquanto que na outra acontece fora dessa carga horária.

As definições da temática para os encontros da formação continuada nas escolas pesquisadas ocorreram através de consultas informais aos professores ou ficou na responsabilidade do profissional que planeja e executa a formação continuada

A participação dos formadores na organização dos processos formativos ainda é considerada incipiente. Inicialmente os professores das escolas são convidados para participarem da formação continuada em datas agendadas de acordo com a disponibilidade dos formadores. A pesquisa mostrou ainda que mesmo no caso que os formadores tiveram contato inicialmente com a escola “o conhecimento deles se mostraram incipiente para que conseguisse estabelecer vínculos entre os conteúdos trabalhados às necessidades dos professores e os problemas relacionados ao trabalho destas mesmas escolas” (GAMA e TERRAZZAN, 2011, p.5)

Sobre as dificuldades enfrentadas nos desenvolvimento das ações formativas os autores elencaram dois possíveis problemas que limitam as ações da formação continuada: a sobrecarga de trabalho dos professores e a falta de recursos financeiros para investir na sua formação.

#### 1.4-Formação continuada de professores de física

A formação de professores de ciências, especialmente de física tem sido reconhecida como o ponto crítico na melhoria da educação científica, tanto no âmbito das licenciaturas como na formação continuada.

A prática docente dos professores de Física enfatiza a memorização de fatos e fórmulas e a resolução de exercícios repetitivos, o que pouco contribui com a formação de cidadãos críticos.

As aulas de física têm-se caracterizado, portanto, pela abordagem de conteúdos de ainda é muito propensa à fragmentação. Geralmente, o professor não apresenta uma visão global desses conteúdos e não proporciona, ao discente, contextualização sociocultural dos conteúdos ministrados, não os reconhecendo, portanto, como uma construção humana num contexto cultural, social, político e econômico. As palavras de Krasilchik ilustram esta situação:

Tradicionalmente, as ciências têm sido ensinadas como uma coleção de fatos, descrição de fenômenos, enunciados de teorias a decorar. Não se preocupa fazer com que os alunos discutam as causas dos fenômenos, estabeleçam relações causais, enfim, entendam os mecanismos dos processos que estão estudando. É muito comum também que não seja dada a devida importância ao que é chamado, na literatura, de processo da Ciência, ou seja, aos eventos e procedimentos que levam as descobertas científicas. Em geral o ensino fica limitado à apresentação dos chamados produtos das ciências (KRASILCHIK, 1987, p.52).

Devido ao numero excessivo de aula do professor ou por carência na formação inicial e continuada ou ainda pela exigência do vestibular, que, muitas vezes, ainda requer dos candidatos conhecimentos isolados, com a teoria distante da realidade dos mesmos; os professores não inovam suas estratégias de ensino, tendendo a conceber, conforme Menezes *et al* (1994): “objetivos principais, como sendo o aprendizado de leis gerais em nível abstrato e, complementarmente, o desenvolvimento da capacidade de aplicação de tais leis” (MENEZES *et al*, 1994).

Acreditamos que esta prática tão amplamente utilizada advém do fato de que os professores reproduzem os métodos de ensino de Física que vivenciam em sua formação (PORLÁN e RIVERO, 1998). Além disso, os professores, em geral, não se sentem motivados e apoiados para desenvolver práticas diferenciadas e inovações em suas aulas (BORGES, 1996).

Para minimizar esse ensino decorado e melhorar a qualidade das aulas de física, algumas ações têm sido executadas na formação continuada de física no sentido de cobrir as lacunas provenientes da formação superior do docente de física e favorecer o desenvolvimento profissional do professor.

Os resultados dessas ações mostram que os professores de física em serviço estão insatisfeitos com os métodos tradicionais de ensino e apontam dificuldades para promover ações interdisciplinares, contextualizar o conteúdo e inserir a história da ciência em suas aulas, devido à formação insuficiente desse tópico na graduação que eles fizeram (REZENDE *et al*, 2003). Os professores de física encontram também problemas para planejar as atividades de avaliação na perspectiva construtivista devido à falta de tempo nas escolas em que trabalham (DRIVER *et al*, 1994)

Um curso de formação continuada para professores do ensino básico realizado na Finlândia na segunda metade da década de 1990 mostrou que os professores tiveram a oportunidade de refletir e discutir em pequenos grupos, seus conhecimentos sobre física e o ensino de física (JAUHIAINE *et al*, 2002). O curso foi realizado em uma instituição de ensino superior daquele país e os participantes discutiram conceitos de física, realizaram experimentos de laboratório, tiveram aula de história da física e de estratégias para o ensino de física.

Após um ano de realização do curso, os professores em serviço foram consultados para saber se eles conseguiram aplicar na sala de aula, o conhecimento aprendido no curso. Os professores relataram que a história da física deixou suas aulas mais interessantes devido às conexões realizadas entre os conceitos físicos e os aspectos históricos e sociais.

Podemos inferir a partir da leitura dos trabalhos de DRIVER *et al*, 1994; REZENDE *et al*, 2003 e JAUHIAINE *et al*, 2002, que a formação continuada desempenha dupla função. A primeira consiste em auxiliar o professor a sanar suas possíveis ineficiências na formação inicial e a segunda consiste em não negligenciar os problemas práticos encontrados por ele em seu ambiente de trabalho. Assim espera-se que a formação continuada considere a existência de lacunas na formação inicial dos professores, mas que elas possam ser tratadas integralmente à *praxis* docente, considerando condições de atuação na unidade escolar (SAUERWEIN e DELIZOICOV, 2008).

#### 1.6- Formação continuada à distância

Moran (2002) define a educação à distância como “... o processo de ensino, mediado por tecnologias, onde professores e alunos estão separados espacial e/ou temporalmente.” O correio, o rádio, a televisão, o vídeo e a internet, são exemplos dessas tecnologias, que promovem a educação à distância. Segundo Rodrigues (2011), as características atuais da EAD são: a separação espacial e temporal entre professor, aluno e instituição; a utilização sistemática de meios e recursos tecnológicos nos processos de comunicação; autoaprendizagem individual e/ ou coletiva; e as formas tutoriais para o esclarecimento de dúvidas dos alunos.

Segundo Golvêa e Oliveira (2006), alguns compêndios citam as epístolas de São Paulo às comunidades cristãs da Ásia Menor, registradas na Bíblia, como a origem histórica da Educação a Distância. Estas epístolas ensinavam como viver dentro das doutrinas cristãs em ambientes desfavoráveis e teriam sido enviadas por volta de meados do século I. Outro marco histórico consolidou a Educação a Distância pelo mundo, a partir do século XVIII. Alves (2011) descreve uma sequência cronológica dos principais marcos históricos da EAD:

Nos Estados Unidos, em 1728 é anunciado um curso pela Gazeta de Boston, na edição de 20 de março, é ofertado um material para ensino e tutoria por correspondência. Após iniciativas particulares, tomadas por um longo período e por vários professores, no século XIX a Educação a Distância começa a existir institucionalmente. Em 1892, no Departamento de Extensão da Universidade de Chicago, nos Estados Unidos da América, é criada, a Divisão de Ensino por Correspondência para preparação de docentes. Em 1956, A *Chicago TV College* inicia a transmissão de programas educativos pela televisão, cuja influência pode notar-se rapidamente em outras universidades do país que não tardaram em criar unidades de ensino a distância, baseadas fundamentalmente na televisão.

No continente Europeu, países como Suécia, Inglaterra, Alemanha, França, Noruega, Holanda, Espanha e Portugal tiveram também seus marcos históricos na educação à distância. Na Suécia, em 1829, é inaugurado o Instituto Líber Hermondes, que possibilitou a mais de 150.000 pessoas realizarem cursos através da Educação a Distância. Na Inglaterra, em 1971, a universidade aberta britânica é fundada. Na Alemanha, em 1856, a sociedade de Línguas Modernas incentiva cursos de Francês por correspondência. Na França, em 1947, Inicia-se a transmissão das aulas de quase todas as matérias literárias da Faculdade de Letras e Ciências Humanas de Paris, França, por meio da Rádio Sorbonne. Na Noruega, em 1948, é criada a primeira legislação para escolas por correspondência. Na Holanda, em 1984 é implantada a universidade aberta. Na Espanha, em 1972, é fundada a Universidade Nacional de Educação a Distância. Em Portugal, em 1988 é criada a Fundação da Universidade Aberta.

Os continentes asiático, africano e a Oceania também contribuem para a educação à distância. O Japão, em 1935, inicia seus programas escolares pelo rádio, como complemento e enriquecimento da escola oficial. Em 1951, nasce a Universidade de Sudáfrica e em 1968, é criada a Universidade do Pacífico Sul, uma universidade regional que pertence a 12 países-ilhas da Oceania

Na América latina, Argentina, Venezuela e Brasil tiveram também seus marcos históricos na educação à distância. Na Argentina, em 1960, nasce a Tele Escola Primária do Ministério da Cultura e Educação, que integrava os materiais impressos à televisão e à tutoria. Na Venezuela é criada a fundação da Universidade Nacional Aberta em 1977.

No Brasil, em 1904 o Jornal do Brasil anuncia o 1º curso de datilógrafo, ministrado por correspondência. Em 1992 é criada a Universidade Aberta de Brasília, acontecimento bastante importante na Educação a Distância do nosso país; em 2002, o CEDERJ é incorporado a Fundação Centro de Ciências de Educação Superior a Distância do Rio de Janeiro (Fundação CECIERJ). Em 2004, vários programas para a formação inicial e continuada de professores da rede pública, por meio da EAD, foram implantados pelo MEC. Entre eles o Proletramento e o Mídias na Educação. Estas ações conflagraram na criação do Sistema Universidade Aberta do Brasil. Em 2005, é criada a universidade Aberta do Brasil, uma parceria entre o Ministério da Educação, estados e municípios, integrando cursos, pesquisas e programas de educação superior à distância. Ainda no ano de 2005, é publicado no Diário oficial da União (DOU), o decreto número 5622 que estabelece a definição de educação à distância, bem como os níveis em que essa modalidade pode ser ofertada.

Como vimos através desse panorama, iniciativas para ministrar cursos à distância, existem desde o século XVIII. No entanto, com o desenvolvimento da tecnologia e a necessidade de formar professores na área que lecionam os cursos à distância expandiram como uma alternativa para suprir a carência de professores da área. Recentemente o governo implantou através do Decreto 6.755 de 29/01/2009 Portaria normativa nº 09, de 30/06/2009, um programa de formação de professores (PARFOR) construído para suprir a carência de professores da educação básica com formação específica de nível superior. Todo o processo de inscrição é feito através da utilização da plataforma Freire, um ambiente virtual destinado para organizar a oferta e as matrículas em curso de formação inicial e continuada de profissionais da educação, bem como para divulgar e atualizar currículos eletrônicos dos professores. Além disso, alguns cursos são ministrados à distância.

Os professores da educação básica encontram muitos obstáculos no seu ambiente de trabalho. A baixa remuneração, o número excessivo de aulas e a falta de espaço no calendário escolar são alguns fatores que dificultam a procura por cursos de formação continuada para a sua atualização profissional. Essa dificuldade faz com que os professores repitam periodicamente suas práticas docentes.

Modificar esse quadro exige alterações em aspectos sociais, econômicos e culturais da realidade educacional, além de investimento do governo em programas de formação continuada, em políticas de valorização do trabalho docente e na melhoria das condições concretas da educação pública (REZENDE e OSTERMANN, 2004).

Diante desse quadro, a Educação à Distância, distante de ser a solução, pode ser vista como uma opção para auxiliar o docente na busca de sua qualificação profissional porque permite transpor algumas dificuldades relacionadas ao deslocamento e permite uma melhor flexibilidade do tempo do professor.

A lei de Diretrizes e Bases e as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores para a educação básica reconhecem a importância da modalidade da educação à distância para a formação continuada.

Segundo a LDB “O Poder Público incentivará o desenvolvimento e a veiculação de programas de ensino a distância, em todos os níveis e modalidades de ensino, e de educação continuada” (artigo 80).

De acordo a lei de diretrizes de bases, a comunicação oral e escrita convive cada dia mais veementemente com a comunicação eletrônica, propiciando o compartilhamento de informações entre pessoas separadas geograficamente (BRASIL, 2001)

De acordo com Gatti (2008):

É preciso considerar que a educação a distância passou a ser um caminho muito valorizado nas políticas educacionais dos últimos anos, justificada até como uma forma rápida de prover formação pois, pelas tecnologias disponíveis, pode-se flexibilizar os tempos formativos e os alunos teriam condições, quando se trata de trabalhadores, de, em algumas modalidades de oferta, estudar nas horas que se dispõem, não precisando ter horários fixos, o que permitiria compatibilização com diversos tipos de jornadas de trabalho. A educação a distância, ou a mista (presencial/ a distância) tem sido o caminho de professores pelas políticas públicas, tanto em nível federal como estadual e municipal (GATTI, 2008, p.65)

Percebe-se nesse sentido que a LDB, as diretrizes curriculares nacionais para a formação de professores e a citação e a citação de Gatti (2008) creditam à educação à distância como modalidade para fomentar os programas de formação continuada. No entanto é preciso ter cuidado com a qualidade dessa formação continuada, pois além da distância geográfica entre os professores, alunos e tutores, existem também entre eles, a distância transacional, caracterizado Behar (2009) como uma distância “pedagógica”.

O processo de ensino aprendizagem atual da Educação à distância disponibiliza apoio pedagógico aos discentes, permitindo que eles esclareçam suas dúvidas com tutores à distância através de um ambiente virtual de aprendizagem ou, com tutores presenciais, através do pólo de ensino presencial.

O tutor a distância é o profissional da EAD que esclarece as dúvidas dos alunos utilizando uma plataforma virtual de aprendizagem. “Etimologicamente a palavra tutor vem do latim *tutorōris* que significa guarda, defensor, protetor, curador, ou seja, aquele que exerce uma tutela, que ampara, protege, defende, é o guardião” FERREIRA e LÔBO (2005).

O tutor presencial é o profissional da EAD que auxilia no aprendizado do aluno em horários preestabelecidos no pólo de apoio presencial. As funções dos tutores presenciais são: conhecer o projeto pedagógico do curso, o material didático impresso e o conteúdo específico dos conteúdos sob sua responsabilidade, a fim de auxiliar os estudantes no desenvolvimento de suas atividades individuais e em grupo, fomentando o hábito da pesquisa; participar de momentos presenciais obrigatórios, tais como avaliações, aulas práticas em laboratórios e estágios supervisionados, quando se aplicam; manter-se em permanente comunicação tanto com os estudantes quanto com a equipe pedagógica do curso.

Muitas vezes, os tutores demoram a responder aos questionamentos dos estudantes (devido à quantidade de alunos), produzindo um sentimento de “abandono pedagógico” dos discentes.

Para fins dessa pesquisa, o monitoramento das atividades realizadas pelos docentes e suas dúvidas ocorreram com a utilização de um ambiente virtual.

A seguir apresentamos uma revisão de literatura sobre a história da ciência com o objetivo de entender seus usos na educação.

## Capítulo 2- História da ciência e ensino.

Neste capítulo apresentamos um panorama da história da ciência como área de pesquisa bem como algumas orientações presentes nos documentos oficiais que sugerem o uso da história da ciência no ensino.

Mostramos também uma revisão de literatura sobre as implicações didáticas da história da ciência no ensino de física

Encontramos artigos que defendem o uso de materiais adequados e sugerem algumas orientações para ensinar história da ciência para que a intervenção do professor na sala de aula seja mais consciente.

Identificamos artigos que utilizam as estratégias para ensinar história da ciência tais como dramatização, estudos de casos históricos, biografia e auto-biografia, livros didáticos, fontes primárias e experimentos históricos. Identificamos que os professores utilizam essas estratégias para trabalhar a evolução das idéias da física e aspectos da natureza da ciência.

### 2.1- A trajetória da história da ciência como área de pesquisa

A História da Ciência é uma área de pesquisa consolidada internacional e nacionalmente. Nos Estados Unidos e no Reino Unido, destacam-se respectivamente as associações *History of Science Society* e a *British Society for the History of Science*, ambas criadas na primeira metade do século XX. No Brasil, existe a Sociedade Brasileira de História da Ciência (SBHC, fundada em 16 de dezembro de 1983) que organiza bienalmente o seminário internacional de história da ciência e da tecnologia. Existem também as associações como a Sociedade Brasileira de História da Matemática (SBHMat) e a Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB, fundada em 17 de agosto de 2006) que promove anualmente, no mês de agosto, o Encontro de História e Filosofia da Biologia.

Ainda no âmbito nacional existem cursos de pós-graduação em História da Ciência, como, por exemplo, o Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC) da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, a Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), o Instituto de Filosofia e Ciências humanas da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), dentre outros. Estas instituições de ensino superior oferecem cursos *stricto sensu* de mestrado e doutorado na área.

Existe também um número expressivo de grupos de pesquisa em história da ciência sediados nas principais universidades brasileiras como, por exemplo, o Scientia - Grupo de História e Teoria da Ciência da Universidade Federal de Minas Gerais, o Grupo de História e Teoria da Ciência da Universidade Estadual de Campinas e o Grupo Interdisciplinar em História e Filosofia da Ciência da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Há, também, revistas acadêmicas internacionais e brasileiras que publicam artigos científicos em História da Ciência, como a *Isis*, revista mais antiga da área, fundada em 1913 e que pertence a *History of Science Society*, a Revista Brasileira de História da Ciência e os Cadernos de História e Filosofia da Ciência (da UNICAMP).

## 2.2- A história da ciência no ensino de ciências

A utilização da história da ciência não é assunto recente. No final do século XIX professores ingleses já inseriam a história da ciência em suas aulas como uma maneira de motivar os discentes nas aulas de ciências (SHERRATT, 1982, apud SEQUEIRA & LEITE, 1988). O debate para a introdução da história da ciência nos currículos de ciências foi amplamente discutido em todo o século XX (DUARTE, 2004). Inúmeros projetos e documentos internacionais do século anterior ratificam a importância da interface entre a história da ciência e o ensino de ciências. No artigo denominado “Introdução: a importância da história da ciência na educação científica”, Prestes e Caldeira (2009) elencam os principais documentos oficiais de vários países que orientam a incorporação da história da ciência nos seus currículos de ciências com o objetivo de promover a alfabetização científica<sup>7</sup>. O *National Curriculum Council* (NCC), do Reino Unido; o *National Research Council* (NRC) e o *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), ambos desenvolvidos nos Estados Unidos são exemplos desses documentos.

No Brasil as orientações para o ensino de história das ciências aparecem implicitamente nas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN<sup>+</sup>) e nos Programas Nacionais do Livro Didático (PNLD).

As orientações das Diretrizes para professores sugerem que o professor do ensino básico reúna condições para superar a fragmentação dos conteúdos (BRASIL, 2002, p.28).

---

<sup>7</sup> Segundo Sasseron *et al* (2013) existem três eixos estruturantes da alfabetização científica: a compreensão básica de termos conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; a compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e, o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

Essa fragmentação pode ser reduzida através da associação entre os conteúdos de física aos seus aspectos sociais, históricos, culturais e econômicos que lhe deram origem.

Os PCN para o Ensino Médio atribuem alguns itens relacionados à história da Ciência, que compõem a competência “contextualização sociocultural”. Tais itens têm como objetivos: a) reconhecer o sentido histórico da ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio e, b) compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade. (BRASIL, 2000, parte III, p.13)

Os PCN<sup>+</sup> para o Ensino Médio mostram que o ensino de história da ciência é importante porque permite ao aluno “questionar e compreender melhor processos sociais, econômicos e culturais passados e contemporâneos”(BRASIL, 2002, p.18).

A abordagem da história da ciência no ensino também encontra respaldo nos PCN para o Ensino Fundamental porque busca compreender a Ciência como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana, histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural (BRASIL, 1998, p.71)

Percebe-se através dos parâmetros curriculares nacionais a importância atribuída à história da ciência como eixo norteador para relacionar os conhecimentos científicos aos conhecimentos sociais, econômicos e culturais. Esses debates interdisciplinares também são preocupações de Hessen e Merton (apud Borges, 1996) (influência sócio-política e econômica) e Feyerabend e Morin, (apud Borges, 1996) (sociológica e cultural).

A história da ciência também está presente no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de Física para o Ensino Médio. Esse documento orienta a articulação entre os conhecimentos científicos e os aspectos históricos, tecnológicos, sociais e econômicos, com o objetivo de formar o aluno cidadão (PNLD-FÍSICA, 2012, p.8). Já O PNLD- EJA, para a educação de jovens e adultos orienta que os conteúdos escolares devem evidenciar a historicidade do conhecimento científico (PNLD-EJA, 2011, p.233).

Apesar da importância atribuída à história da ciência nos documentos oficiais, os conteúdos da disciplina física ensinados na escola ainda são muito fragmentados e explicados através de fórmulas matemáticas desconexas. Geralmente, os professores não apresentam aos alunos a origem dessas expressões matemáticas e o contexto social, político, econômico e cultural em que foram produzidas, dificultando o entendimento de uma visão de mundo menos fragmentada. A falta de formação específica, a carência de materiais didáticos de história da

ciência e o tempo excessivo de aulas podem ser indicadores sobre a razão desse ensino fragmentado.

Muitos autores, tais como Matthews (1995) e Allchin (1999) apontam a história da ciência como alternativa para reduzir o ensino fragmentado tornando o ensino da física eficaz e contextualizado fazendo com que os alunos desenvolvam um saber crítico, amplo e interdisciplinar. Assim, a história da ciência é importante para o ensino por que: a) promove a humanização da ciência que consiste em associar o desenvolvimento da ciência às questões éticas, culturais, sociais, políticas e econômicas segundo o contexto de cada época e lugar. Essa associação motiva aqueles discentes que não se interessam pelas estratégias de ensino “tradicionais” (BRUSH, 1989, MATTHEWS, 1995, FERREIRA e MARTINS, 2008, MCCOMAS, 2013, p.429), b) contribui para o tratamento interdisciplinar dos conteúdos (MATTHEWS, 1995, FERREIRA e MARTINS, 2008, MCCOMAS, 2013, P.429, ZANETIC, 1989), c) mostra a importância intrínseca da história ciência como “herança cultural da humanidade” (FERREIRA e MARTINS, 2008), d) auxilia a compreensão dos conteúdos científicos (MATTHEWS, 1995, FERREIRA e MARTINS, 2008, MCCOMAS, 2013, p.429, PEDUZZI, 2011, p.15), e) permite que o professor entenda as concepções alternativas dos estudantes (FERREIRA e MARTINS, 2008), f) contribui para evitar as visões deformadas da construção do conhecimento científico (FERREIRA e MARTINS, 2008; GIL PÉREZ *et al* 2001), g) fundamenta teoricamente a didática de ciências (FERREIRA e MARTINS, 2008).

Após a descrição e a explicação dos argumentos favoráveis ao uso da história da ciência no ensino, poderá surgir a seguinte pergunta: Como conduzir o aluno a compreender a ciência como construção humana e reconhecer a importância da história da ciência para sua alfabetização científica?

Uma maneira de auxiliar o professor a lecionar história da ciência consiste na aplicação das estratégias de ensino de história da ciência na educação científica, descritas em McComas (2013). Essas abordagens envolvem o uso de fontes originais, estudos de caso, dramatização, experimentos históricos, biografia e autobiografias de cientistas, a história da ciência presentes nos livros didáticos. McComas propôs essa classificação com dois objetivos distintos: o primeiro foi para explicitar ao leitor o grande número de abordagens e exemplos da história da ciência que pode ser usada no ensino de ciências. O segundo teve como propósito alertar o leitor sobre as aplicações distintas dessas estratégias na educação científica e revelar que os esforços diversos de professores e estudantes para a aplicação dessas estratégias, não produzem necessariamente o mesmo impacto no aprendizado e na afetividade do aluno.

As fontes originais representam a abordagem da história da ciência na qual os alunos estudam conceitos vigentes da época a partir dos escritos dos cientistas e então participam de discussões sobre o que eles estudaram (MCCOMAS, 2013). Ainda segundo esse autor a interação com trabalhos originais pode ser classificada como: a) trabalhos originais completos (podem incluir comentários originais) e trabalhos originais resumidos (podem incluir comentários adicionais).

O estudo de caso histórico se caracteriza por princípios gerais que possibilitem o resgate do contexto em que se deu algum problema marcante na ciência (STINNER, 2003). Esse contexto histórico revela os motivos pelos quais certos aspectos do desenvolvimento da ciência e da tecnologia foram construídos. Estes aspectos incluem as questões pessoais do cientista bem como seu envolvimento com questões éticas, sociológicas, políticas, econômicas e religiosas.

A dramatização é uma estratégia de ensino nas quais os alunos interpretam personagens históricos da ciência com o objetivo de agir, debater ou responder como se fossem essas pessoas (MCCOMAS, 2013, p.438). Uma encenação dos debates entre Simplicio (defensor das idéias de Aristóteles) e Salviatti (defensor das ideias de Galileu) poderia ser um bom exemplo de dramaturgia.

Os Experimentos históricos consistem na reprodução de experimentos e outras abordagens práticas para o engajamento com alguns aspectos históricos da ciência (MCCOMAS, 2013, p.440).

A biografia e autobiografia é o relato da vida e/ou da pesquisa dos cientistas escritas por eles mesmos (autobiografia) ou por outra pessoa (biografia). MCcomas (2013) descreve alguns exemplos de autobiografias de Charles Darwin, James Watson e Richard Feynman; e biografias, tais como: *Galileo's Daughter*, Einstein e Isaac Newton. MCcomas cita alguns produtos de mídia que tem sido produzido com fins educacionais como, por exemplo, a série *MindWorks* contendo oito vídeos envolvendo os trabalhos de *Galileo*, na cinemática; de *Duchaltelet* e Voltaire, na dinâmica; do Conde Rumford, na termodinâmica; de Curie e Huggins sobre átomos e matéria; entre outros.

A História da ciência em livros didáticos como estratégia de ensino, procura analisar os conteúdos de história da ciência veiculados nos livros didáticos, com o objetivo de auxiliar o professor a identificar os conceitos de história da ciência e, possíveis visões deformadas<sup>8</sup> da

---

<sup>8</sup> Visões deformadas da natureza da ciência são as concepções ingênuas da ciência tais como: indutivista e ateórica, aproblemática e a histórica, acumulativa de crescimento linear, individualista e elitista da ciência, socialmente neutra, dentre outras ( vide: Gil Pérez *et al*, 2001; Fernandez *et al*, 2002 e Lederman, 1992, 2006).

natureza da ciência presentes nesses livros didáticos. Quando os cientistas são mencionados nos livros didáticos “[...] suas contribuições estão limitadas a poucas frases, talvez uma figura, e às datas de nascimento e morte” (MCCOMAS, 2013, p.439).

É importante observar que essas estratégias não constituem divisões estanques, elas se complementam umas com outras. Por exemplo, pode-se utilizar na 2ª fase do estudo de caso experimentos históricos, fontes originais, dramatização ou até mesmo conteúdos de história da ciência presentes em livros didáticos.

Após a descrição da trajetória da história da ciência e do ensino de ciências como objetos de pesquisas, faz-se necessário apresentar um levantamento de cunho bibliográfico, com o objetivo de compreender as implicações didáticas da história da ciência no ensino de física.

## 2.3 - Revisão de literatura

### 2.3.1- A seleção dos artigos

Para uma melhor compreensão da história da ciência no ensino de ciências, especificamente no ensino de física, delineamos alguns caminhos já trilhados na literatura sobre o tema nos seguintes periódicos: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Revista Ciência e Educação (C&E), Revista Eletrônica Enseñanza de las ciencias (REEC), Revista Experiências em Ensino de Ciências (EENCI), Revista investigações em Ensino de Ciências (IENCI), Revista Science & Education (S&E). A consulta aos periódicos supracitados foi realizada no período compreendido entre janeiro de 2010 e abril de 2015.

O critério para escolha das revistas baseou-se na classificação igual ou superior ao conceito B2 (ou seja, revistas avaliadas com os conceitos A1, A2, B1 e B2) do *qualis capes* (comitês de ensino ou interdisciplinar) e, que continham trabalhos relacionados à história da física no ensino e, ainda com disponibilidade na plataforma virtual CAFE (Comunidade Acadêmica Federada). Tal revisão não teve a pretensão de ser completa ou abrangente: apenas teve o objetivo de balizar a escolha de artigos que estejam efetivamente disseminados no contexto do ensino de física.

### 2.3.2 - Resultados da análise do 1º conjunto de artigos.

#### 2.3.2.1- A técnica para analisar o 1º conjunto de artigos.

Para analisar o 1º conjunto de artigos dessa revisão, utilizamos a técnica de análise de conteúdo, definida por Bardin (2011) como: “Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores, quantitativos ou não que permitem a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens” (BARDIN, 2011, p.44)

Segundo a autora, a análise de conteúdos é constituída de três fases: 1) A pré análise; 2) exploração do material, 3)tratamento dos resultados, as inferências e a interpretação.

A pré-análise é a fase de organização do material, que pode utilizar vários procedimentos, tais como: leitura flutuante (estabelecer contato com os documentos: no nosso caso, leitura dos artigos e decisão sobre quais deles estão de acordo com os objetivos do trabalho); codificação (estabelecer um código que possibilite identificar rapidamente cada elemento da amostra, de depoimentos ou documentos a serem analisados: no nosso caso, foram criadas e codificadas fichas de leitura com parágrafos extraídos dos artigos).

Na exploração do material os dados são codificados a partir das unidades de registro entendida como o elemento unitário de conteúdo a ser submetido posteriormente à classificação. Toda categorização ou classificação necessita definir o elemento ou indivíduo unitário a ser classificado (MORAES, 1999). No nosso trabalho as unidades de registro são os trechos extraídos dos artigos. Para Bardin (2011): A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, aos quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos (BARDIN, 2011, p.147). A categorização pode ser definida a priori (sugerida pelo quadro teórico) ou a posteriori (que aparecem após a análise do material). No nosso caso, as categorias referentes ao primeiro conjunto de artigos foram definidas a posteriori, uma vez que elas emergiram a partir das unidades de registro. A terceira etapa consiste no tratamento dos resultados, as inferências e a interpretação dos resultados. Sobre essa fase, Bardin comenta que: “Os resultados em bruto são tratados de maneira a serem significativos (falantes) e válidos. Operações estatísticas simples (percentagem), ou mais complexas (análise fatorial), permitem estabelecer quadros de resultados, diagramas, figuras e modelos, os quais condensam e põem em relevo as informações fornecidas pela análise [...]. O analista tendo a sua disposição resultados

significativos e fiéis, pode então propor inferências e adiantar interpretações a propósito dos objetivos previstos, ou que digam respeito a outras descobertas inesperadas” (BARDIN, 2011, p.131).

2.3.2.2- Resultados da revisão de literatura obtidos com a técnica da análise de conteúdo. Observe a tabela abaixo:

Tabela1: Número de artigos sobre história da ciência que buscam aproximar os trabalhos dos pesquisadores em história da ciência com os professores de ciências.

<b>Periódicos</b>	<b>Total de artigos disponibilizados entre jan 2010 e abril de 2015</b>	<b>Número de artigos que buscam aproximar os trabalhos dos pesquisadores em historiadores da ciência com os professores de ciências.</b>	<b>Porcentagem dos artigos que mostram aproximação entre os pesquisadores em história da ciência e os professores de ciências em relação ao número total de artigos disponibilizados nos periódicos</b>
CBEF	193	4	2,1%
RBEF	411	1	0,2%
C&E	285	3	1,1%
REEC	146	1	0,7%
EENCI	158	0	0%
IENCI	130	1	0,8%
S & E	524	12	2,3%
Total	1847	22	1,2%

Nota-se que vinte e dois artigos procuram estabelecer relações entre os trabalhos pesquisadores em historiadores da ciência e os professores de ciências, isto corresponde a 1,2% do total de periódicos disponíveis nas revistas. Tal porcentagem é muito pequena, o que pode sugerir um campo aberto para futuras pesquisas que buscam a interface entre a história da ciência e o ensino. Os trabalhos encontrados nessa revisão abordam subsídios teóricos para que a intervenção docente na sala de aula seja mais consciente. Os artigos que apresentam essa visão são: ABD-EL-KHALICK, 2013; ALONSO *et al*, 2013; BOAS *et al*, 2013; CHINELLI *et al*, 2010; CLOUGH, 2011; DRUMMOND *et al* 2015; DUSCHL e GRANDY, 2013; FORATO *et al*, 2011; FORATO *et al*, 2012; GARAY, 2011; GATTI *et al*, 2010; IRZIK e NOLA, 2011; KANDERAKIS, 2010; KLASSEN, 2010; MASSONI e MOREIRA, 2014; MAURINES E BEAUFILS, 2013; MORAIS e GUERRA, 2013; PEREIRA e MARTINS, 2011; RAMOS, 2012; SEKER e GUNEY, 2012; STUCKER *et al*, 2015 e TEIXEIRA *et al*, 2012.

Após a leitura desses artigos (pré análise- leitura flutuante) criamos fichas de leitura que corresponde à transcrição literal de alguns excertos dos trabalhos. Essas fichas de leitura foram codificadas e nomeadas, dando origem às unidades de registro (pré análise-codificação). Assim o código ERa01. 12 significa a décima segunda ficha do primeiro autor selecionado por mim (ER, iniciais de Edmundo Rodrigues). Essa unidade de registro recebeu um título:

- ERa01. 12- Forma de incorporar a HFC na educação científica. Sua transcrição literal é apresentada a seguir:

Seria interessante se o professor pudesse confrontar diferentes versões históricas, produzidas pela comunidade de especialistas com as narrativas ingênuas ou tendenciosas presentes, em geral, no ambiente educacional ou mesmo na divulgação científica, auxiliando o aluno a desenvolver uma visão crítica dos processos de construção da ciência. É necessário desenvolver ações que preparem o professor para esse desafio, baseadas em pesquisas que tragam fundamentação teórica para inserir tais conhecimentos na formação de professores. Quando se pensa na construção dos saberes escolares, não basta considerar apenas os aspectos intrínsecos aos saberes especializados, mas deve-se respeitar, do mesmo modo, o compromisso com a dimensão didática intrínseca aos processos de ensino e aprendizagem (FORATO *et al*, 2011, p.39-40)

Em seguida procedemos a reconstrução dessa ficha de leitura parafraseando os autores e/ou inserindo alguns comentários pessoais ao texto. Foi estabelecido um novo código e um novo título para a nova unidade de registro. Assim o código ERa01.12.ER01 significa a primeira reconstrução feita por ER, da décima segunda ficha, do primeiro autor selecionado por ER. Essa reconstrução é apresentada a seguir:

- ERa01.12.ER01- a incorporação correta da HFC no ensino.

O professor deve adotar uma postura dialógica entre o conhecimento originado dos historiadores da ciência e as concepções ingênuas presentes no ambiente escolar, com o objetivo de fornecer ao discente um olhar crítico em relação à natureza da ciência. Para isso é importante nutrir o discente de aportes teóricos para que a aplicação na sala de aula seja mais consciente e, possa de fato melhorar a aprendizagem do aluno (arquivo pessoal, 2013)

Com o objetivo de compreender melhor os excertos extraídos do texto, podem- se fazer quantas reconstruções o pesquisador achar conveniente. Assim, por exemplo, o código ERa01.12.ER02, significa a segunda reconstrução feita por ER, da décima segunda ficha do primeiro autor selecionado por ER. Para essa transcrição apresentada não houve necessidade da segunda reconstrução porque conseguimos extrair a ideia central do excerto na primeira leitura.

Após a reconstrução dessas unidades de registro, elas foram agrupadas por assunto ou por temas em duas unidades de significado mais amplas (exploração do material - categorização). As unidades obtidas se referem: a) à aproximação entre história e o ensino de história da ciência e b) às visões adequadas da natureza da ciência e a evolução dos conceitos científicos.

Esses dois grupos de unidades originaram a categoria “A aproximação entre os trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores de história da ciência e as atividades docentes, para a compreensão da natureza da ciência e a evolução dos conceitos de física”

Para facilitar a análise desse conjunto de artigos, foram criadas três subcategorias.

A subcategoria 1 reúne artigos sobre tópicos da historiografia da da ciência nos materiais didáticos- contém informações relevantes que ajudam o docente a identificar bons materiais de historia da ciência para que a intervenção na sala de aula seja mais eficaz. Pertencem a essa subcategoria os trabalhos de (ALONSO, *et al*, 2013; FORATO *et al*, 2011 KANDERAKIS, 2010).

A subcategoria 2 reúne os artigos que analisam a organização curricular de cursos de física, bem como o seu projeto pedagógico, e as aulas de professores de física. Tais pesquisas buscam elementos de história e filosofia da ciência nos documentos supracitados e na práxis docente como forma de contribuir para um entendimento do cenário educacional em que os professores de física estão inseridos, facilitando assim a inserção da história da ciência nas aulas de física, de forma mais consciente. Pertencem a essa subcategoria os trabalhos de: (CHINELLI *et al*, 2010; CLOUGH, 2011; MAURINES e BEAUFILS, 2013; MASSONI e MOREIRA, 2014); MORAES e GUERRA, 2013; PEREIRA e MARTINS, 2011 e SEKER E GUNEY, 2012)

A subcategoria 3 reúne os artigos que se referem às orientações gerais para o ensino de história da ciência: (vide: ABD-EL-KHALICK , 2013; ALONSO, *et al*, 2013; DUSCHL e GRANDY 2013; DRUMMOND *et al* 2015; FORATO *et al* 2011; FORATO *et al*, 2012; GARAY (2011); GATTI *et al*, 2010; KLASSEN, 2010; STUCKEY *et al* 2015) e artigos de de revisão de literatura sobre o ensino de história da ciência: ( vide: BOAS *et al*, 2013; RAMOS, 2012 e TEIXEIRA, 2012)

Essas diretrizes podem auxiliar o docente na elaboração do seu planejamento de ensino.

A partir dessas subcategorias produziu-se a análise dos artigos que consistiu no tratamento dos resultados, nas inferências e a interpretação dos resultados do pesquisador sobre os pontos principais abordados nos artigos que contribuíram para o aparecimento da categoria “A aproximação entre os trabalhos desenvolvidos pelos pesquisadores de história da ciência e as atividades docentes, para a compreensão da natureza da ciência e a evolução dos conceitos de

física.” A seguir será apresentado o texto correspondente à análise do 1º conjunto de artigos sobre os trabalhos: a) relacionados à historiografia da história da ciência nos materiais didáticos (subcategoria 1), b) que mostram a organização do currículo de física bem como seu projeto pedagógico e a análise da aula de professores de física (subcategoria 2) e b) sobre as orientações gerais para o ensino de história da ciência (subcategoria 3).

Entende-se que os artigos pertencentes a essas subcategorias auxiliam o entrelaçamento entre as pesquisas científicas de história da ciência no ensino e a *práxis* dos professores.

2.3.2.2.1- Subcategoria 1: pesquisas sobre a historiografia da ciência nos materiais didáticos.

A apresentação de tópicos historiografia da historia da ciência nos materiais didáticos é fundamental para que os professores possam selecionar materiais adequados de história da ciência para a modalidade de ensino que leciona. Entende-se por materiais adequados são aqueles que evitam transmitir a história da ciência como anedotas, chamados de mitos anódinos (ALONSO *et al*, 2013; GRAVOUGLU, 2007, p.17); evitam a difusão do anacronismo, ou seja, olhar para o passado pensando no que hoje é aceito (FERREIRA e MARTINS, 2008); evitam transmitir as visões deformadas do trabalho científico elencadas por Gil Pérez *et al* (2001) como: a) visão empírico- indutivista entendida como uma concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas); b) visão rígida no qual se mostra “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente; c) visão aproblemática e ahistórica, que transmitem os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc., e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem; d) visão exclusivamente analítica, que destaca a necessária divisão parcelar dos estudos, o seu caráter limitado, simplificador; e) visão acumulativa de crescimento linear dos conhecimentos científicos no qual o desenvolvimento científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo; f) visão individualista e elitista da ciência. Os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo; g) socialmente neutra da ciência que ignorada as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS) e proporcionam uma imagem deformada dos cientistas como pessoas fechadas em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções.

O estudo de alguns tópicos da historiografia pode auxiliar o professor a identificar essas visões equivocadas da história da ciência tanto no âmbito da mídia como nos livros didáticos propiciando ao leitor um olhar crítico da história da ciência:

Assim, defende-se que conhecer alguns pressupostos básicos da historiografia pode auxiliar nos usos da HFC no ensino de ciência, contribuindo para uma leitura mais crítica das versões históricas presentes no ensino de ciências (FORATO, *et al* 2011)

Fernandes e Porto (2012), utilizando um instrumento proposto por Leite (2002) utilizam algumas categorias para analisar os conteúdos de história da ciência em livros didáticos de química, escritos para cursos superiores. Tais categorias ou “dimensões de análise” estão relacionadas ao tipo e organização da informação histórica; materiais utilizados para apresentar a informação histórica; contextos aos quais a informação histórica é relacionada; estatuto do conteúdo histórico; atividades de aprendizagem que abrangem a história da ciência; consistência interna do livro (no que se refere à informação histórica); bibliografia em história da ciência e, exatidão e precisão da informação histórica.

Os resultados encontrados pelos autores mostram que os livros analisados representam diferentes tendências da inclusão da história da ciência no ensino de química. Enquanto os livros dos autores Kotz e Treichel<sup>9</sup> e Atkins e Jones<sup>10</sup> tratam a história mais como curiosidade e ilustração. Os livros dos autores Garritz e Chamizo<sup>11</sup> adotam a abordagem histórica como um dos eixos na organização do livro, discutindo episódios e ideias com maior profundidade.

Voltando às categorias ou “dimensões de análise”, Fernandes e Porto (2012) descrevem as características da primeira dimensão de análise:

[...] se refere ao “Tipo e organização da informação histórica”, e se divide em subdimensões: a primeira diz respeito à dimensão humana dos personagens que fazem a ciência (“Personagens”); a segunda se refere ao processo de transformação da ciência ao longo do tempo (“Evolução da ciência”). Cada uma delas, por sua vez, se divide em categorias. Conforme esclarece Leite, essas categorias foram propostas a partir de fontes em história da ciência, estudo de concepções a respeito da história da ciência e de estudos anteriores sobre como a história da ciência costuma aparecer em livros didáticos. No que diz respeito à “Evolução da ciência”, tenta-se caracterizar como é descrito o processo de transformação das ideias científicas (“Tipo de evolução”) e, também, a quem se atribui a responsabilidade por protagonizar esse processo (“Responsável”). Assim, na subdivisão “Tipo de evolução” aparecem cinco categorias. Na primeira, “Menção”, a abordagem é superficial, não havendo discussão da descoberta ou ideia científica. Na segunda, caracteriza-se que o livro se limita a uma “Descrição” da descoberta ou ideia, sem relacioná-la a outras ideias em uma perspectiva de transformação histórica. Quando ideias que se sucederam historicamente são mencionadas ou descritas em um mesmo

<sup>9</sup> KOTZ, J. C.; TREICHEL, P.; **Química e Reações Químicas**, Bonapace, J. A.

<sup>10</sup> ATKINS, P. W.; JONES, L.; **Princípios de Química, Caracelli, I. et alii**; trads.; Bookman: Porto Alegre, 1999.

<sup>11</sup> GARRITZ-RUIZ, A.; CHAMIZO, J. A.; **Química**, Pearson: São Paulo, 2000.

trecho, mas nenhuma relação entre elas é explicitada, caracteriza-se a categoria “Períodos discretos”. Se a sucessão de ideias sugere apenas que uma levou à outra, tem-se a “Evolução linear”. Finalmente, se a transformação das ideias for associada a debates, contradições e controvérsias, considerou-se como uma ocorrência de “Evolução real” (FERNANDES e PORTO, 2012, p.421).

Utilizando a primeira dimensão (“tipo e organização da informação histórica”) em excertos de um material didático impresso para a modalidade do ensino a distância (vide: Rodrigues Junior *et al*, 2012), encontramos um trecho da obra de Galileu “Diálogos entre Duas Novas Ciências” que evidencia simultaneamente a evolução real e a evolução linear do conhecimento científico

“em 1632 saiu a publicação que em sínteses era um diálogo entre três amigos: Salviati, Sagredo e Simplicio. O primeiro era o porta voz de Galileu, o segundo era um amigo neutro que terminava concordando com as razões de Salviati, e o terceiro representava ao filósofo aristotélico medieval e retrogrado (TORÍBIO, 2012 p.37)”.

Um dos assuntos discutidos nesse diálogo era uma comparação entre o sistema ptolomaico e copernicano. O primeiro se apoiava nas ideias de Aristóteles e era representado pelo personagem Simplicio. O segundo estava condizente com as ideias de Galileu e era representado pelo personagem Salviati. Uma análise superficial desse diálogo nos revela uma pista da presença da evolução real da ciência, pois nos é apresentada uma imagem de uma ciência construída através de controvérsias. Todavia, uma análise mais profícua nos indica também evidências da evolução linear do conhecimento científico, pois a simples revelação que Simplicio era um filósofo aristotélico medieval e retrogrado, pode induzir no aluno uma visão de que as ideias de Aristóteles são ruins, reforçando dessa forma que as concepções de Galileu superaram definitivamente as ideias de Aristóteles, revelando assim que a história da ciência é apenas uma sucessão de ideias ou eventos. Segundo Dewitt (2005), os pressupostos de Aristóteles estão presentes nas evidências diretas de observação, porque não percebemos o movimento da Terra e nem sentimos, por exemplo, o vento colidindo com a nossa face. Na verdade, quando você olha pela janela, percebe a Terra como se ela fosse estacionária. Assim, entendo que o modelo de Aristóteles se aproxima das explicações do senso comum.

Acreditamos que essa informação seja relevante também para o professor e para o aluno porque ambos podem compreender que as teorias científicas não são aceitas de forma imediata, estando, portanto, associada a debates internos e externos, revelando assim suas controvérsias.

Entendemos também que a abordagem da historiografia da ciência na sala de aula deve promover a reflexão sobre o contexto histórico e científico do período. Por exemplo, a

fórmula do trabalho mecânico (força vezes deslocamento), somente foi concebida como grandeza autônoma da mecânica, a partir da convergência de estudos teóricos e práticos no ensino técnico superior francês no século XIX (KANDERAKIS, 2010). Segundo o autor essa informação não está veiculada nos livros didáticos.

Alonso *et al* (2013) oferece uma lista de materiais com temas para se trabalhar a natureza da ciência e tecnológica na sala de aula. Segundo o autor os materiais apresentados ajudam na compreensão da alfabetização científica e tecnológica para cada nível de ensino.

2.3.2.2.2- Subcategoria 2: pesquisas sobre a análise da organização curricular, do projeto político pedagógico e aulas de professores de física.

O artigo escrito por Pereira e Martins (2011) compara a história da ciência na licenciatura em física e química da UFRN através da análise do projeto político pedagógico da instituição, do programa e dos demais materiais utilizados na disciplina. Utiliza-se como instrumento de análise a observação das aulas e, em seguida, uma entrevista com os professores responsáveis por elas. Os resultados desse último trabalho apontam que o curso de Licenciatura em física da UFRN se preocupa mais com os aspectos externalistas, enquanto que o curso de Licenciatura em química da UFRN enfatiza a evolução dos conceitos de física. A metodologia das aulas envolve o debate em sala de aula, uso de textos e de provas escritas. Os dois professores de história da ciência da UFRN, tanto o de física, quanto o de química não possuem formação específica na área. Assim, a inclusão da disciplina no currículo fica apenas na dependência de um professor que se interessa por ela. Porém é importante salientar que foi esse interesse dos professores que possibilitou a expansão dessa disciplina na maioria das universidades brasileiras:

Sobre os professores-formadores, constatamos que ambos não possuem formação específica em história e/ou filosofia da ciência, embora lecionem a disciplina há bastante tempo, o que indica que eles possuem bastante experiência na área. Tal fato constitui-se como um dos desafios à inclusão da disciplina na formação de professores de ciências. Isto porque a introdução da disciplina no currículo, muitas vezes, fica na dependência de um professor que se interesse pela área. Se, por um lado, essa tem sido a tradição na maioria das universidades brasileiras, o que, historicamente, garantiu a oferta de tais disciplinas, por outro lado, revela certa fragilidade dos currículos (PEREIRA e MARTINS, 2011)

Já Chinelli *et al* (2011) ; Massoni e Moreira (2014) e Maurines e Beaufils (2013) apresentam uma pesquisa que procurou identificar as concepções epistemológicas dos professores acopladas a suas *práxis*.

Massoni e Moreira (2014) observaram várias aulas de três professores de física do ensino médio em 2007 e 2008: um professor de escola particular, outro de escola militar e outro de escola estadual. O resultado da pesquisa mostrou que as aulas de física dos três professores pouco abordaram aspectos da natureza da ciência. Quando isso aconteceu os professores não conseguiram explicar tais aspectos de forma explícita e confiável, gerando muitas vezes ansiedade nos alunos. A solução apresentada pelos autores é o investimento na formação inicial e continuada dos professores de física para superar essa lacuna.

O resultado das pesquisas de Chinelli *et al* (2011) e Maurines e Beaufiles (2013) mostraram que existem necessidade de incorporação da história da ciência nos cursos de formação de professores e uma abordagem sociocultural da história da ciência nos currículos.

Essa abordagem sociocultural, dentre outras, está presente no trabalho de Seker e Guney (2011) que analisa alguns materiais históricos e propõe um alinhamento entre os conteúdos da história da ciência e o currículo de física da Turquia. Para isso ele propõe um modelo didático formado pelos níveis de interesse, sociocultural, epistemológico e conceitual.

O nível de interesse traz informações sobre a vida dos cientistas e propõe dois objetivos educacionais: humanizar as ciências e capturar o interesse do aluno para a lição de ciências. Devem-se levar para o aluno histórias curtas sobre a vida pessoal dos cientistas sem estabelecer conexões com o conteúdo da ciência ou sobre a natureza da ciência. Por exemplo, dizer ao estudante que Newton morou na casa da sua avó quando o seu pai morreu e a sua mãe o abandonou para se casar novamente.

O nível sociocultural abrange informações sobre como a ciência interage com a sociedade. Nessa abordagem a sociedade é vista como uma sociedade científica formal e informal. Os objetivos educacionais desse nível são para melhorar as atitudes dos estudantes em relação à ciência e humanizar a ciência, demonstrando que o conhecimento científico não é um produto de uma mente individual, mas o produto de uma sociedade.

O nível epistemológico abrange maneiras de fazer ciência e da natureza da ciência. Os principais objetivos educacionais deste nível consistem em mostrar que não existe uma única maneira de fazer ciência e, introduzir alguns conceitos de processos científicos, como experimentos controlados, o uso da matemática e modelagem, bem como o papel de inferências baseadas em evidências.

O nível conceitual abrange o domínio cognitivo referindo como aprender os conceitos. Os objetivos educacionais deste nível se destinam a auxiliar os alunos na compreensão dos conceitos científicos e seu desenvolvimento ao longo da história da ciência. Entendo que, com

esta informação histórica, os alunos podem perceber pontos convergentes e divergentes entre suas concepções espontâneas e as ideias concebidas pelos cientistas.

O autor alerta que o nível sociocultural é mais difícil para implementar na sala de aula porque as diferenças de cultura entre os cientistas e os estudantes podem ser um obstáculo para a adequação dos materiais históricos ao currículo. Devido o caráter secular<sup>12</sup> do ensino turco, o estudante desse país pode deixar de compreender o embate entre Galileu e a Igreja Católica.

Clough (2011) apresenta trinta pequenas histórias com o objetivo de auxiliar o professor a ensinar para o ensino superior conteúdos de biologia, química, geologia e física. Esses conteúdos estão entrelaçados com aspectos da natureza da ciência, por exemplo, a idealização e a importância da teoria no movimento do pêndulo simples. Moraes e Guerra (2013) mostraram uma pesquisa que norteou a construção, aplicação e avaliação de um projeto pedagógico, cujo objetivo era trazer ao ensino de energia, para alunos de física de primeira série do Ensino Médio, discussões de física moderna. Os resultados da pesquisa mostram que o uso da história e filosófica da ciência como fio condutor do projeto pedagógico possibilitou trazer para a sala de aula discussões sobre o conceito de energia e aspectos da natureza da ciência.

#### 2.3.2.2.3-Subcategoria 3: Orientações para o ensino de história da ciência e informações obtidas nos artigos de revisão de literatura.

O terceiro fator apontado nessa revisão que contribui para a aproximação entre os trabalhos dos pesquisadores em história da ciência e os professores, refere-se às orientações para o ensino de história da ciência e informações obtidas nos artigos de revisão de literatura sobre a história da ciência no ensino de física.

#### *Orientações para o ensino de história da ciência*

Abd-El-Khalick (2013); Alonso, *et al* (2013); Duschl e Grandy (2013); Drummond *et al* 2015; Forato *et al* (2011); Forato *et al*, (2012); Garay (2011); Gatti *et al*, (2010); Klassen

---

<sup>12</sup>O secularismo é o conceito que se refere a distinção entre as organizações do governo e os encarregados para representar o Estado a partir de organizações religiosas. Pode se dizer que o secularismo defende o exercício de uma função ou aprendizado sem vínculo com um ensinamento religioso, como uma isenção da imposição do governo de uma religião sobre a população, desde que seja uma comunidade neutra em relação à crenças religiosas. Ou seja, o secularismo diz respeito às decisões sociais, sobretudo políticas, que agem de forma imparcial em relação à influência religiosa. Em <<http://www.infoescola.com/religiao/secularismo/>>, acesso em 10 jun 2014.

(2010) e Stuckey *et al* (2015) apresentam algumas orientações para o ensino da história da ciência, que podem auxiliar o docente na elaboração do seu planejamento de ensino.

### **As orientações de Duschl e Grandy**

Duschl e Grandy (2013) apresentam duas versões de abordagem da natureza da ciência para a aplicação na sala de aula. Na primeira o professor aplica aos alunos alguns tópicos da natureza da ciência obtidos através de uma visão consenso entre os filósofos da ciência. Essa visão consensual é baseada, principalmente, em oito documentos oficiais de educação científica, cuja análise levou à criação dos chamados *NOS tenets* ou, princípios sobre a NDC (MARTINS e RYDER, 2014). Essa lista de princípios contém afirmações curtas, diretas e de caráter geral sobre a ciência. Veja a seguir alguns exemplos desses princípios descritos por LEDERMAN, et al, 2002; MCCOMAS; ALMAZROA; CLOUGH, 1998, p. 513.

- O conhecimento científico, enquanto durável, tem caráter provisório;
- O conhecimento científico se apóia fortemente, mas não inteiramente, em observações, evidências experimentais, argumentos racionais e no ceticismo;
- Não há uma forma única de fazer ciência (então, não há um método científico universal passo a passo);
- A ciência é uma tentativa de explicar fenômenos naturais;
- Leis e teorias exercem diferentes papéis na ciência. Teorias não se tornam leis mesmo com evidências adicionais;
- Pessoas de todas as culturas contribuem para a ciência;
- Novos conhecimentos devem ser relatados clara e abertamente;
- Observações são dependentes da teoria;
- Os cientistas são criativos;
- A História da Ciência revela tanto um caráter evolucionário quanto revolucionário;
- A ciência é parte das tradições culturais e sociais
- As idéias científicas são afetadas pelo contexto social e histórico.

Alguns autores criticam essa lista de princípios como Irzik and Nola (2011) e Mathews (2012) e Martins e Ryder (2014)

Irzik e Nola (2011) argumentam que os itens elencados do consenso são muito gerais e, parecem estanques no tempo o que contraria a evolução da ciência dando aos alunos a impressão de que a ciência não tem história e não há espaço para a mudança em sua natureza. A segunda crítica apresentada é em relação à pluralidade dos métodos. Por exemplo, não há qualquer menção dos objetivos da ciência ou regras metodológicas da ciência. A questão da metodologia parece ser negligenciada completamente porque de acordo com a visão consensual, não existe um método único para se fazer ciência. Os autores argumentam que, embora seja verdade que não existe nenhum método científico único, no sentido de um processo mecânico que determina o conhecimento passo a passo da produção, existem metodologias gerais tais como o método hipotético-dedutivo e as regras metodológicas, tais como aqueles que nos dizem para evitar fazer suposições apenas com a finalidade de salvar as teorias da refutação. Além disso, a visão consensual exclui a investigação científica tais como a coleta de dados, classificação, análise, experimentação e inferências realizadas no trabalho científico, desconsiderando segundo Martins e Ryder (2014) as particularidades das diversas ciências.

Matthews (2012) sugere mudar a terminologia “Natureza da Ciência” (NDC) para “Características da Ciência” (CDC). Ele propõe também uma mudança no foco de pesquisa para uma mudança mais contextual e heterogênea para evitar algumas armadilhas filosóficas e educacionais relacionadas com as pesquisas em Natureza da Ciência tais como: a) a apresentação confusa de um conjunto de aspectos epistemológicos, sociológicos, éticos, comerciais e psicológicos, reunidos em uma única lista b) a suposição de que a aprendizagem da natureza da ciência pode ser alcançada pela capacidade dos alunos em identificar um determinado número de princípios sobre a Natureza da Ciência.

Para Martins e Ryder (2014) alguns dos princípios da visão consensual parecem ser problemáticos como “os cientistas são criativos”, “as observações dependem da teoria”.

Segundo os autores a criatividade dos cientistas não pode ser tomada apenas no período de revolução da ciência, na perspectiva Kuhniana. Existem momentos de criatividade também nos períodos da “ciência normal”. Os autores concordam que as “observações são dependentes da teoria”, porém, eles alertam que esse princípio não pode ser confundido com a idéia de que a ciência tem um “elemento subjetivo” porque “o conhecimento é socialmente partilhado e construído coletivamente num processo de diálogo e, portanto, intersubjetivo” (MARTINS e RYDER, 2014).

A segunda orientação apresentada por Duschl e Grandy (2013) consiste em abordar a natureza da ciência de maneira contextualizada com os episódios históricos.

Os autores argumentam que a 2ª versão é melhor para o aprendizado porque os alunos têm a oportunidade de conhecer, de maneira explícita e reflexiva, as nuances dos trabalhos dos cientistas.

### As orientações de Klassen (2010) e Drummond (2015)

Klassen (2010) propõe uma orientação para construir narrativas históricas da ciência que ajudam o aluno na elaboração das hipóteses e explicações dos conceitos científicos.

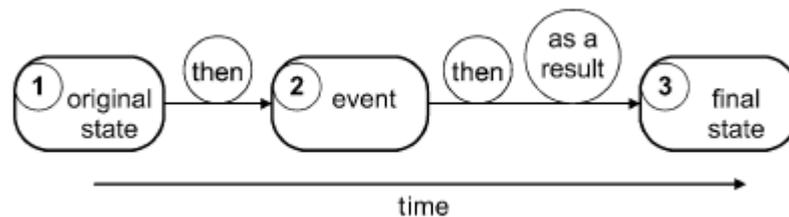


Fig. 1: sequência de narrativa histórica segundo Klassen (2010)

Nesse exemplo, a construção de narrativas em que os estados iniciais e finais apresentam uma relação inversa. O autor fornece um exemplo de narrativa histórica, construída de acordo com a fig. 1:

Ohm compreendeu a teoria matemática do calor, então, por analogia, ele aplicou a teoria para a eletricidade, e então, como resultado ohm compreendeu a teoria da resistência elétrica (KLASSEN, 2010).

Outro exemplo, os estados iniciais e finais podem ser relacionados por uma transformação simples:

“Ohm estava convencido de que sua expressão matemática para a resistência foi correta, em seguida, ele recebeu a medalha britânica Copley<sup>13</sup>, e então, como resultado, muitos cientistas alemães também estavam convencidos de que sua expressão matemática para a resistência foi correta (KLASSEN, 2010)”.

As orientações da figura 1 e, os exemplos supracitados, permitem que o aluno entenda a ciência como uma construção racional. Segundo Forato *et al* (2011) essa construção racional valoriza a importância das observações, das hipóteses e das experiências para a construção do conhecimento científico, porém, deve-se evitar perpetuar a visão neutra da ciência e a visão empírico- indutivista.

<sup>13</sup> Medalha Copley é um prêmio no domínio das ciências. É a medalha de maior prestígio atribuída pela Royal Society e, também, a mais antiga. Foi concebida pela primeira vez em 1731. Fonte: [http://pt.goldenmap.com/Medalha\\_Copley](http://pt.goldenmap.com/Medalha_Copley). Acesso em 15 de jun 2014.

Ainda em relação às narrativas, Drummond *et al* 2015 apresenta um conjunto de narrativas históricas sobre o tema gravidade tendo como audiência-alvo alunos do Ensino Médio. A partir dessa narrativa os autores propõem dirimir visões equivocadas da natureza da ciência. Apresenta potencialidades e limitações das narrativas e defendem a utilização flexível na sala de aula, respeitando os contextos educacionais. Para os autores as narrativas podem ser incorporadas na sala de aula para se contrapor a um ensino tradicional vigente nas escolas brasileiras e galgar gradativamente para um ensino mais investigativo.

### **As orientações de Abd-el-khalick.**

Abd-El-Khalick (2013) propõe orientações para os professores ensinarem sobre a natureza da ciência e com a natureza da ciência. Antes da proposta do modelo, porém, o autor explica que ensinar sobre a natureza da ciência é conduzir os alunos e professores a desenvolverem entendimentos descontextualizados sobre a natureza da ciência explicados através da lista de consenso, apresentada no parágrafo anterior. Assim, o modelo para ensinar sobre a natureza da ciência corrobora com a primeira versão da abordagem da natureza da ciência descrita por Duschl e Grandy (2013) no qual o professor aplica aos alunos alguns tópicos da natureza da ciência obtidos através do consenso entre os filósofos da ciência. Segundo Abd-El-Khalick (2013) o envolvimento somente com essa investigação, embora necessária, não é suficiente para alcançar a aprendizagem. Abd-El-Khalick (2013) diz que ensinar com a natureza da ciência envolve ensinar de maneira contextualizada. Essa abordagem pode acontecer em ambientes de aprendizagem dinâmicos com a participação ativa do aluno, com o objetivo de compreender os pormenores do trabalho científico. Entendo, nesse sentido que o uso de episódios históricos permite ao aluno obter um retrato mais fiel do trabalho científico, levando-o a compreender, de maneira contextualizada e reflexiva, os entendimentos epistemológicos sobre a geração e validação do conhecimento científico.

As orientações apresentadas por Abd-El-Khalick (2013) envolve uma sequencia de três domínios de conhecimentos desejáveis dos professores para eles explicarem a natureza do conhecimento científico. O primeiro refere-se ao entendimento de conteúdo científico, adquiridos através do aprendizado de uma ou mais disciplinas. O segundo domínio pode ser pensado como um conjunto de entendimentos pedagógicos e habilidades para promover um ensino investigativo para apreciar, avaliar e monitorar as mudanças das concepções da natureza da ciência adquiridas pelo alunono ambiente escolar. Abd-El-Khalick (2013) cita a

pesquisa de Wahbeh (2009) no qual constatou que os professores que valorizaram o conhecimento prévio dos alunos antes da sua aprendizagem científica, foram mais eficazes no ensino de aspectos relacionados à natureza da ciência, porque eles assumem um papel ativo na avaliação e acompanhamento da evolução (ou falta dele) do estudante em relação aos entendimentos dos aspectos da natureza da ciência que eles ensinaram.

O terceiro domínio refere-se ao entendimento dos aspectos relacionados à natureza da ciência para o ensino com a natureza da ciência e sobre a natureza da ciência Abd-El-Khalick (2013) afirma que o professor deve se apropriar dos conhecimentos das características da natureza da ciência advindas diretamente do consenso entre os filósofos da ciência ou, obtê-los através de forma contextualizada com os episódios históricos.

### **As orientações de Stuckey *et al* ( 2015)**

Stuckey *et al*, 2015, baseado no livro *Gênese e desenvolvimento de um fato científico* de Ludwik Fleck, escrito em 1935, explicam como acontece a influência social no conhecimento científico. Para os autores do artigo o círculo esotérico da ciência (formado pela comunidade científica) sofre influencia do círculo exotérico (formado pelas camadas populares). A crença na capacidade de desenvolvimento da ciência e nos valores do saber popular como certeza e simplicidade são de certa forma desejáveis pelo especialista (OLIVEIRA, 2011).

Segundo Stuckey *et al* (2015) as decisões que ocorrem no círculo exotérico da ciência como as decisões políticas e econômicas produzem um alto impacto nas pesquisas científicas. Ainda segundo os autores um exemplo dessa influência são as decisões governamentais sobre quais projetos de pesquisas terão financiamento.

Conhecer a influência dos aspectos sociais da ciência permite formar alunos críticos evitando que os mesmos concebam a visão de ciência neutra, livre de influências externas.

### **As orientações de Forato *et al* (2011), Forato *et al* (2012) e Gatti *et al* (2010).**

Forato *et al* (2011), Forato *et al* (2012) argumentam que a incorporação correta da HFC no ensino passa pela adoção de uma postura dialógica entre o conhecimento originado dos historiadores da ciência e/ou professores e as concepções ingênuas presentes no ambiente escolar, com o objetivo de fornecer ao discente um olhar crítico em relação à natureza da ciência.

Já Gatti (2010) realizou uma pesquisa com alunos da licenciatura para analisar a construção do conhecimento do futuro professor em relação ao tema da gravitacional universal. O trabalho desenvolvido mostrou evolução dos conceitos e da natureza da ciência do tema por parte dos licenciandos; porém, segundo a autora, esses resultados positivos não foram suficientes para uma mudança de postura dos licenciados em relação à prática tradicional. Segundo Gatti (2010) as disciplinas pedagógicas podem acontecer concomitantemente com os conteúdos científicos e que os cursos de licenciatura não devem ter o formato dos cursos de bacharelado.

### *Informações obtidas nos artigos de revisão de literatura da história da ciência no ensino de física*

Sobre os artigos que fazem uma revisão de literatura da história da ciência no ensino de física, verificou-se que os trabalhos de Teixeira *et al* (2012), Ramos (2012) e Boas *et al* (2013). Teixeira *et al* (2012) e Ramos (2012) elaboram uma revisão de literatura sobre a história da ciência no ensino em publicações internacionais e, Boas *et al* (2013), em publicações nacionais. Os resultados apresentados por Teixeira *et al* (2012) e Ramos (2012) indicam efeitos positivos na utilização didática da História e filosofia da ciência em relação à aprendizagem de conceitos de física, apesar de não haver consenso sobre isso. No entanto, a utilização da história e filosofia da ciência no ensino, mesmo ainda incipiente, parece promover uma visão adequada dos alunos em relação à sua compreensão da natureza da ciência (NOS). Segundo Teixeira *et al* (2012) a revisão encontrou resultados potencialmente favoráveis em relação às pesquisas que envolvem a qualidade da argumentação dos alunos, embora mais pesquisas nesta área parece necessário.

Já Boas *et al* (2013) mostraram, a partir de sua revisão que existe a necessidade do professor explicar na sala de aula as teorias consideradas “ultrapassadas” para o estabelecimento do pensamento divergente do aluno. Segundo ele, oferta de subsídios teóricos e metodológicos para explicar a natureza da ciência deve acontecer ainda nos cursos de formação de professores.

### **Reflexões sobre a revisão do 1º conjunto de artigos**

A escolha de materiais adequados ou o entendimento das diretrizes para ensinar história da ciência são essenciais para que a intervenção na sala de aula facilite, segundo

Forato *et al* (2011), a transposição didática consciente da história da ciência na sala de aula contribuindo para a melhoria da aprendizagem do aluno.

Todavia, não é aconselhável apropriar-se acriticamente dessas orientações. É necessário avaliar a coerência entre os conteúdos da história da ciência e os alunos para que o tema seja trabalhado de forma satisfatória.

Segundo Forato *et al* (2011) a teoria da relatividade pode-se mostrar inadequada conceitualmente para se trabalhar com determinado público embora possua ótima relevância do ponto de vista epistemológico.

Por outro lado trabalhar aspectos da história da ciência na idade média é muito complexo, pois requer domínios de outras disciplinas. Além dessa preocupação com o público é preciso oferecer ao professor estratégias de ensino para a intervenção efetiva na sala de aula (PEREIRA e MARTINS, 2011) e levantar obstáculos juntos aos professores e/ou alunos para aplicar tais estratégias FORATO *et al* (2012).

A figura 2 resume as etapas dessa revisão:

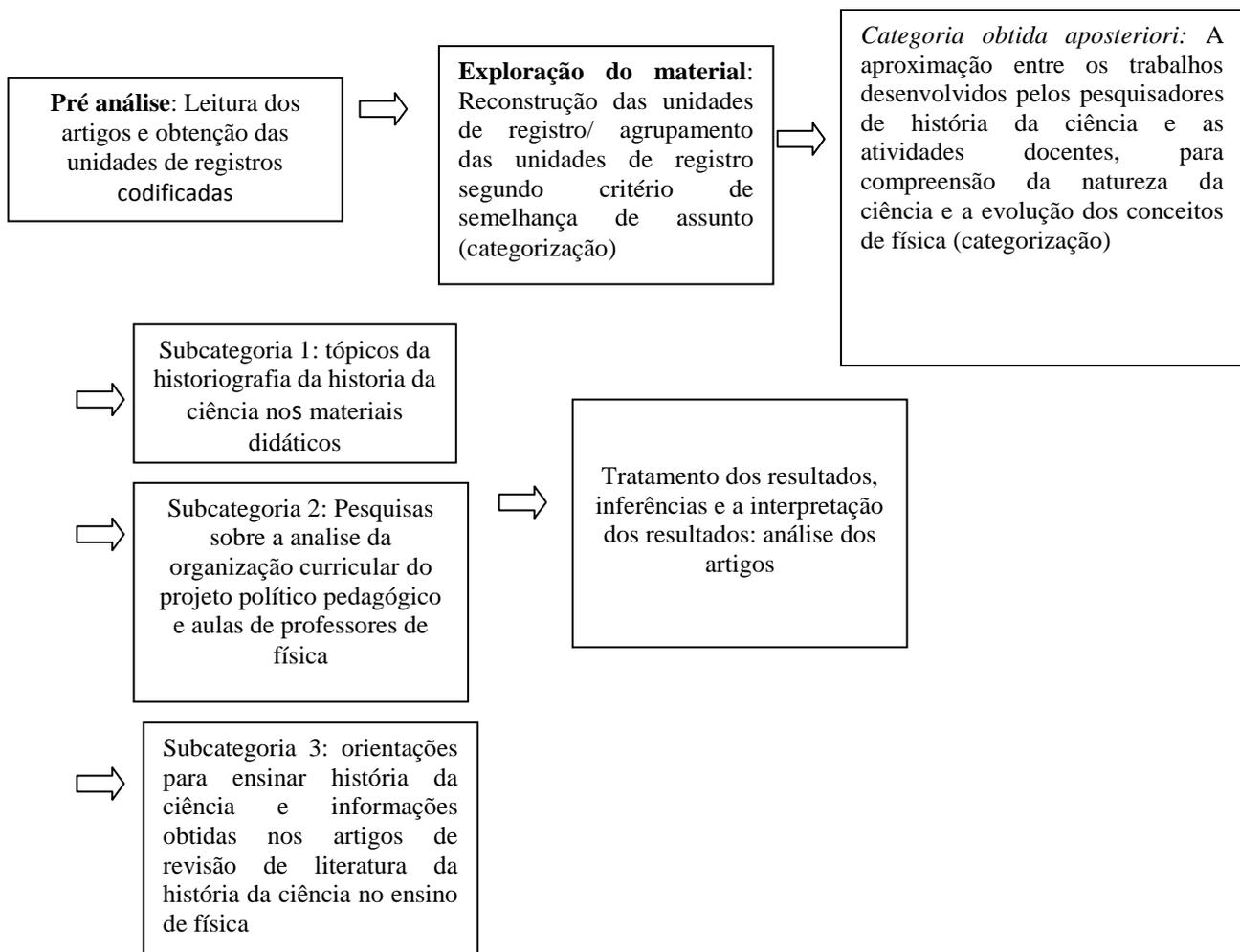


Fig. 2: esquema da análise de conteúdo aplicada ao primeiro conjunto de artigos.

### 2.3.3 - Resultados da análise do 2º conjunto de artigos.

As discussões realizadas nesse item da revisão embasaram a construção do artigo “Implicações didáticas no ensino de física: uma revisão de literatura através da análise textual discursiva”. Tal trabalho se encontra publicado na Revista Caderno Brasileiro de Ensino de Física (*qualis B<sub>1</sub> Capes*) no volume 32, nº 3, 2015.

#### 2.3.3.1- A técnica para analisar o 2º conjunto de artigos.

Para analisar o 2º conjunto de artigos utilizou-se a técnica Análise Textual Discursiva (ATD). A ATD propõe-se a "descrever e interpretar alguns dos sentidos que a leitura de um conjunto de textos pode suscitar" (MORAES e GALIAZZI, 2011, p.14)

A ATD é constituída por três etapas que ocorrem em um processo cíclico: a) desmontagem dos textos ou unitarização: “implica examinar os textos em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de atingir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados” (MORAES e GALIAZZI, 2011, p. 11), tendo o cuidado de se manter o contexto de onde o fragmento foi retirado. Segundo Hygino *et al* (2013), nesta etapa deve-se dar atenção aos detalhes e nas partes dos componentes dos textos, uma fase de decomposição necessária a toda análise. É o próprio pesquisador quem decide em que medida fragmentará seus textos. Dessa desconstrução dos textos surgem as unidades de análise, também chamadas de unidades de significado ou sentido (MORAES e GALIAZZI, 2011, p. 18). Essas unidades podem ser empíricas, coletadas para a pesquisa, e teóricas, provenientes dos autores utilizados para embasar o tema pesquisado (HYGINO *et al* 2013, p.53). No nosso caso as unidades empíricas correspondem à transcrição literal das frases extraídas dos artigos dessa revisão e as unidades teóricas correspondem a outros autores selecionados para embasar essas unidades empíricas. Cada unidade de análise deve receber título, que represente a ideia principal da unidade e código, a fim de identificar seu texto de origem, bem como sua localização dentro desse texto.

b) Estabelecimento de relações ou categorização: consiste na construção de relações entre as unidades de análise, tanto as empíricas, quanto as teóricas. Fazemos isso num processo recursivo de leitura e comparação entre as mesmas, resultando em conjuntos que apresentam elementos semelhantes, daí surgem às categorias. (HYGINO, *et al* 2013, p.53).

Podemos afirmar que a categorização é um processo de criação, ordenamento, organização e síntese (HYGINO *et al*, 2013, p.53). Constitui, ao mesmo tempo, processo de

construção de compreensão de fenômenos investigados, aliada à comunicação dessa compreensão por meio de uma estrutura de categorias (MORAES e GALIAZZI, 2011, p. 78).

As categorias de análise da ATD podem ser definidas *a priori* ou pode surgir das leituras (categoria emergente), ou ainda, podem ser mistas. Nesse trabalho, optamos pela categoria *a priori* “[...] quando a opção é trabalhar com categorias “*a priori*”, o pesquisador deriva suas categorias de seus pressupostos teóricos [...]” (MORAES e GALIAZZI 2011, p.117). Assim, a escolha pelas categorias “*a priori*” fundamentou-se nas estratégias de ensino de história da ciência, publicadas McComas (2013). As categorias escolhidas *a priori* foram: fontes primárias, estudo de caso histórico, dramatização, experimentos históricos, biografia e autobiografia e livros didáticos.

c) Comunicação ou produção de metatextos: nessa etapa, percebe-se uma nova compreensão do todo, possibilitada pelo intenso envolvimento nas etapas anteriores. O objetivo dessa etapa é elaborar um texto descritivo e interpretativo, o qual se denomina metatexto, a partir das categorias. (HYGINO, *et al* 2013, p.53). Segundo Moraes e Galliazzi (2011) saber empregar as categorias construídas na análise para organizar a produção escrita é uma forma de atingir descrições e interpretações válidas dos fenômenos investigados. Afirmam ainda que "a qualidade dos textos resultantes das análises não depende apenas de sua validade confiabilidade, mas é, também, consequência do fato de o pesquisador assumir-se autor de seus argumentos" (MORAES e GALIAZZI, 2011, p.32). O esquema a seguir resume as etapas da ATD utilizada nesse trabalho.

A revisão indicou um total de 1847 artigos distribuídos nos periódicos supracitados entre janeiro de 2010 e abril de 2015. Deste montante, 44 artigos (2,4%) têm como propósito as implicações didáticas da história da ciência no ensino de física. Inicialmente analisamos os resumos e a conclusão dos artigos selecionados. Quando necessário, recorremos a outras partes do texto. A análise dos artigos consistiu em duas etapas: uma descritiva, que permitiu identificar a quantidade de artigos por periódico, o público alvo em relação aos segmentos de ensino e as estratégias de ensino de história da ciência. A outra etapa foi interpretativa, que consistiu na seleção das unidades empíricas e teóricas e a produção dos *metatextos* proveniente da interação entre essas unidades. Constatou-se que os artigos apresentam como objetivos a aprendizagem da natureza da ciência e dos conceitos físicos.

2.3.3.2- Resultados da revisão de literatura obtidos com a técnica da análise textual discursiva.

2.3.2.2.1-Etapa descritiva

*-Número de artigos por periódicos.*

A tabela 2, mostra na segunda coluna, a quantidade de artigos total por periódico encontrado na nossa revisão. Na terceira coluna encontra-se o número de artigos com implicações didáticas de história da ciência no ensino de física e, na quarta coluna, a relação percentual entre eles no período entre jan 2010 e abril de 2015.

Tabela 2: Número de artigos disponibilizados nos periódicos, artigos com implicações didáticas de história da ciência no ensino de física e a relação percentual entre eles no período entre jan 2010 e

<b>Periódicos</b>	<b>Total de artigos disponibilizados entre jan 2010 e abril de 2015</b>	<b>Total de artigos encontrados com implicações didáticas de história da ciência no ensino de física entre jan 2010 e abril de 2015</b>	<b>Porcentagem dos artigos com implicações de história da ciência no ensino de física em relação ao número total de artigos disponibilizados nos periódicos</b>
CBEF	193	12	6,2 %
RBEF	411	10	2,4 %
C&E	285	3	1,1 %
REEC	146	2	1,4 %
EENCI	158	4	2,5%
IENCI	130	1	0,8%
S&E	524	12	2,3%
Total	1847	44	2,4 %

Entre Janeiro de 2010 e abril de 2015, verificamos que em três periódicos consultados (RBEF, EENCI e S&E) existem praticamente a mesma porcentagem de artigos com implicações didáticas de história da ciência no ensino de física em relação ao número total de artigos do periódico (2,4%). A revista IENCI detém o menor percentual (0,8%) dos artigos que utilizam estratégias didáticas de história da ciência no ensino de física. A revista CBEF é a que possui maior porcentagem de artigos destinados ao ensino de história da ciência nas aulas de física (6,2%). Talvez a escolha majoritária dos pesquisadores por esse periódico tenha ocorrido pela tradição em que o mesmo publica artigos científicos (desde 1984) e também pelo bom fator qualis- Capes (B<sub>1</sub>).

Percebe-se assim que os valores percentuais oscilam entre 0,8% e 6,2%. Parece existir uma demanda de publicações que envolvem a história da ciência no ensino de física. Todavia, é importante ressaltar que esses periódicos aceitam publicações de outras áreas da educação em ciências tais como ambientes virtuais no ensino de ciências, o uso de experimentos no ensino de ciências, aplicações do enfoque CTS (ciência, tecnologia e sociedade) na sala de

aula, dentre outras. Uma comparação entre as implicações didáticas da história da ciência no ensino de física e essas outras áreas da educação em ciências poderá ser feito em um trabalho ulterior.

Buscando descobrir o comportamento numérico anual dos artigos relacionados ao uso da história da ciência no ensino de física, mostramos o gráfico abaixo. Alertamos que os dados foram coletados entre janeiro de 2010 e abril de 2015.

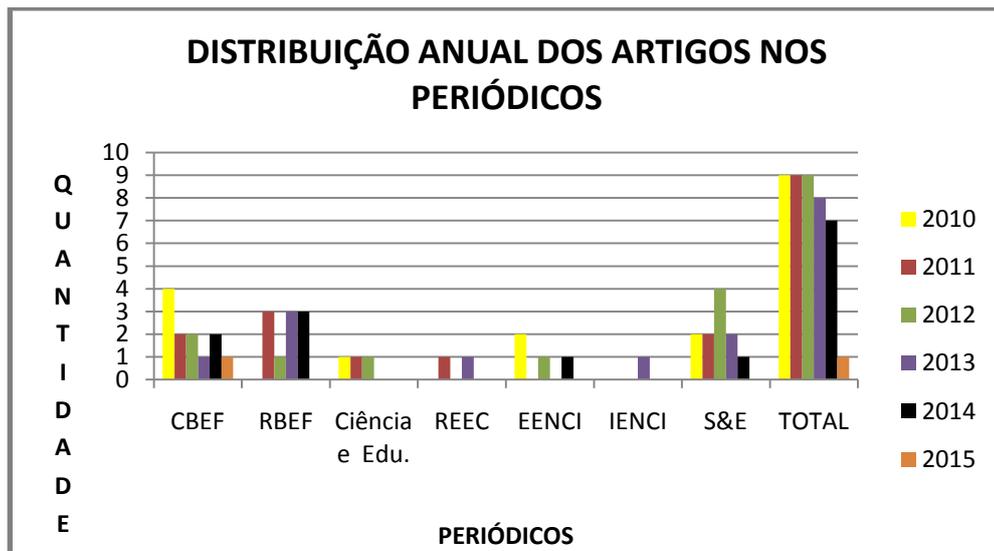


Gráfico 1: Distribuição anual dos artigos nos periódicos entre jan 2010 e abril de 2015.

De acordo com o gráfico 1, constatamos que os anos de 2010 a 2013 a soma anual dos artigos com implicações didáticas de história da ciência no ensino de física permaneceu praticamente constante (nove artigos em 2010, nove artigos em 2011, nove artigos em 2012 e 8 artigos em 2013)

Apenas as revista CBEF apresentou em todos os anos no período analisado, pelo menos um artigo de história da ciência com implicações didáticas no ensino de física segundo as categorias descritas em McComas (2013).

A revista IENCI publicou no período analisado exatamente um trabalho de história da ciência no ensino de física.

Parece ser possível afirmar que existe uma demanda de trabalhos de história da ciência no ensino de física principalmente nas revistas REEC, EENCI e IENCI. Esses periódicos não publicaram trabalhos nessa área em pelo menos um ano no período analisado.

No primeiro semestre de 2015 (até abril de 2015) encontramos nos periódicos da nossa revisão um artigo sobre história da ciência no ensino de física (pertencente à revista CBEF).

Isso não sinaliza uma diminuição dos artigos da área porque essa pesquisa não contemplou artigos a partir de abril de 2015.

Essa revisão pode auxiliar o pesquisador a entender quais periódicos possuem uma demanda maior para publicação de trabalhos em história da ciência no ensino de física guiando- o na escolha da revista para submeter o seu artigo.

Outros fatores contribuem para a escolha do periódico para a publicação como “o público que lê, o idioma na qual é inscrito e o fator de impacto da publicação<sup>14</sup>” (NAHAS e FERREIRA, 2005). Além destes, a classificação da CAPES (qualis) e a periodicidade das revistas orientam o pesquisador na escolha da revista para enviar o seu trabalho para análise por pares.

#### *O público alvo por segmento de ensino*

A tabela 3 ilustra uma síntese quantitativa da distribuição dos artigos em relação ao público alvo no ensino presencial (superior, médio, fundamental, e na educação profissional de jovens e adultos- PROEJA: ensino médio).

Tabela 3 – Quantidade de artigos encontrados em periódicos em relação ao público contemplado com a abordagem da história da ciência por segmento de ensino.

Periódicos	Alunos				Total
	Ensino Superior	Ensino Médio	Ensino Fundamental	Educação de jovens e adultos em formação profissional (PROEJA)	
CBEF	8	9	1	0	18
RBEF	8	8	0	0	16
C&E	2	2	0	0	4
REEC	0	1	0	1	2
EENCI	1	2	0	1	4
IENCI	1	1	0	0	2
S&E	7	5	2	0	14
Total	27	28	3	2	60

De acordo com os dados transcritos na tabela 3, observamos uma diferença entre o número total de artigos encontrados nos periódicos (44) e a distribuição total desses trabalhos

<sup>14</sup>Fator de impacto é o número de citações de artigos do periódico nos dois últimos anos dividido pelo total de artigos publicados no periódico no mesmo período.



CBEF	3	0	1	2	2	6	14
RBEF	1	0	0	4	1	4	10
C&E	2	0	0	1	1	1	5
REEC	1	1	0	0	0	0	2
EENCI	2	1	3	0	0	0	6
IENCI	1	0	0	0	0	0	1
S&E	4	2	1	1	1	3	12
Total	14	4	5	8	5	14	50

É importante observar que as estratégias de ensino de história da ciência descritas por Mccomas (2013) não constituem categorias estanques e independentes. Por exemplo, geralmente os experimentos históricos são conduzidos apoiados por uma fonte primária. Na resolução do estudo de caso histórico podem ser utilizados experimentos históricos, fontes primárias, atividades de dramatização ou até mesmo biografia e autobiografia dos cientistas. Assim, para essa revisão, identificamos as estratégias de ensino de historia da ciência predominante nos artigos.

De acordo com os dados transcritos na tabela 4, observamos uma diferença entre o número total de artigos encontrados nos periódicos (44) e, a distribuição total desses trabalhos em relação às estratégias de ensino (50). Isto acontece porque em quatro artigos revisados encontramos trabalhos que utiliza predominantemente duas ou mais estratégias de ensino de história da ciência: Raposo *et al* (2014) e Rodrigues *et al*, 2012 utiliza em seu trabalho fontes originais, experimentos históricos e biografia e autobiografia dos cientistas. Silveira *et al*, 2010 e Silva e Martins, 2010 utilizam fontes originais e atividades de dramatização em seus trabalhos. Paraskevopoulou e Koloioiopoulos, 2011 utilizam estudo de caso histórico e biografia e autobiografia como estratégias de ensino de história da ciência utilizam

As fontes primárias, como estratégia de ensino de história da ciência, aparecem predominantemente em quatorze trabalhos: (BLOWN e BRYCE, 2013; BRAGA *et al*, 2012; BRICCIA e CARVALHO, 2011; GAULD, 2010; GUERRA *et al*, 2013; OLIVEIRA *et al*, 2013; PENEREIRO, 2010; RAPOSO, 2014; RODRIGUES *et al*, 2012; SILVA e MARTINS, 2010; SILVA *et al* 2011; SILVEIRA *et al*, 2010; TEIXEIRA *et al*, 2010; ZANOTELLO, 2011).

O estudo de caso histórico como principal estratégia de ensino de história da ciência aparece em quatro trabalhos (HYGINO *et al*, 2012; HYGINO *et al*, 2013 ; DUCHEYNE, 2012; PARASKEVOPOULOU e KOLOIOPOULOUS, 2011).

Cinco trabalhos utilizam predominantemente atividades de dramatização como estratégia de ensino: BALDOW e SILVA, 2014; MEDINA e BRAGA, 2010; PILOURAS, 2011; SILVEIRA *et al*, 2010; SILVA e MARTINS, 2010.

Verificamos em nossa revisão que oito trabalhos utilizam principalmente os experimentos históricos em suas aulas: BRENNI, 2012; DELLAJUSTINA e MARTINS, 2014; FRANCISQUINI *et al*, 2014; RINALDI e GUERRA, 2011, RIBEIRO JUNIOR *et al*, 2012; RAPOSO, 2014; RODRIGUES *et al*, 2012 e SOUZA *et al*, 2014.

A utilização da biografia e/ou autobiografia dos cientistas, como principal estratégia de ensino de história da ciência estão presentes em cinco trabalhos da nossa revisão: CORDEIRO e PEDUZZI, 2010; CORDEIRO e PEDUZZI, 2011; PARASKEVOPOULOU e KOLOIPOULOUS, 2011; RAPOSO, 2014; RODRIGUES *et al*, 2012)

Verificamos que quatorze trabalhos têm como objetivo analisar a história da ciência presente nos livros textos: COELHO, 2010; CORDEIRO e PEDUZZI, 2013; FRANCISCO JUNIOR *et al*, 2015, GOMES, 2012; GOMES e PIETROCOLA, 2011; JIANG e MCCOMAS, 2014; KLASSEN *et al*, 2012; KRAPAS, 2011; NETO e FREIRE Jr, 2013; PENA e TEIXEIRA, 2013; NÓBREGA *et al* 2013; RAMIREZ *et al*, 2010; RODRIGUES JÚNIOR *et al*, 2014 e URIAS e ASSIS, 2012.

#### 2.3.3.2.2- Etapa interpretativa

##### *A seleção das unidades empíricas e teóricas*

As unidades empíricas (UE) correspondem a fragmentos de textos (frases ou parágrafos) retirados do nosso *corpus* e transcritos literalmente.

As unidades teóricas (UT) são citações literais ou não de outros autores que não pertencem ao *corpus* e que estão relacionados com as unidades empíricas. Podem ser livros ou artigos.

As unidades empíricas e teóricas recebem um código e um título. Assim:

O código ART14.UE01 representa a 1ª unidade empírica selecionada do artigo 14. O código deve receber um título, nesse caso: “pêndulo simples” (Quadro I)

O código REF06. UT01 representa a 1ª unidade teórica selecionada da referência 06. O código deve receber um título, nesse caso: “dar sentido as equações” (Quadro I).

O código ART24.UE04 representa a 4ª unidade empírica selecionada do artigo 24. O código deve receber um título, nesse caso: “produção coletiva do conhecimento” (Quadro II).

O código REF14.UT01 representa a 1ª unidade teórica referencia 05. O código deve receber um título, nesse caso: “trabalho em equipe” (Quadro II)

O código ART24.UE05 representa a 5ª unidade empírica selecionada do artigo 24. O código deve receber um título, nesse caso: “registro do professor” (Quadro III).

O código REF15.UT01 representa a 1ª unidade teórica selecionada da referência 15. O código deve receber um título, nesse caso: “registro das observações” (Quadro III).

A seguir encontram-se exemplos de unidades empíricas e teóricas retiradas da nossa revisão:

Unidade empírica (UE):

ART14.UE01 – Pêndulo Simples

*“...uma aprendizagem mais rica e significativa de conceitos relacionados ao período de oscilação do pêndulo simples” (HYGINO et al, 2012)*

Unidade teórica correspondente (UT):

REF06.UT01- dar sentido às equações

“Embora a História e a Filosofia da Ciência não sejam meros “instrumentos” para a compreensão do conteúdo específico, elas podem ajudar a dar um maior significado às equações e “fórmulas” que os estudantes associam à Física, em particular. É comum ouvirmos estudantes dizendo que “decoraram” alguma equação, por exemplo, mas que não compreendem o seu significado. A História e a Filosofia podem buscar a origem dessa equação e inseri-la na problemática precisa de uma época, dando sentido ao que – descontextualizadamente – parecia estar “solto” (FERREIRA e MARTINS, 2008).

Quadro 1 - Exemplos de unidades empírica e unidade teórica sobre conceitos científicos

Unidade empírica (UE):

ART24.UE04 – produção coletiva do conhecimento

*[..] sozinhos, os cientistas não produzem nada (RINNALDI e GUERRA, 2011)*

Unidade teórica correspondente ( UT)

REF14.UT01- trabalho em equipe

“O trabalho em equipe pode apresentar duas formas: pode ser simplesmente aditivo, como, por exemplo, o levantar em comum um peso, ou pode ser um trabalho coletivo propriamente dito que consiste em criar, mediante o esforço conjunto, uma estrutura especial que não é igual à soma dos trabalhos individuais e é comparável a uma partida de futebol, a uma conversa ou o atuar de uma orquestra. Como poderia considerar-se a atuação de uma orquestra, passando por alto o significado e as regras de cooperação, como a mera soma do trabalho dos instrumentos individuais?” (FLECK, 1986, p.145)

Quadro 2- Exemplos de unidade empírica e unidade teórica sobre a natureza da ciência

Unidade empírica (UE)

ART24. UE05- registro do professor

*Os dados obtidos através desse diário foram complementados com filmagens e gravações de áudio (RINALDI e GUERRA, 2011).*

Unidade teórica correspondente (UT)

REF15. UT01- registro das observações

“[...] as anotações escritas podem vir combinadas com gravações, filmes, fotografias, slides e outros equipamentos” (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p.32)

Quadro 3- Exemplos de unidade empírica e unidade teórica sobre instrumentos de coleta de dados

### *Comunicação através dos metatextos*

A seguir mostramos os seis *metatextos* provenientes da nossa análise utilizando a técnica ATD a partir das categorias definidas *a priori* por McComas (2013). Essas categorias contemplam distintas estratégias didáticas para o ensino de história da ciência em aulas de física tais como o uso das fontes primárias ou originais, dos estudos de caso histórico, das atividades de dramatização, dos experimentos históricos, das biografias e/ou autobiografias dos cientistas e, da análise de conteúdos de história da ciência presentes nos livros didáticos. Identificamos no nosso *corpus* dois objetivos de aprendizagem: o primeiro relacionado aos conceitos físicos e o segundo em aspectos relacionados ao entendimento da natureza da ciência. Identificamos também, no nosso *corpus*, os instrumentos de avaliação utilizados pelos autores para mensurar o conhecimento dos alunos.

#### *Metatexto - fonte primária*

As fontes primárias representam a abordagem da história da ciência na qual os alunos estudam conceitos vigentes da época a partir dos escritos dos cientistas e então participam de discussões sobre o que eles estudaram (MCCOMAS, 2013, p.432). Ainda segundo esse autor a interação com trabalhos originais pode ser classificada como: a) trabalhos originais completos (podem incluir comentários originais) e trabalhos originais resumidos (podem incluir comentários adicionais). As fontes primárias, como estratégia de ensino de história da ciência, aparecem em quatorze trabalhos: (BLOWN e BRYCE, 2013; BRAGA *et al*, 2012; BRICCIA e CARVALHO, 2011; GAULD, 2010; GUERRA *et al*, 2013; OLIVEIRA *et al*, 2013; PENEREIRO, 2010; RODRIGUES *et al*, 2012; SILVA e MARTINS, 2010; RAPOSO, 2014; SILVA *et al* 2011; SILVEIRA *et al*, 2010; TEIXEIRA *et al*, 2010; ZANOTELLO, 2011).

Identificou-se nos artigos que a principal finalidade dessa intervenção pedagógica é fazer com que os estudantes possam compreender a evolução dos conceitos de física e aspectos da natureza da ciência através da utilização de episódios históricos. Para mensurar a evolução do aprendizado do discente os autores dos artigos usaram diversos instrumentos de coleta de dados.

A evolução dos conceitos de física estava presentes em grande parte dos artigos e, *serviram para mostrar que os conceitos devem ser analisados dentro de uma concepção de mundo (SILVEIRA et al, 2010)* para que os alunos reconheçam *a ruptura de um modelo*

*anteriormente aceito e a conseqüente passagem para um novo modelo, destacando que os conhecimentos da ciência são vivos, abertos, sujeitos a mudanças e reformulações* (BRICCIA e CARVALHO, 2011) revelando a *potencialidade do texto histórico em trabalhar a evolução de conceitos científicos com os alunos* (SILVA e MARTINS, 2010). A leitura de fontes primárias contribui para uma postura um pouco mais crítica em relação à evolução dos conceitos científicos (ZANOTTELLO, 2011) como, por exemplo, a *dedução matemática da lei da GU de Newton* (TEIXEIRA et al, 2010) e a *investigação do pensamento do aluno sobre a lei da gravidade em diferentes culturas* (BLOWN e BRYCE, 2013), ajudando o professor a *promover um elo entre o ensino fundamental e médio* (GLAUD, 2010). Os conceitos científicos foram estudados também por alunos da licenciatura em física. Eles estudaram os textos originais de Galileu com o objetivo de *compreender sua maneira de demonstrar geometricamente teoremas e idéias* (RAPOSO, 2014). O estudo desses alunos culminou com a produção de um minicurso de história da ciência que foi aplicado para alunos do ensino médio.

Klassen (2010) propôs uma orientação para construir narrativas históricas da ciência que podem auxiliar o professor na elaboração das hipóteses e explicações da evolução dos conceitos da física (ver fig 1 p. ). Aquela figura retrata a construção de narrativas em que os estados iniciais e finais apresentam uma relação inversa. O autor fornece um exemplo de narrativa histórica, construída de acordo com a fig. 1:

Ohm compreendeu a teoria matemática do calor, então, por analogia, ele aplicou a teoria para a eletricidade, e então, como resultado ohm compreendeu a teoria da resistência elétrica (KLASSEN, 2010, p.308).

Em relação aos aspectos da natureza da ciência, a fonte primária, foi mais utilizada como possibilidade de trabalhar na sala de aula as controvérsias científicas que ocorreram na história da ciência. As controvérsias científicas são desvios de percurso “canônico” do desenvolvimento científico ou episódios que dizem respeito às relações interpessoais ou ainda disputas entre os defensores de dois modos diversos de teorização de determinados fenômenos (GAVROGLU, 2007, p.189). Segundo esse autor “para se classificar de controvérsia, uma discordância científica, será preciso que esta tenha uma razoável duração temporal e que as partes envolvidas formulem publicamente os seus argumentos e contra-argumentos” (GAVROGLU, 2007, p.190). A revelação de aspectos controversos na educação científica seja através dos conceitos científicos ou sobre aspectos da natureza da ciência mostra que: “a chamada “visão de mundo científica”, normalmente considerada como

objetiva, neutra e racional, esconde uma ampla variedade de visões que podem ser consideradas “científicas” (BAGDONAS e SILVA, 2013).

Os artigos científicos presentes na nossa revisão abordam as controvérsias científicas através da utilização das fontes primárias no ensino. Os aspectos da natureza da ciência trabalhados nesses artigos têm como objetivo *colocar o leitor frente a frente com seu modo de atuar, pensar e proceder no plano científico* (PENNEREIRO, 2010), como a controvérsia *existente acerca da natureza da luz, principalmente nos séculos XVII e XVIII* (SILVA e MARTINS, 2010) ou a *do século XIX entre os físicos franceses Biot e Ampère sobre as interpretações distintas em relação ao experimento de Oersted* (BRAGA, et al, 2013). Estes exemplos combatem a ideia de que o conhecimento científico seja fruto de um conhecimento linear, puramente acumulativo (BRICCIA e CARVALHO, 2011) e reforçam a *influência dos fatores histórico, social e cultural no desenvolvimento científico* (GUERRA et al, 2013), não desprezando o conteúdo metafísico (OLIVEIRA et al, 2013), enriquecendo *significativamente o conteúdo da Física, dando vida a essa matéria que é fria* (RODRIGUES et al, 2012).

A abordagem dos aspectos sociais no ensino permite ao aluno compreender as visões adequadas da natureza da ciência evitando a visão socialmente neutra da ciência descrita por Gil Pérez (2001) como uma visão que negligencia as “complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS)”. Deve-se também combater a visão acumulativa da ciência entendida por Gil Pérez et al (2001) como “uma interpretação simplista da evolução dos conhecimentos científicos, para a qual o ensino pode contribuir ao apresentar os conhecimentos hoje aceitos sem mostrar como eles foram alcançados, não se referindo às freqüentes confrontações entre teorias rivais, às controvérsias científicas, nem aos complexos processos de mudança”

Os instrumentos para coleta de dados apresentados nos artigos, com o objetivo de favorecer a aprendizagem de conceitos científicos e aspectos da natureza da ciência com a utilização de fontes primárias foram diversificados e ocorreu através de um teste diagnóstico que *permitiu ao aluno ter um momento próprio para elaborar suas ideias sobre o tema que iria ser estudado* (SILVA e MARTINS, 2010) ou responder a um *questionário proposto sobre os textos* (BRAGA et al, 2012 e ZANOTTELLO, 2011).

As atividades realizadas pelos alunos foram dinâmicas e variadas *como leitura, elaboração de cartazes e encenação que envolveram tanto a parte conceitual quanto histórica sobre movimento relativo* (SILVEIRA et al, 2010) ou a utilização da multimídia que *permitiram aos alunos comparar os textos que fazem parte da multimídia com os dos livros didáticos* (RODRIGUES et al, 2012) , dizendo que *todos foram unânimes e disseram que,*

*para eles, os textos apresentados nos livros didáticos não os ajudam, pelo contrário, dificultam o entendimento dos conceitos* (RODRIGUES *et al*, 2012).

Outro instrumento para coleta de dados identificado nos artigos foi a utilização de vídeos. Utilizando uma aula expositiva dialogada e gravada o *professor questiona os estudantes*: [...] *Pessoal, o que é que o Rumford fazia? Trabalhava onde?* (BRICCIA e CARVALHO, 2011).

A diversidade dos instrumentos para a coleta de dados também está presente no trabalho de Blown e Bryce (2013), onde ele aplica as estratégias de Piaget [...] *linguagem verbal, desenho e massa de modelar* (BLOWN e BRYCE, 2013) para representar as concepções das crianças sobre a forma e movimento da Terra e, a queda dos corpos em países distintos.

Os outros artigos não tiveram coleta de dados (GLAUD, 2010; OLIVEIRA *et al*, 2013; TEIXEIRA *et al*, 2010), mas apresentaram orientações significativas para o ensino e aprendizagem da história da ciência.

Percebemos que existe uma pluralidade de instrumentos utilizados para coleta de dados como questionários, desenhos, massa de modelar, registros oral e gravado, etc.

Um trabalho que pode ser adotado como referência para coleta de dados é o de Boss *et al* (2011). Este autor identifica algumas dificuldades dos licenciandos em física, quanto à leitura e entendimento das traduções de fonte primária. As etapas descritas pelos autores supracitados são constituídas por duas fases: a primeira consiste na coleta de dados para verificar quais as dificuldades de leitura e entendimento que graduandos em física reportariam ao lerem uma tradução de fonte primária. A sequência sugerida para a coleta de dados dessa fase é: a) leitura do texto b) responder as perguntas (sem o texto em mãos): Qual o assunto abordado no texto? O que foi compreendido do texto? A segunda fase consiste na aplicação de um excerto de fonte primária de duas formas distintas: a) sem figura e sem comentários b) com figuras e com comentários. Para cada forma distinta o aluno deverá anotar em um caderno suas dificuldades de leitura, caso exista; as dificuldades de entendimento caso exista; apresentar sugestões para facilitar a leitura e o seu entendimento e explicar o que compreendeu do texto.

#### *Metatexto - estudo de caso histórico*

De acordo com Stinner (2003), o estudo de caso histórico se caracteriza por princípios gerais que possibilitem o resgate do contexto em que se deu algum problema marcante na ciência. Segundo este autor um bom estudo de caso deve conter o contexto histórico, o

experimento e a ideia principal e a implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências. O uso de estudo de caso no contexto educacional proveniente de algum episódio histórico favorece, de acordo com El Hani 2006, a aprendizagem dos conceitos físicos e permite a reflexão dos aspectos da natureza da ciência, pois possibilita um estudo detalhado dos fatos históricos, sociais e culturais envolvidos no trabalho científico. De acordo com McComas (2013) a abordagem de estudo de caso ou método de caso para o ensino tem sido muito utilizada em diversas disciplinas e, a ciência não é exceção.

O estudo de caso histórico como principal estratégia de ensino de história da ciência aparece em quatro trabalhos (HYGINO *et al*, 2012; HYGINO *et al*, 2013 ; DUCHEYNE, 2012; PARASKEVOPOULOU e KOLOIIOPOULOUS, 2011).

Identificamos nos artigos que a principal finalidade dessa intervenção pedagógica é fazer com que os estudantes possam compreender a evolução dos conceitos de física e aspectos da natureza da ciência através da utilização de episódios históricos. Para mensurar a evolução do aprendizado do discente os autores dos artigos usaram principalmente questionários e recolhimentos de textos.

Em relação aos conceitos científicos, identificou-se nos artigos que a estratégia do estudo de caso permite: *uma aprendizagem mais rica e significativa de conceitos relacionados ao período de oscilação do pêndulo simples* (HYGINO *et al*, 2012) e *favorece o conhecimento mais amplo dos conceitos envolvidos no desenvolvimento da óptica geométrica e da astronomia, levando, assim, mais significado aos temas abordados em sala de aula.*” (HYGINO *et al*, 2013).

A estratégia do estudo de caso possibilita compreender também o argumento de Millikan sobre *a existência de carga elétrica elementar* (PARASKEVOPOULOU e KOLIIOPOULOS, 2011) e de Ehrenhaft, sobre *a existência de carga elétrica fracionada (sub-elétrons)* (PARASKEVOPOULOU E KOLIIOPOULOS, 2011) e as *interações gravitacionais entre corpos* (DUCHEYNE, 2012). Essas interações foram determinadas através do experimento de Cavendish.

O estudo dos conceitos científicos via história e filosofia da ciência permite que o aluno entenda os pormenores da evolução conceitual do conteúdo evitando assim o aprendizado adquirido apenas pela memorização de fórmulas soltas. Assim,

Embora a História e a Filosofia da Ciência não sejam meros “instrumentos” para a compreensão do conteúdo específico, elas podem ajudar a dar um maior significado às equações e “fórmulas” que os estudantes associam à Física, em particular. É comum ouvirmos estudantes dizendo que “decoraram” alguma equação, por

exemplo, mas que não compreendem o seu significado. A História e a Filosofia podem buscar a origem dessa equação e inseri-la na problemática precisa de uma época, dando sentido ao que – descontextualizadamente – parecia estar “solto” (FERREIRA e MARTINS, 2008)

Em relação aos aspectos da natureza da ciência presente nessa intervenção pedagógica, a utilização do estudo de caso histórico nos artigos revisados tem como objetivo *problematizar as visões sobre a natureza da ciência dos alunos e contribuir para que visões mais adequadas da atividade científica fossem consideradas* (HYGINO *et al*, 2012), reconhecendo *a ciência como uma atividade coletiva* (HYGINO *et al*, 2013) e que *a ciência envolve testes contínuos e cada vez mais rigorosos da teoria, que se forem bem sucedidos, resultam em evidência cada vez mais forte para a manutenção da teoria* (DUCHEYNE, 2012). O estudo da natureza da ciência evita o entendimento equivocado de que *o processo de construção do conhecimento científico ocorre por descobertas alcançadas a partir de observações neutras* (HYGINO *et al*, 2013).

Outro aspecto da natureza da ciência encontrado nessa revisão foi a utilização da controvérsia científica associada ao debate entre Millikan e Ehrenhaft sobre a existência ou não da carga elétrica elementar, o que permitiu os professores questionar seus alunos do ensino médio sobre a possibilidade desses *dois cientistas alcançarem conclusões distintas a partir da observação dos mesmos dados* (PARASKEVOPOULOU e KOLOIPOULOUS, 2011). A resposta envolve considerações sobre o *aspecto subjetivo da NDC* (PARASKEVOPOULOU e KOLOIPOULOUS, 2011).

Os aspectos da natureza da ciência trabalhados com os estudos de caso têm como foco evitar as visões deformadas do trabalho científico identificadas por Gil Pérez *et al* (2001) como a visão empírico - indutivista, concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação; a visão rígida no qual se mostra “método científico” como um conjunto de etapas a seguirmecanicamente, a visão individualista e elitista da ciência, que descarta o caráter coletivo da construção do conhecimento científico.

A unidade empírica citada por Ducheyne (2012) se refere aos testes realizados com a experiência de Cavendish para verificação das interações gravitacionais entre dois corpos.

Os instrumentos para coleta de dados apresentados nos artigos com a aplicação do estudo de caso foram questionários e textos recolhidos com o auxílio de um espaço virtual de aprendizagem (EVA). A escolha desse espaço virtual tinha como objetivo contornar *algumas limitações de tempo* (HYGINO *et al*, 2013). Foi solicitado aos alunos do PROEJA que realizassem uma sequência de três etapas: A primeira consistia de uma *leitura do estudo de caso* (HYGINO *et al*, 2012), para colher os seus conhecimentos prévios e, após outras leituras

(segundo passo) os alunos deveriam enviar pelo EVA [...] *suas respostas finais, incorporando elementos das leituras e discussões realizadas* (HYGINO et al, 2012), o que caracteriza o terceiro passo. Assim, *a coleta de dados nesta pesquisa ocorreu por meio do próprio EVA, mais especificamente pelo armazenamento das respostas textuais produzidas pelos estudantes aos três passos do Estudo de Caso* (HYGINO et al, 2013) ou *através de questionário distribuído antes e depois da aula* (PARASKEVOPOULOU e KOLOIIOPOULOUS, 2011). Não houve instrumento de avaliação no artigo escrito por Ducheyne (2012).

Os três passos supracitados para a resolução do estudo de caso ressoam nas etapas do estudo de caso descritos por Reis e Linhares (2011):

- 1ª fase: leitura do texto e imediata postagem no ambiente virtual de aprendizagem de uma resposta que indicará a concepção do aprendiz em relação a uma questão.
- 2ª fase: tempo para ler, resenhar e discutir materiais disponibilizados no ambiente.
- 3ª fase: elaboração de solução que deve ser defendida pelo aprendiz perante o professor e os colegas no ambiente virtual de aprendizagem e/ou presencialmente (REIS e LINHARES, 2011)

Tão importante quanto às etapas descritas para a resolução do estudo de caso de Reis e Linhares (2011) é a aplicação do questionário antes e depois do estudo de caso, com o objetivo de mensurar explicitamente a evolução do conhecimento discente. Essa intervenção permite um envolvimento dinâmico do estudante nas atividades de ensino, transformando-o em “participante ativo de seu processo de aprendizagem” (ZÔMPERO e LABURU, 2011).

### *Metatexto- Dramatização*

Dramatização são estratégias de ensino nas quais os alunos interpretam personagens da história da ciência com o objetivo de agir, debater ou responder como se fossem essas pessoas (MCCOMAS, 2013, p.438). Uma encenação na sala de aula dos debates entre Simplicio (defensor das ideias de Aristóteles) e Salviatti (defensor das ideias de Galileu) ou produção de filmes embasados em debates históricos são exemplos de atividades que envolvam dramatização.

Cinco trabalhos utilizam predominantemente atividades de dramatização como estratégia de ensino (BALDOW e SILVA, 2014; MEDINA e BRAGA, 2010; PILOURAS, 2011; SILVEIRA et al, 2010; SILVA e MARTINS, 2010)

Identificou-se nos artigos que a principal finalidade dessa intervenção pedagógica é estudar aspectos da natureza da ciência e conceito científico através das controvérsias

científicas. Para analisar a construção do conhecimento do discente os autores dos artigos usaram questionários, desenhos e entrevistas de grupo focal.

Controvérsia científica pode ser entendida “como uma disputa conduzida publicamente e mantida persistentemente, sobre um assunto de opinião considerado significativo por um número de cientistas praticantes” (NARASIMHAN, 2001, p. 299).

Assim, para que as controvérsias científicas se transformem em uma discordância científica os cientistas devem publicar os seus trabalhos em artigos científicos, livros ou outras fontes confiáveis; como aconteceu em 1510, num curto texto manuscrito chamado *Commentariolus* e, em 1543, na obra *As Revoluções das Orbes Celestes*, no qual Nicolau Copérnico apresentou sua teoria heliocêntrica (FERREIRA e MARTINS 2008), criticando a teoria aristotélica, dando início a uma duradoura controvérsia científica.

As controvérsias científicas trabalhadas com a utilização da dramatização aconteceram através da produção de *filmes de animação sobre a debate geocêntrico-heliocêntrico inspirado na história da ciência* (PILIOURAS *et al*, 2011), construídos por alunos do ensino fundamental ou por encenação de uma peça teatral que *ocorre como parte de um trabalho sobre a revolução científica, técnica, artística, econômica e social ocorrida durante os séculos XVI e XVII* (MEDINA e BRAGA, 2013) produzidos por alunos do primeiro ano do ensino médio ou através de *dinâmica de grupo chamada de júri simulado* (SILVA e MARTINS, 2010), encenado com alunos do segundo ano do ensino médio, com o objetivo de debater *as controvérsias geradas em torno da natureza da luz (onda ou partícula?)* (SILVA e MARTINS, 2010). Foi ainda desenvolvida com alunos do primeiro ano do ensino médio, uma oficina teatral baseada *num recorte de texto extraído do livro de Galileu, Diálogo sobre os dois maiores sistemas de mundo* (SILVEIRA *et al*, 2010) para mostrar *as discussões sobre as ideias de Aristóteles e Galileu sobre o movimento relativo* (SILVEIRA *et al*, 2010). Os aspectos da natureza da ciência trabalhados com essas controvérsias permitem entender que *as ideias de Aristóteles têm implícito o método apriorístico, ou seja, o movimento ocorre porque existe uma causa maior<sup>15</sup>, intrínseca ao próprio movimento [...]. Por outro lado, Galileu observa esse movimento de outra maneira, imerso no empirismo do século XVII, descrevendo experimentos* (SILVEIRA *et al*, 2010). Essas controvérsias permitem compreender *a importância do contexto para a validade das leis, bem como o processo de construção do conhecimento, com a ruptura das ideias Aristotélicas* (SILVEIRA *et al*, 2010), mostrando que *o conhecimento é dinâmico* (SILVA e MARTINS, 2010) e que

---

<sup>15</sup>O princípio intrínseco de Aristóteles como um princípio metafísico, era comum e coerente para sua época. Mais detalhes, ver Peduzzi (1996).

*acontecem novas interpretações científicas que substitui as antigas à luz de novas evidências* (PILIOURAS *et al*, 2011).

Os aspectos da natureza da ciência presentes nas unidades empíricas supracitadas permitem discutir se as observações “são dependentes da teoria” (FERREIRA, 2013) e se “as teorias científicas não são induções, mas hipóteses que vão imaginativa e necessariamente além das observações” (FERREIRA, 2013) evitando assim, a concepção empírico-indutivista e atórica no qual se caracteriza por uma visão deformada do trabalho científico que é entendida como “uma concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação, assim como dos corpos coerentes de conhecimentos (teorias) disponíveis, que orientam todo o processo” (GIL- PÉREZ, 2001)

Ainda em relação à natureza da ciência os artigos revelam que *as ideias científicas são afetadas pelo meio social e histórico no qual são construídas* (SILVA e MARTINS, 2010) e pela *cultura* (PILIOURAS *et al*, 2011). Estas relações entre a ciência e seu contexto humano e social *ficam totalmente esquecidos ou mesmo ausentes das aulas tradicionais das disciplinas científicas* (MEDINA e BRAGA, 2010) que transmitem a ideia de um *método científico único* (SILVEIRA *et al*, 2010).

A dependência da ciência dos fatores sociais é um dos aspectos da visão consensual<sup>16</sup> descrito por Lederman *et al* (2002). Para Matthews (2012) o fator social é apenas um fator externo do desenvolvimento científico. Segundo ele, a ciência depende também da tecnologia, da matemática, da comunicação, do dinheiro, da educação, da filosofia e da cultura de uma forma mais abrangente.

Embora a ênfase maior tenha sido dada aos aspectos da natureza da ciência, os conceitos de física também estiveram presentes nas atividades de dramatização, dos artigos da nossa revisão. Foram abordados conceitos como *velocidade da luz/ reflexão/ refração [...] difração, interferência* (SILVA e MARTINS, 2010) e de *referencial em movimento* (SILVEIRA *et al*, 2010) ou conceitos da mecânica clássica, implícitos na obra “*A Vida de Galileu Galilei*” de Bertolt Brecht”(MEDINA e BRAGA, 2010).

As visões dos estudantes sobre *as teorias Geocêntrica e Heliocêntrica, as descobertas de Galileu e as três leis de Kepler* (BALDOW e SILVA, 2014) foram encenadas a partir de

---

<sup>16</sup> A “visão consensual” é baseada, principalmente, em oito documentos oficiais de educação científica, cuja análise levou à construção dos princípios sobre a natureza da ciência. Esse conjunto de princípios contém proposições curtas, diretas e de caráter geral sobre a ciência (MARTINS e RYDER, 2014)

uma peça teatral. Os atores que participaram dessa dramatização eram alunos do ensino fundamental e médio.

O movimento dos planetas ao redor do sol foi abordada *curta-metragem produzida pelos alunos* (PILIOURAS *et al*, 2011).

A compreensão dos conceitos de física é relevante para o aprendizado do aluno porque evita a visão relativista da ciência, ou seja, entender a ciência advinda apenas de opiniões pessoais. Segundo essa visão “aquilo que é considerado melhor ou pior em relação às teorias científicas variará de indivíduo para indivíduo e de comunidade para comunidade” (CHALMERS, 2009, p.137).

Os instrumentos para coleta de dados apresentados nos artigos que utilizam da estratégia de dramatização através *dos filmes de animação produzidos pelos alunos, questionários, entrevistas e desenhos* (PILIOURAS *et al*, 2011), por *anotações do professor em relação a assiduidade e comportamento dos alunos durante as atividades, postura frente aos conflitos surgidos no desenvolvimento do projeto, fontes de consulta e formas de resolução dos problemas encontrados* (MEDINA e BRAGA, 2010) e através de entrevista “*focus group*” (MEDINA e BRAGA, 2010). O Grupo Focal ou “*focus group*” consiste na interação entre os participantes e o pesquisador e a coleta de dados, a partir da discussão com foco, em tópicos específicos e diretivos (IERVOLINO, PELICIONE, 2001).

No trabalho de BALDOW e SILVA, 2014, o professor de física que coordenou a dramatização, aplicou um questionário após cinco meses da peça teatral. Responderam ao questionário os alunos-atores e os ouvintes do espetáculo. O resultado mostrou que a maioria dos estudantes e ouvintes compreendeu os conceitos científicos que envolvem as teorias geocêntrica e heliocêntrica.

Nos trabalhos de Silva e Martins (2010) e Silveira *et al* (2010) não houve avaliação explícita das atividades de dramatização, apenas alguns relatos dos docentes sobre importância dessa estratégia de ensino.

Essa revisão possibilitou compreender que as atividades de dramatização podem auxiliar na explicação das controvérsias científicas. Os filmes de curta metragem produzidos pelos alunos do ensino fundamental serviram como recurso introdutório para a compreensão de uma visão de mundo menos fragmentada do ensino, porque os alunos aprenderam a relacionar a física com aspectos religiosos. O uso da peça teatral favoreceu o entendimento interdisciplinar da revolução cultural do século XVII na perspectiva das quatro revoluções específicas: científica, artística, político-religiosa e filosófica. Além disso, a peça teatral atendeu satisfatoriamente às competências: I. Dominar linguagens (DL); II. Compreender

fenômenos (CF) e IV. Construir argumentação (CA): sugeridas pelo INEP/ENEM. O júri simulado foi uma atividade motivadora e promoveu uma maior cooperação entre os discentes. Já, o estudo e a encenação presentes no livro do diálogo entre os personagens de Galileu permitiram compreender as discordâncias entre teorias.

*Metatexto- experimentos históricos.*

Os Experimentos históricos consistem na reprodução de experimentos e outras abordagens práticas para o engajamento com alguns aspectos históricos da ciência (MCCOMAS, 2013, p.440).

Verificou-se nessa revisão que oito trabalhos utilizam principalmente os experimentos históricos em suas aulas (BRENNI, 2012; DELLAJUSTINA e MARTINS, 2014; FRANCISQUINI *et al*, 2014; RINALDI e GUERRA, 2011, RIBEIRO JUNIOR *et al*, 2012; RAPOSO, 2014; RODRIGUES *et al*, 2012 e SOUZA *et al* 2014).

O foco principal dos artigos dessa revisão é abordar os conceitos físicos presentes nas réplicas dos experimentos históricos. No entanto, encontramos implicitamente, em alguns deles, trechos que evidenciam aspectos da natureza da ciência. Para analisar a construção do conhecimento do discente os autores dos artigos usaram questionários, entrevistas e filmagem.

A explicação dos conceitos físicos foi mediada por réplicas de experimentos históricos para os professores mostrar aos alunos do ensino médio o conceito de queda livre através da solução do *paradoxo cinemático aparente* (FRANCISQUINI, 2014) ou pela *Simulação Didática Interativa (SDI), utilizando o software Modellus para apresentar a experiência do plano inclinado* (RIBEIRO JUNIOR *et al*, 2012).

Tanto o paradoxo como o plano inclinado foram descritos na obra “Discursos e Demonstrações Matemáticas em Torno de Duas Novas Ciências (1638)” de Galileu Galilei. O conceito de movimento foi trabalhado a partir da *confecção de modelos planetários: geocêntrico e heliocêntrico* (RODRIGUES, *et al*, 2012). Os conceitos de corrente elétrica e o processo de armazenamento de carga elétrica (funcionamento de um capacitor), foram trabalhados respectivamente através da construção de uma *réplica da pilha de volta [...] e da garrafa de Leyden rudimentar* (RINALDI e GUERRA, 2011) com o objetivo de subsidiar o aluno do ensino médio para a construção de um *transmissor de ondas eletromagnéticas rudimentar* (RINALDI e GUERRA, 2011). Os conceitos físicos também estão presentes no artigo de Brenni (2012), no qual descreve a evolução dos experimentos didáticos de física e seus usos pelos professores desde 1800 até 1930. Ele afirma que *desde 1820 cerca de novos*

*instrumentos didáticos foram introduzidas em conexão com o rápido desenvolvimento da física como a óptica, ondas, eletromagnetismo e acústica* (BRENNI, 2012).

A experiência do plano inclinado de Galileu foi reproduzida também por estudantes de licenciatura em física *respeitando as medidas e os detalhes descritos em “Duas Novas Ciências” [...] e a análise lógico-geométrica dos teoremas que estão relacionados a este experimento* (RAPOSO, 2014). O estudo desses alunos culminou com a produção de um minicurso de história da ciência que foi aplicado para alunos do ensino médio.

DELLAJUSTINA e MARTINS (2014) reproduziram o experimento de Arquimedes para o cálculo da Constante  $\pi$  utilizando areia e um bastão. Os autores utilizaram um aparato que *consiste numa caixa quadrada de lado interno  $L$  e altura  $h$  e um tronco de cilindro com externo igual a  $L/2$  e mesma altura da caixa, que deverá ser encaixado dentro da caixa* (DELLAJUSTINA e MARTINS; 2014). O bastão foi utilizado para construir uma balança de braços para medir a massa da areia que seria colocada dentro do cilindro e da caixa. A experiência é simples e pode ser reproduzida por alunos do ensino médio para a aprendizagem de física e matemática.

Para Martins (2007) a história e da filosofia da ciência ajuda o aluno a entender melhor os conteúdos e a origem dos conceitos. Esses conceitos não emergem naturalmente da experiência. Assim, deve-se evitar perpetuar na sala de aula a visão empírico- indutivista da ciência, entendida como “uma concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação.” (FORATO *et al* 2011).

Em relação aos aspectos da natureza da ciência a reprodução dos experimentos históricos propicia um *trabalho articulado entre as dimensões histórica e empírica da ciência* (RIBEIRO JUNIOR *et al*, 2012) e *o contexto sociocultural* (RINNALDI e GUERRA, 2011) para o aluno entender que *sozinhos, os cientistas não produzem nada*. (RINNALDI e GUERRA, 2011).

A revelação dos aspectos sociais permite ao estudante entender a ciência como uma contribuição coletiva evitando que ele entenda a ciência como uma concepção individualista e elitista no qual “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes” (GIL PÉREZ *et al* 2001).

Ludwig Fleck (1896-1961) explica que a ciência é um empreendimento coletivo, porém o trabalho em equipe não acontece simplesmente pela sobreposição das contribuições individuais:

O trabalho em equipe pode apresentar duas formas: pode ser simplesmente aditivo, como, por exemplo, o levantar em comum um peso, ou pode ser um trabalho coletivo propriamente dito que consiste em criar, mediante o esforço conjunto, uma estrutura especial que não é igual à soma dos trabalhos individuais e é comparável a uma partida de futebol, a uma conversação ou o atuar de uma orquestra. Como poderia considerar-se a atuação de uma orquestra, passando por alto o significado e as regras de cooperação, como a mera soma do trabalho dos instrumentos individuais? (FLECK, 1986, p.145)

Fleck, então, caracteriza os tipos de trabalho em equipe. Mas como acontece o processo de coletivização da ciência?

Reis (2014) comenta que a “coletivização não é somente ciência feita de forma coletiva, mas uma impossibilidade de se fazer ciência de forma individual” (REIS, 2014, p. 224). A autora mostra que principalmente a partir da segunda metade do século XX a ciência ganhou um *ethos* mais gerencial do que acadêmico devido à dependência da ciência com as atividades industriais.

A reprodução dos experimentos históricos enriquecem *significativamente o conteúdo da Física, dando vida a essa matéria que é fria* (RODRIGUES *et al*, 2012) porque *atrai imediatamente a atenção dos estudantes* (FRANCISQUINI, 2014) e evita a explicação dos experimentos históricos através de “*uma abordagem indutiva*” (BRENNI, 2012).

Abordagem dos experimentos históricos na sala de aula atente a heterogeneidade dos alunos porque *permite alcançar tanto os estudantes que tem preferência por disciplinas relacionadas às áreas humanas, estimuladas pelos relatos históricos, como aqueles que preferem atividades experimentais* (SOUZA *et al* 2014).

Sugere-se trabalhar os experimentos históricos após a leitura de alguns textos históricos, com o objetivo de evitar a explicação anacrônica das práticas, isto é explicar os conceitos científicos de acordo com o paradigma vigente (FORATO *et al*, 2009). Para evitar transmitir essas visões equivocadas da construção do trabalho científico, Metzger *et al* (2007), propõe uma sequência didática para a utilização dos experimentos históricos no ensino. Essa sequência consiste em quatro partes: a) o levantamento do problema e o estabelecimento do contexto de produção do experimento com a inclusão de informações sobre o cientista e seu entorno cultural. b) o desenho do experimento. Nesta fase, os estudantes interagem entre si e buscam solução para o problema levantado no item anterior. c) análise e interpretação dos resultados. Nesta etapa os estudantes comparam e contrastam suas ideias com o trabalho original e, d) os alunos explicam, com formalismo científico sua proposta de solução ao problema e estabelecem conexões com o cotidiano deles. Percebe-se que a intervenção pedagógica com essa sequência didática prioriza os conhecimentos prévios dos alunos,

transcendendo dessa forma uma aula de laboratório com roteiro de trabalho pré- estabelecido. O uso incorreto desse roteiro reforça a visão empírico- indutivista da ciência, isto é, um olhar equivocado de que a teoria científica emerge dos dados obtidos na experiência (GIL PÉREZ, *et al* , 2001 ; FERREIRA E MARTINS, 2008; SILVEIRA e OSTERMAN, 2002).

Os instrumentos para coleta de dados apresentados nos artigos que utilizam a estratégia dos experimentos históricos aconteceram através “*de um diário construído em torno da impressão do professor quanto ao desenvolvimento da proposta. Os dados obtidos através desse diário foram complementados com filmagens e gravações de áudio*” (RINALDI e GUERRA, 2011) e “*entrevistas semiestruturadas*” (RINALDI e GUERRA, 2011). Segundo Ludke e André (1986) as anotações escritas podem vir combinadas com gravações, filmes, fotografias, slides e outros equipamentos (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p.32). Ainda segundo esse autor “uma regra geral quando devem ser feitas as anotações é que, quanto mais próximo do momento da observação, maior sua acuidade” (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p.32). Ainda de acordo com Ludke e André (1986) “na entrevista, a relação que se cria é de interação, havendo uma atmosfera de influência recíproca entre pergunta e quem responde”. (LUDKE e ANDRÉ, 1986, p.33). Entendemos que essa entrevista cria um ambiente amigável entre professor e aluno. A tarefa de casa também serviu para mensurar o aprendizado do aluno: o professor sugeriu aos seus alunos do ensino médio que pesquisasse *sobre o fenômeno das marés* (RODRIGUES *et al*, 2012). Os outros artigos da revisão (BRENNI, 2012; RIBEIRO JUNIOR *et al*, 2012 e FRANCISQUINI, 2014) não fizeram observações empíricas com alunos.

#### *Metatexto- biografia e/ou autobiografia dos cientistas.*

Segundo McComas (2013) a biografia e autobiografia é o relato da vida e/ou da pesquisa dos cientistas escritas por eles mesmos (autobiografia) ou por outra pessoa (biografia). A utilização da biografia e/ou autobiografia dos cientistas, como estratégia de ensino no ensino de física estão presentes em cinco trabalhos da nossa revisão (CORDEIRO e PEDUZZI, 2010; CORDEIRO e PEDUZZI, 2011; PARASKEVOPOULOU e KOLOIPOULOUS, 2011; RAPOSO, 2014; RODRIGUES *et al*, 2012)

Identificou-se nos artigos a presença de elementos motivacionais, aspectos da natureza da ciência e de conceitos científicos. Os autores dos artigos usaram diversos instrumentos de coleta de dados para analisar a construção do conhecimento dos alunos.

Em relação aos aspectos motivacionais as Conferências Nobel ministradas pelo casal Curie *é capaz de mostrar, por exemplo, os sentimentos e a reação do autor frente a uma nova descoberta, dificilmente encontrados em outros textos sobre o tema ganhador do prêmio [...] ou o obstáculo que o casal contornou enquanto pode: as doenças e os ferimentos causados pelo excesso de exposição à radioatividade [...]*”(CORDEIRO e PEDUZZI, 2010). A inserção da biografia e autobiografia na sala de aula permite *encorajar os professores a ensinar aspectos NDC de uma forma mais sistemática* (PARASKEVOPOULOU e KOLOIPOULOUS, 2011) e *deixa as aulas interessantes e motivadoras* (RODRIGUES *et al*, 2012). O professor pode, por exemplo, trazer para a sala de aula aspectos da personalidade de Newton: *ser humano teimoso, briguento, crente em Deus e cheio de defeitos* (RODRIGUES *et al*, 2012)

Os aspectos motivacionais que história da ciência proporciona ao ensino, se encontra em nível denominado por Seker e Guney (2011) de “nível de interesse”. Neste nível se encontra as informações sobre a vida dos cientistas e propõe dois objetivos educacionais: humanizar as ciências e capturar o interesse do aluno para a lição de ciências.

A estratégia de ensino que envolve a biografia e autobiografia desta revisão pode ser usada para explicar conceitos físicos porque ajudam na *recapitulação histórica das descobertas da partícula alfa e dos isótopos* (CORDEIRO e PEDUZZI, 2011) e nos estudos que levou a descoberta do *polônio e depois ao rádio* (CORDEIRO e PEDUZZI, 2010) ou as ideias de *Isaac Newton sobre o movimento dos corpos, culminando na Lei da Gravitação Universal* (RODRIGUES *et al*, 2012). O estudo da vida e obra de um cientista permite ao aluno fazer *um levantamento sobre as invenções e teorias* (RAPOSO, 2014) desse personagem.

Mostrar a evolução dos conceitos de física na sala de aula permite que o aluno entenda que a construção do conhecimento científico é um processo dinâmico e mutável. Segundo Matthews (1995) a concepção da mutabilidade e instabilidade da ciência é considerada uma visão adequada da natureza da ciência e elucida a idéia de que o pensamento científico atual está sujeito à transformações.

Em relação aos aspectos da natureza da ciência presentes nessa intervenção pedagógica, a utilização da biografia e autobiografia dessa revisão oferece ao aluno do ensino superior a possibilidade para o entendimento de *discussões relativas a aspectos do trabalho científico compartilhados por correntes epistemológicas pos- positivistas* (CORDEIRO e PEDUZZI, 2011) como, a relação entre a ciência e sociedade revelada através da influência da descoberta *da radioatividade na Geologia, na Meteorologia e na Medicina, apontando inclusive para o perigo que constitui os conhecimentos sobre o rádio e a radioatividade em*

*mãos erradas* (CORDEIRO e PEDUZZI, 2010). Outros aspectos da natureza da ciência que podem ser trabalhados na sala de aula são a *criatividade e imaginação e distinção entre observação e inferência* (PARASKEVOPOULOU e KOLOIIOPOULOUS, 2011). Assim, os alunos compreenderiam que *a existência de uma carga elétrica elementar é uma intervenção humana não sendo, portanto, um fato objetivo inquestionável* (PARASKEVOPOULOU e KOLOIIOPOULOUS, 2011) e entenderiam a importância de uma hipótese apriorística *presentes nas técnicas de concentração do rádio e do polônio* (CORDEIRO e PEDUZZI, 2010). O estudo da natureza da ciência através da biografia e da autobiografia dos cientistas tem o objetivo também de *contribuir para desmistificar a própria ideia do gênio solitário* (CORDEIRO e PEDUZZI, 2011) e *revelar o caráter mutável das ideias científicas* (RODRIGUES *et al*, 2012).

Observou-se a partir das unidades empíricas supracitadas, que a utilização da biografia e a autobiografia evitam que o aluno adquira as visões deformações do trabalho científico identificadas por Gil Pérez *et al* (2001) como: a) visão empírico- indutivista, concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação ; da visão rígida no qual se mostra “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente, b) da visão individualista e elitista da ciência, que descarta o caráter coletivo da construção do conhecimento científico; c) da visão exclusivamente analítica, que desconsidera o caráter mutável da ciência esquecendo-se dos “esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos” d) da visão socialmente neutra da ciência que não considera as relações da ciência com a sociedade.

Os instrumentos para coleta de dados com o objetivo de mensurar a aprendizagem dos alunos dos conceitos científicos e aspectos da natureza da ciência ocorreu através de questionários *distribuídos antes e depois da aula* (PARASKEVOPOULOU e KOLOIIOPOULOUS, 2011) e *texto narrativo sobre a parte da vida de Newton que mais havia lhes chamado atenção* (RODRIGUES *et al*, 2012) associado com a utilização de multimídia.

Os outros artigos não tiveram coleta de dados (CORDEIRO e PEDUZZI, 2010 e CORDEIRO e PEDUZZI, 2011). No entanto apresentaram orientações significativas para o ensino e aprendizagem da história da ciência.

Embora a constatação da melhoria do aspecto motivacional da história da ciência na sala de aula acontecera através de falas de alunos, os artigos apresentados não apresentam instrumentos para mensurar como a história da ciência motiva a aprendizagem dos estudantes.

Acredito que um diálogo entre a história da ciência e a psicologia cognitiva deva ser realizado com o objetivo de compreender melhor esse aspecto.

Pode-se inferir a partir do trabalho de Rodrigues *et al* (2012) que o contato inicial do aluno com a descrição dos trabalhos de Newton em sua biografia pode influenciar no aprendizado do conteúdo de gravitação universal, desde que a utilização dessa intervenção pedagógica esteja associada com filmes, imagens, animações, etc.. Os resultados do trabalho de Paraskevopoulou e Koloipoulous (2011) mostraram que houve uma melhora significativa nas concepções dos discentes em relação ao entendimento da diferença entre observação e inferência. Já os trabalhos de Cordeiro e Peduzzi (2010) e Cordeiro e Peduzzi (2011) revelam que os estudos das Conferências Nobel podem ser um bom instrumento para transmitir ao aluno visões adequadas do trabalho científico.

#### *Metatexto- Livros didáticos*

Essa estratégia procura analisar os conteúdos de história da ciência veiculados nos livros didáticos, com o objetivo de auxiliar o professor a identificar os conceitos de história da ciência e, possíveis visões deformadas da natureza da ciência presentes nesses livros didáticos. De acordo com (MCComas, 2013, p.439), quando os cientistas são mencionados nos livros didáticos “... suas contribuições estão limitadas a poucas frases, talvez uma figura, e às datas de nascimento e morte”. Os conteúdos dessas frases, muitas vezes, estão associados somente a uma sequênciacronológica de invenções atribuída ao cientista, reforçando assim uma visão linear da história da ciência, que omitem as crises e controvérsias no ensino (GIL PÉREZ, *et al* 2001, LEITE, 2002).

Verificou-se que quatorze trabalhos tem como objetivo analisar a história da ciência presente nos livros textos (COELHO, 2010; CORDEIRO e PEDUZZI, 2013; FRANCISCO JUNIOR *et al* 2015; GOMES, 2012; GOMES e PIETROCOLA, 2011; JIANG e MCCOMAS, 2014; KLASSEN *et al*, 2012; KRAPAS, 2011; NETO e FREIRE Jr, 2013; PENA e TEIXEIRA, 2013; NÓBREGA *et al* 2013; RAMIREZ *et al*, 2010; RODRIGUES JUNIOR *et al*, 2014 e URIAS e ASSIS, 2012).

A principal finalidade dos artigos é proporcionar aos professores, elementos que possam facilitar a leitura crítica dos conceitos físicos presentes nos livros textos, através da reconstrução histórica desses conceitos e do trabalho dos cientistas. Para atingir esse objetivo os autores promovem uma análise de conteúdo desses livros com o objetivo de auxiliar o professor no entendimento de visões adequadas da evolução do conceito científico e da

natureza da ciência. Além disso, os autores estabelecem critérios para a avaliação dos conteúdos de história da ciência presentes nos livros didáticos.

Em relação aos conceitos físicos a revisão mostrou: uma *visão geral sobre a definição de força nos livros contemporâneos* (COELHO, 2010); *a dilatação do tempo e da contração das distâncias* (URIAS e ASSIS, 2012) explicado em duas obras de divulgação científica; o papel dos *livros-textos na consolidação da ótica quântica* (NETO e FREIRE Jr, 2013); o *declínio* (GOMES, 2012) do conceito de calórico e, a descrição do *modelo atômico de Bohr* (RAMIREZ *et al*, 2010). Além desses conceitos os artigos evidenciaram as modificações sofridas pelo experimento de “Stern-Gerlach”, *até a forma em que ele é apresentado nos livros didáticos* (GOMES e PIETROCOLA, 2011); e, como *as versões originais dos enunciados da segunda lei da termodinâmica aparecem em livros atuais* (NÓBREGA *et al*, 2013). A revisão possibilitou entender também como ocorre transposição didática *da radioatividade em um livro usado em disciplinas de estrutura da matéria e afins, na formação de professores e futuros cientistas*. (CORDEIRO e PEDUZZI, 2013) e *do saber relativo à luz como OEM<sup>17</sup>* (KRAPAS, 2011).

Os resultados encontrados pelos autores mostraram que *a força é a causa da aceleração* (COELHO, 2010) e as grandezas tempo e espaço na relatividade especial é explicada *por meio de figuras* (URIAS e ASSIS, 2012), em um dos livros de divulgação científica. A revisão de literatura possibilitou compreender que livros textos de ótica quântica foram *produzidos a partir de notas de aula* (NETO e FREIRE Jr, 2013) dos cursos de verão ministrados pelo físico Herch Moysés Nussenzveig na década de 1960.

Gomes e Pietrocola (2011) citam o experimento de Stern-Gerlach (SG) descrito em outro livro de física, do autor Nussenzveig, usado no curso superior de física . Ele diz que o experimento fora realizado com o auxílio de feixe de elétrons, embora *até onde sabemos o experimento de SG com um feixe de elétrons nunca foi realizado, devido à grandes dificuldades experimentais*. (GOMES e PIETROCOLA, 2011).

Ramirez *et al* (2010) *mostram uma clara diferença entre a proposta de Bohr (1913)* (RAMIREZ *et al*, 2010) e, a transposição atual desse modelo nos livros didáticos.

Nóbrega *et al* (2013) revelam que o conceito de segunda lei da termodinâmica como conhecemos hoje se deve ao físico Enrico Fermi (prêmio Nobel em 1938). Esse conceito diz que *é impossível realizar uma transformação cujo único resultado final seja transformar em*

---

<sup>17</sup> OEM- ondas eletromagnéticas

*trabalho o calor extraído de uma fonte que está na mesma temperatura (NÓBREGA et al, 2013).*

Gomes (2012) revela que um dos fatores que contribuíram para o declínio do calórico foi *a aceitação generalizada da teoria ondulatória da luz, a qual – combinada com a visão de que calor e luz são qualitativamente o mesmo fenômeno – sugeria que o calor, como a luz, é uma forma de movimento ondulatório em vez de uma substância (GOMES, 2012).*

Cordeiro e Peduzzi (2013) mostram que a transposição didática de alguns conteúdos da mecânica quântica presentes nos livros didáticos, supostamente, pode facilitar o aprendizagem conceitual dos alunos *apesar de não terem relação histórica, de algum modo, facilitam o desenvolvimento da operacionalidade da teoria (CORDEIRO e PEDUZZI, 2013).*

Já Krapas (2011) diz que *saber dimensionar a complexidade histórica associada à natureza eletromagnética da luz constitui uma grande contribuição (KRAPAS, 2011)* para a alfabetização científica.

Conforme mencionado, entender a evolução dos conceitos científicos ajuda o aluno compreender a mutabilidade e a instabilidade da ciência (MATTHEWS, 1995).

Em relação aos aspectos da natureza da ciência, procura-se compreender as *dificuldades e controvérsias que as comunidades de especialistas enfrentam na elaboração de um modelo (RAMIREZ et al, 2010)* com o objetivo de evitar, apenas, a transmissão de *uma imagem positivista da ciência, na qual a sequência de eventos caminha no sentido de atingir um ápice com a proposição de uma lei/conceito (GOMES e PIETROCOLA, 2011).* A imagem positivista da ciência é predominante em revistas e livros de *divulgação científica dos Estados Unidos (JIANG e MCCOMAS (2014)* não sendo aconselhável utilizá-las em sala de aula para ensinar a natureza da ciência.

Os artigos dessa revisão evitam propagar, por exemplo, *a caricatura genial de Einstein, como se o físico tivesse herdado tais características do berço (URIAS e ASSIS, 2012)* porque *o estudante que não se considerar tão genial quanto os personagens festejados pelos livros didáticos, se desinteressa em seguir carreira científica ou mesmo, de tentar compreender a ciência (CORDEIRO e PEDUZZI, 2013).*

Francisco Junior *et al* (2015) analisa alguns excertos da obra Ponto de Impacto de Dan Brown e identifica várias visões equivocadas dos cientistas e da atividade científica. Dentre elas a caracterização do cientista como indivíduo de *“inteligência acima da média (nerds)” (FRANCISCO JUNIOR et al 2015).*

A transposição didática da biografia e a auto- biografia dos cientistas deve ser feita com cautela para evitar a “monumentalização”, entendida por Alchin (2003) como um artifício para apresentar a genialidade do cientista, valorizando suas conquistas e minimizando seus erros, concedendo ao cientista um status hagiográfico.

Para Cordeiro e Peduzzi (2013), a construção do trabalho empírico precede uma teoria e que *propagar a ideia de que a ciência é essencialmente atórica é danoso, pois intenta conferir ao empreendimento a certeza dos dados fornecidos pela própria natureza* (CORDEIRO e PEDUZZI, 2013). Assim, deve-se evitar propagar a concepção empírico-indutivista e atórica entendida como “uma concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas) (GIL PÈREZ *et al*, 2001)

As propostas de critérios para a avaliação de livros didáticos podem ser *baseadas na reconstrução histórica do efeito fotoelétrico* (KLASSEN *et al*, 2012) para se utilizar em manuais de laboratório de curso superior em física; podem admitir a *abordagem histórica com aspectos teóricos e matemáticos; clareza e precisão na linguagem; permitir transposição didática; análise crítica de fontes primárias; e considerar o contexto da época* (PENA e TEIXEIRA, 2013). Além disso, as propostas de critérios podem mostrar, por exemplo, a *criatividade para a formulação de modelos científicos como construção humana* (RAMÍREZ *et al*, 2010). Essas unidades empíricas estão coerentes com outros trabalhos que mostram critérios de análise de conteúdos de livros didáticos impressos de história da ciência direcionados para diversos níveis do ensino presencial tais como em Leite (2002), para o ensino superior presencial; Peters (2005), para o ensino fundamental e Martins (1998), para o ensino médio.

Para o ensino superior à distância encontramos um trabalho que propõe critérios para a avaliação de materiais didáticos impressos para a EAD. Tais critérios foram elaborados *tendo a história da ciência, os modelos de aprendizagem dos professores de ciências e as sugestões de escrita de MDI para a EAD, como eixos norteadores* (RODRIGUES JUNIOR *et al* (2014)).

A figura a seguir resume as etapas de análise do 2º conjunto de artigos.

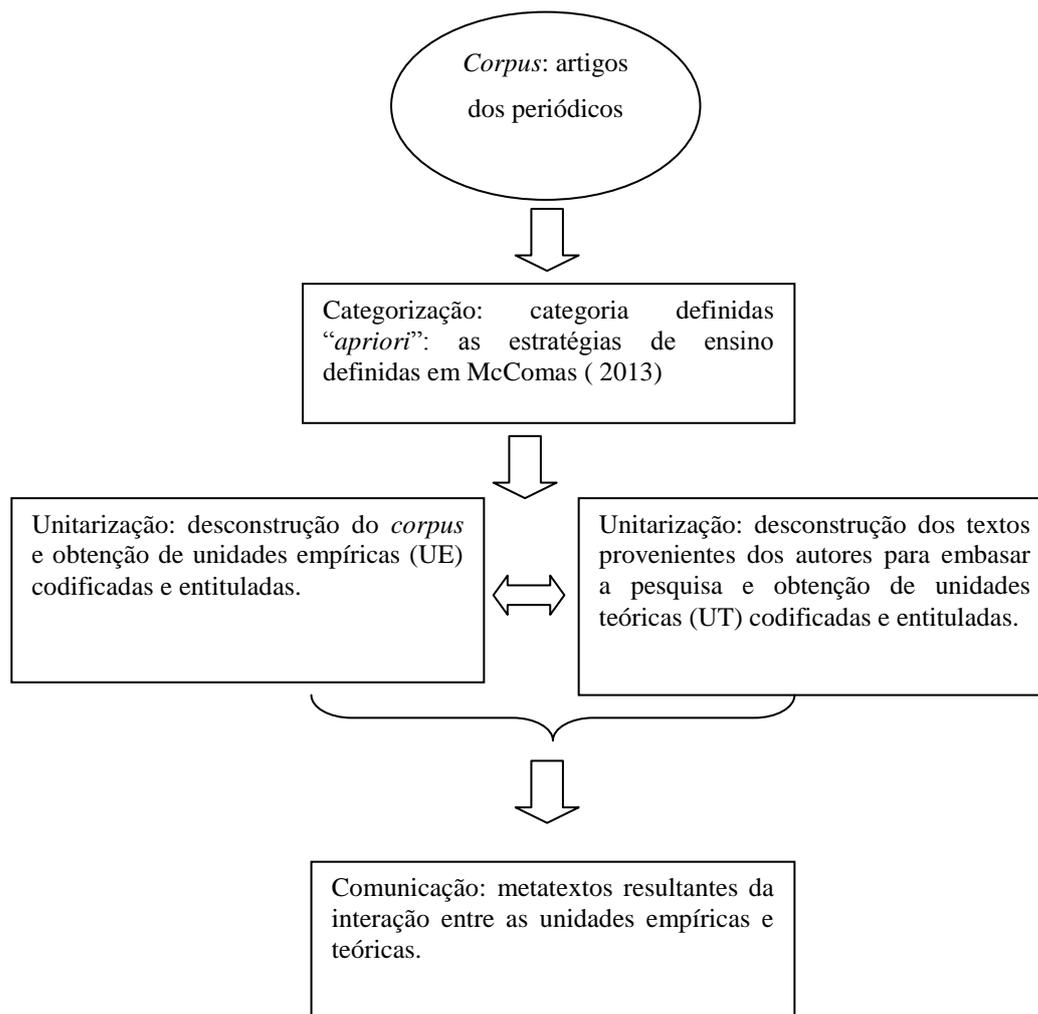


Fig. 3: síntese das etapas da ATD utilizada na revisão de literatura

### **Reflexões sobre a revisão de literatura do 2º conjunto de artigos.**

Elaboramos seis *metatextos* com o auxílio da técnica “análise textual discursiva”. A leitura desses metatextos possibilita a compreensão das implicações didáticas da história da ciência no ensino de física e pode auxiliar o professor na tomada de decisões sobre qual (is) estratégia (s) de ensino utilizar na sala de aula para conduzir o estudante a compreender a ciência como construção humana e desenvolver a alfabetização científica dos seus alunos. As implicações didáticas no ensino de física envolvem o uso na sala de aula de fontes originais, de estudos de caso históricos, de atividades de dramatização, de experimentos históricos, de leitura das biografias e/ou autobiografias dos cientistas e de análise de conteúdo em livros didáticos.

Sobre o uso de fontes originais de história da ciência no ensino de física, percebemos que o contato com as fontes primárias e o contexto em que foram produzidas, ajuda o discente

a evitar a visão socialmente neutra da ciência entendida como “uma imagem deformada dos cientistas como seres “*acima do bem e do mal*”, fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções.” (GIL PÈREZ *et al*, 2001). Além disso, o uso de fontes primárias propiciou um entendimento do discente em relação à transformação dos conteúdos científicos ao longo do tempo evitando assim que o aluno aprenda apenas o paradigma vigente. Outra conclusão obtida junto aos artigos que utilizam as fontes originais é que não existe um consenso sobre os instrumentos de coleta de dados utilizados para mensurar a aprendizagem do aluno em relação à utilização de fontes primárias.

Em relação ao uso de estudo de caso histórico de história da ciência no ensino de física, podemos inferir que ele se revelou eficaz para a compreensão dos conceitos de físicos e entendimento das visões adequadas da natureza da ciência, porque insere o aluno no contexto em que foi produzido o conhecimento. Observamos nos artigos revisados vários comentários dos alunos e dos autores que confirmam esses resultados. Apesar da eficácia dessa estratégia no ensino de física, encontramos em nossa revisão apenas quatro trabalhos envolvendo o estudo de caso.

Por esse motivo existe a necessidade de divulgação dessa estratégia. O grupo de pesquisa em Ensino de Ciências da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) desenvolve um trabalho que envolve a aplicação na sala de aula do estudo de caso histórico com diferentes públicos. Foram construídos, aplicados e publicados, estudos de caso com audiência-alvo da educação de jovens e adultos (HYGINO, *et al*, 2012 e HYGINO *et al*, 2013).

Sobre o uso de atividades de dramatização de história da ciência no ensino de física, verificamos que a utilização da estratégia de dramatização se mostrou eficiente principalmente para o entendimento dos debates científicos e, para se evitar a propagação da visão socialmente neutra da ciência. Os artigos descrevem que as atividades de dramatização motivam os alunos (SILVERIA *et al*, 2010) e promovem uma inserção voluntária daqueles alunos que tem dificuldade de entendimento de uma aula tradicional (MEDINA e BRAGA, 2010). A escolha dos textos que serve de alicerce para a construção do roteiro para a encenação, é fundamental para o entendimento dos alunos porque “a maioria das peças que abordam a ciência não é escrita por cientistas, mas por dramaturgos com manifestos conhecimentos em teatro, ao exemplo de Bertolt Brecht (Alemanha) e Osvaldo Mendes (Brasil)” (MEDINA e BRAGA, 2010). Talvez, o professor deva adaptar esses textos para que o mesmo contemple os pormenores da evolução conceitual de uma disciplina e, os aspectos da natureza da ciência.

Em relação ao uso de experimentos históricos de história da ciência no ensino de física, verificamos que a utilização dos experimentos históricos fica mais bem conduzida se estes forem intercalados com leituras de textos históricos para que o aluno compreenda o contexto sociocultural da produção dos equipamentos e possam explicar os experimentos à luz dos conceitos da época, evitando assim o anacronismo. A participação intensa dos alunos bem como a motivação deles, foram também aspectos revelados nesses artigos. Alguns obstáculos foram citados pelos discentes como a falta de habilidade manual para construir os equipamentos e a preocupação com os conteúdos da história da ciência que não são cobrados no vestibular.

Sobre o uso de biografias e/ou autobiografia de cientistas no ensino de física, constatamos que essa estratégia de ensino se mostrou promissora para a aplicação da história da ciência na sala de aula, porque coloca o aluno em situações concretas vivenciadas pelos cientistas, porém é preciso ter alguns cuidados em relação a sua utilização porque essas intervenções podem conter elementos que superestima o trabalho do cientista, provocando uma espécie de “endeusamento” do mesmo (CORDEIRO e PEDUZZI, 2010); o que negligenciaria o caráter coletivo da construção do trabalho científico. Talvez, uma maneira de evitar esse erro seria dialogar com outros referenciais teóricos para a compreensão de outros pontos de vistas, culminando assim no pensamento crítico do aluno em relação à vida e a obra dos cientistas. Outro aspecto descrito nos artigos que utilizam biografia e autobiografia na sala de aula foi a constatação da melhoria dos aspectos motivacionais. Isso aconteceu através das falas dos alunos. No entanto, os artigos não apresentam instrumentos para mensurar como a história da ciência motiva a aprendizagem dos estudantes. Talvez seja necessário um diálogo entre a história da ciência e a psicologia cognitiva para compreender melhor esse aspecto.

Sobre a análise da história da ciência em livros didáticos, os artigos proporcionaram uma leitura crítica dos conceitos físicos presentes nos livros didáticos, através da reconstrução histórica desses conceitos e do trabalho dos cientistas. Os autores promovem uma análise de conteúdo desses livros com o objetivo de auxiliar o professor no entendimento de visões adequadas da evolução do conceito científico e da natureza da ciência. Além disso, os autores estabelecem critérios para a avaliação dos conteúdos de história da ciência presentes nos livros didáticos na modalidade do ensino presencial e a distância.

Em relação à metodologia de análise utilizada nesse trabalho, constatamos que a *análise textual discursiva* permitiu um diálogo maior entre as unidades empíricas e as unidades teóricas possibilitando um envolvimento intenso entre o pesquisador e as fontes consultadas.

Os *metatextos* produzidos constituem leituras independentes e podem auxiliar o professor na escolha das estratégias de ensino adequadas para a sua realidade na sala de aula.

## Capítulo 3- Desenvolvimento da pesquisa

Neste capítulo apresentamos: a) os principais referenciais teóricos que estão diretamente relacionados com a elaboração, aplicação e a análise dos resultados provenientes do minicurso, b) a metodologia da pesquisa, c) o desenvolvimento do trabalho (passo a passo da pesquisa) d) os episódios históricos selecionados e suas relações com o ensino de ciências, e) a estratégia de ensino aplicada (estudo de caso histórico), f) os três estudos de caso históricos trabalhados e a sequência didática utilizada, g) técnica utilizada para a análise dos dados.

### 3.1- Referenciais teóricos.

#### 3.1.1- Conhecimentos profissionais dos professores.

Segundo Porlán e Rivero (1998) o conhecimento profissional dos professores é constituído de quatro componentes de saberes:

Os saberes acadêmicos, que são aqueles alcançados pelo professor durante seu processo de formação inicial. São formados pelos tópicos curriculares das disciplinas, pelos saberes relacionados aos conteúdos a serem ensinados e pelos saberes psicológicos, didáticos e epistemológicos

Os saberes baseados na experiência, que são aqueles provenientes de ideias conscientes desenvolvidas pelos professores durante o exercício da sua profissão. São saberes que se referem aos métodos de ensino, a aprendizagem dos alunos, a natureza dos conteúdos, o papel da programação e da avaliação, os fins e objetivos desejáveis, e os que são compartilhados no ambiente escolar

As rotinas e guias de ação, que são aquelas situações incorporadas pelos professores de forma inconsciente e que ajudam a solucionar problemas do dia- a- dia do docente e são mais resistentes à mudanças. Esses saberes se referem ao conjunto de esquemas implícitos que predizem o curso imediato dos acontecimentos na aula e a maneira de como abordá-la. As ações dos professores para manter o silêncio dos alunos na sala de aula, mesclando transmissão de conteúdos com explicação e sugerindo que os alunos resolvam listas de exercícios, são exemplos de rotinas e guias de ação.

As teorias implícitas, que são aquelas que podem explicar as ações dos docentes, todavia eles geralmente não são conscientes delas. Por exemplo, o professor pode não ter

consciência da teoria que embasa uma estratégia de ensino tradicional (quase que exclusivamente na transmissão verbal do conteúdo disciplinar). Esta forma de pensar e de agir pressupõe uma teoria apropriação aprendizagem formal de significados onde se ensina para a memorização de conteúdos e sem considerar os conhecimentos prévios dos alunos (PORLÁN e RIVERO, 1998, p.62)

Para Porlán e Rivero (1998, p.63) “o conhecimento profissional dominante costuma ser o resultado de uma justaposição destes quatro tipos de saberes, que são de natureza diferente, é gerado em momentos e contextos distintos”.

De acordo com Harres *et al.* (2005), o planejamento e a execução de uma aula do professor se relacionam com seu saber ou conhecimento profissional. Assim, este fazer pedagógico reflete o modelo de apoio do professor (HYGINO, 2015)

Para Porlán e Rivero (1998), as atuações e concepções dos professores frente ao processo de ensino-aprendizagem, podem ser representadas por meio de quatro modelos didáticos: 1) o tradicional, 2) o tecnológico e 3) o espontaneísta, caracterizados como modelos de transição, e 4) o modelo investigativo.

O modelo didático tradicional se caracteriza pela transmissão de conhecimentos, na qual os conteúdos são pensados em sequências lineares e rígidas. A metodologia é a transmissão verbal do professor e uso quase exclusivo do livro-texto. Avalia-se a memorização mecânica dos conteúdos e não considera o conhecimento prévio do aluno. O professor tem papel ativo, enquanto o aluno, passivo.

O modelo tecnológico tem o objetivo de ensinar adequadamente as ciências, utiliza-se de materiais didáticos atualizados e tem planejamento metodológico rigoroso. A avaliação tem como objetivo quantificar a aprendizagem e verificar a eficiência desta sistemática de ensino. O aluno tem, ainda, papel passivo.

No modelo espontaneísta, as ideias dos alunos têm ênfase, os conteúdos atendem aos seus interesses, as atividades não são previamente planejadas, valoriza-se apenas a experiência dos professores, e a avaliação se dá através da participação dos alunos.

O modelo investigativo, por sua vez, propõe um ensino no qual tanto alunos quanto professores exercem um papel ativo. Enfatizam-se as situações-problema que exigem dos alunos posturas investigativas, nas quais, devem elaborar hipóteses e propor soluções. As atividades são contextualizadas, com temas socialmente relevantes e com incentivo da atuação dos alunos. A avaliação tem como objetivo identificar as dificuldades dos alunos e promover reflexões sobre a construção dos conhecimentos dos estudantes.

Para Porlán e Rivero (1998), o processo de formação de professores de ciências deve se guiar por hipóteses de progressão, ou seja, devem estar centradas em estratégias que favoreçam a evolução dos conhecimentos profissionais docentes, a fim de que possa ocorrer uma mudança concreta da prática dos professores.

Segundo esses autores, esse conhecimento é constituído pelo conjunto de crenças, conhecimentos específicos, rotinas e técnicas que, na sua forma desejável, envolveria a integração dessas dimensões de forma complexa, crítica, evolutiva e investigativa em sala de aula.

Além disso, deve-se considerar as ideias sobre ensino e aprendizagem apresentadas pelos professores antes de iniciar seu processo de formação, sendo essas, possivelmente, o ponto de partida dos processos formativos. Portanto, a formação dos professores seria um processo de (re) construção gradual e contínua de seu conhecimento profissional, cuja intencionalidade destina-se à construção de estratégias para a superação dos problemas da prática docente. Esta construção, concebida evolutivamente, deve desenrolar-se em um contexto de explicitação, reflexão e discussão sobre seu conhecimento profissional prévio e seu confronto com novas concepções, para possibilitar mudanças ao mesmo tempo conceituais, metodológicas e atitudinais dos professores (HARRES *et al*, 2008).

Neste caso, a evolução é entendida como a passagem de concepções e ações docentes, inicialmente simples e, na maioria das vezes, implícitas, relacionadas com o modelo didático tradicional, para outras progressivamente mais complexas e conscientes, "embasadas em uma visão integradora das relações entre ciência, ideologia e cotidianidade e no desenvolvimento dos princípios de autonomia, diversidade e negociação rigorosa e democrática de significados" (PORLÁN e RIVERO, 1998, p. 56).

O planejamento do curso de formação continuada em história da ciência seguiu o modelo investigativo descrito em Porlán e Rivero (1998) porque reconheceu os conhecimentos prévios dos docentes e possibilitou analisar a construção dos conhecimentos dos professores em relação: à natureza da ciência, aos conceitos científicos e aos aspectos culturais como, por exemplo, os impactos da ferrovia na cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES. Além disso, oferecemos aos professores de física subsídios teóricos - metodológicos para que eles conduzam um ensino de física investigativo com seus alunos.

### 3.1.2- Modelo didático para a Educação à distância

O curso de formação continuada de história da ciência no ensino de física foi organizado de acordo com um modelo pedagógico para EAD.

O conceito de modelo pedagógico (MP) focado na EAD é, de acordo com Behar (2009, p.24). “[...] Um sistema de premissas teóricas que, explica e orienta a forma como se aborda o currículo e que se concretiza nas práticas pedagógicas e nas interações professor/aluno/objeto de estudo”. O modelo pedagógico tem como base as concepções epistemológicas e pedagógicas

O modelo é composto por alguns elementos essenciais que são apresentados na figura abaixo:

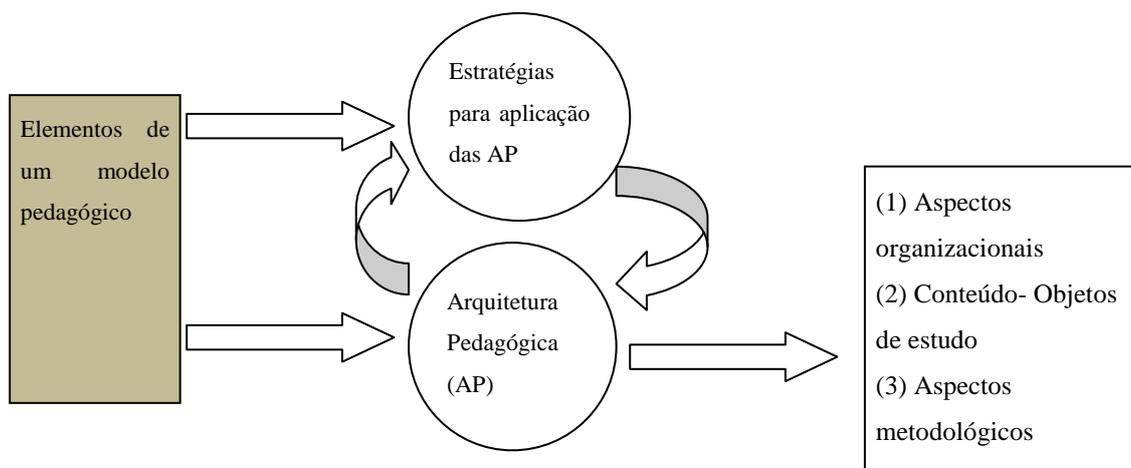


Fig. 4- Elementos de um modelo pedagógico em EAD. Fonte: Behar (2009)

A essência do modelo está na arquitetura pedagógica (AP) que organiza e ampara a prática e são aplicadas por meio de estratégias pedagógicas. Para Behar (2009), a AP é construída pelos seguintes fatores:

(1) Fundamentação do planejamento /proposta pedagógica (aspectos organizacionais, em que estão incluídos os propósitos do processo de ensino aprendizagem a distância, a organização do tempo e do espaço e as expectativas na relação da atuação dos participantes (aspectos organizacionais)

(2) Conteúdo - materiais instrucionais e/ou recursos informáticos utilizados-objetos de aprendizagem, software e outras ferramentas de aprendizagem (conteúdo)

(3) Atividades, formas de interação/comunicação, procedimentos de avaliação e a organização de todos esses elementos numa sequência didática para a aprendizagem (aspectos metodológicos).

(4) Definição do ambiente virtual de aprendizagem (AVA) e suas funcionalidades, ferramentas de comunicação tais como vídeo e/ou teleconferência, entre outros (aspectos tecnológicos).

A organização do curso de formação continuada à distância de história da ciência para professores de física está de acordo esses elementos da arquitetura pedagógica e está descrito no item 3.2.2.3.

### 3.1.3- Referencias da epistemologia da ciência.

Para analisar as respostas dos professores nos baseamos nos referenciais originais da epistemologia da ciência tais como: (BACON, 1997; FLECK, 1986; FEYRABEND, 1977; KUNH, 2009 e POPPER, 1972). Não pretendemos elencar todos os conceitos descritos nas obras originais desses filósofos. Descreveremos apenas alguns conceitos relacionados diretamente com as respostas dos professores que apareceram no ambiente virtual.

O método empírico-indutivo descrito em Francis - Bacon (1561-1626) apresenta como uma sequência rígida de etapas que o cientista deve seguir para fazer a investigação científica: observação dos fenômenos (neutra e objetiva) – acumulo de dados- geração de hipóteses- comprovação/ verificação- resultados- conclusões. Caso a hipótese não seja confirmada, o cientista volta a seguir, na sequência, os mesmos passos anteriores.

Segundo Bacon, a investigação científica “consiste no saltar-se das sensações e das coisas particulares aos axiomas mais gerais” [...] (BACON, 1997, p. 9). Comenta ainda que “a constituição de axiomas por meio dessa indução, é necessário que se proceda a um exame ou prova [...] (BACON, 1997, p. 63)

Percebemos assim que o método científico descrito por Bacon baseia-se na indução, ou seja, os resultados (leis e teorias) obtidos com as observações ou experimentos (dados empíricos) são translados de um caso particular para um caso geral.

No método hipotético- dedutivo descrito em Karl Popper (1902-1994) a hipótese assume um papel essencial na construção do conhecimento científico e antecede as observações ou experimentos. Zannetic (2008, p.33) resume as etapas desse método: a) existência de um problema a ser resolvido; b) procura de soluções para o problema através da elaboração de várias hipóteses tentativas e a escolha de uma delas segundo o critério de aceitar aquela que apresenta maior grau de possibilidades de refutação; c) dedução de consequências dessa hipótese; d) critério de refutabilidade em ação: a hipótese é testada, isto é, procura-se refutá-la buscando contraexemplos significativos; e) passando por esse teste, isto é, na ausência de refutação, a hipótese se transforma na nova teoria; f) em caso de uma descoberta refutadora ou de uma dedução não confirmada, voltamos ao estágio inicial.

Percebemos que para Popper além de atribuir a importância às hipóteses ele fala em refutação ao invés de indução. Para ele o processo indutivo não existe e as experiências científicas servem para falsificar determinadas teorias:

[...] só reconhecerei um sistema como empírico ou científico se ele for passível de comprovação pela experiência. Essas considerações sugerem que deve ser tomado como critério de demarcação não a *verificabilidade*, mas a *falseabilidade* de um sistema. Em outras palavras, não exigirei que um sistema empírico seja suscetível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: *deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico*. (POPPER, 1972, p. 42)

Percebemos a partir de Bacon e Popper que não existe um método único para explicar a elaboração de leis e teorias.

A concepção de que existe uma diversidade de métodos para a elaboração das leis e teorias é descrita em Paul Feyerabend (1924-1994). No seu livro contra o método ele afirma que: “unanimidade de opinião pode ser adequada para uma igreja, para as vítimas temerosas ou ambiciosas de algum mito (antigo ou moderno) ou para os fracos e conformados seguidores de algum tirano” (FEYERABEND, 1977, p.57).

Thomas Kuhn (1922-1996) acredita que a construção do conhecimento científico não ocorre de maneira linear, cumulativa e contínua e sim apresenta crises, rupturas e revoluções. Segundo ele muitos cientistas tendem a conceber as leis e teorias científicas como se fossem contruídas de maneira linear porque:

Os cientistas são mais afetados pela tentação de reescrever a história em parte porque os resultados da pesquisa científica não revelam nenhuma dependência óbvia com relação ao contexto histórico da pesquisa e em parte porque, exceto durante as crises e as revoluções, a posição contemporânea do cientista parece muito segura (KUNH, 2009, p.178)

Ludwig Fleck (1896-1961) explica que a natureza da ciência é um empreendimento coletivo, porém o trabalho em equipe não acontece simplesmente pela sobreposição das contribuições individuais:

O trabalho em equipe pode apresentar duas formas: pode ser simplesmente aditivo, como, por exemplo, o levantar em comum um peso, ou pode ser um trabalho coletivo propriamente dito que consiste em criar, mediante o esforço conjunto, uma estrutura especial que não é igual à soma dos trabalhos individuais e é comparável a uma partida de futebol, a uma conversação ou o atuar de uma orquestra. Como poderia considerar-se a atuação de uma orquestra, passando por alto o significado e as regras de cooperação, como a mera soma do trabalho dos instrumentos individuais? (FLECK, 1986, p.145, apud SZCZEPANIK, 2005, p.26).

Fleck, então, caracteriza os tipos de trabalho em equipe. O processo de coletivização da ciência se caracteriza pela “impossibilidade de se fazer ciência de forma individual” (REIS, 2014, p. 224). Segundo a autora a impossibilidade de se fazer ciência de forma individual ocorreu principalmente a partir da segunda metade do século XX, onde a ciência ganhou um *ethos* mais gerencial do que acadêmico devido à dependência da ciência com as atividades industriais.

As idéias contidas nesses referenciais sobre a epistemologia da ciência foram incorporadas para a educação científica.

Conforme salientado no capítulo 2, a chamada visão consensual da natureza da ciência para a educação científica “contém afirmações curtas, diretas e de caráter geral sobre a ciência” (MARTINS e RYDER, 2014) e fornece aos pesquisadores um instrumento para mensurar a aprendizagem de alguns aspectos da natureza da ciência. Além disso, pode segundo MATTHEWS (2012), proporcionar aos professores e alunos refletir sobre algumas questões da natureza da ciência. A visão consensual representou um esforço dos cientistas e filósofos para estabelecer conteúdos significativos para ensinar aspectos da construção do conhecimento.

### 3.2- Metodologia.

#### 3.2.1-Metodologia qualitativa de análise

Segundo Gaskell (2005) a maioria dos pesquisadores da área de ciências sociais e humanas, em nosso país, se utiliza dos métodos qualitativos em suas pesquisas. Esse tipo de pesquisa se dirige a observações de fatos ou situações sociais. Para Moreira (2009) o pesquisador se insere no fenômeno de interesse. Os dados obtidos através dessa participação ativa são de natureza qualitativa. Deste modo, não é de interesse desse tipo de pesquisa fazer inferências estatísticas, o enfoque é descritivo e interpretativo. Assim, “através de uma narrativa detalhada, o pesquisador busca credibilidade para seus modelos interpretativos” (MOREIRA, 2009, p.7)

A pesquisa qualitativa envolve a obtenção de dados descritivos, obtido no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes (Boldan e Biklen (1982). Forato (2009), a partir dos trabalhos de Ericson (1998) e Ludke e André (1986), cita as principais características das pesquisas qualitativas:

- Promover um contato entre o pesquisador e a fonte de dados.
- Utilizar instrumentos de coleta de dados, como relatos de entrevistas, citações, fotografias, vídeos, questionários abertos com o objetivo de caracterizar a situação da maneira mais completa possível.
- Buscar compreender o ponto de vista dos participantes do estudo, que podem ser obtidos a partir de uma diversidade de instrumentos.
- Analisar e tirar conclusões a partir dos dados.

Nesta mesma linha, Moreira (2009) descreve, para a pesquisa qualitativa, seus pressupostos, objetivos, métodos, o papel do pesquisador e a retórica.

- Não há dualismo sujeito-objeto. Verdade é questão de concordância em um contexto.
- Procuram a explicação interpretativa.
- Ocupam-se de observação participativa; significados individuais e contextuais; interpretação e desenvolvimento de hipóteses.
- A retórica é persuasiva, descritiva, detalhada, extenso uso de transcrições, documentos, exemplos, comentários interpretativos.
- O pesquisador fica imerso no fenômeno de interesse; participante. Faz anotações, ouve, observa, registra, documenta, busca significado, interpreta.

Para coletar os dados da pesquisa utilizamos diversos instrumentos como questionários abertos, fóruns e vídeos. Assim o pesquisador ficou atento e imerso no trabalho de pesquisa buscando sempre entender as “manifestações humanas observáveis” (GÜNTHER, 2006). Os dados foram obtidos através de uma plataforma virtual utilizada para elaborar e executar o minicurso a distância de história da ciência no ensino destinado à professores de física do Ensino médio da Região Sul do Espírito Santo.

### 3.2.2- Desenvolvimento do trabalho

A elaboração da pesquisa seguiu os seguintes passos:

- Conversa com o Diretor de pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) – Campus - Cachoeiro sobre a possibilidade de implementação do curso de extensão à distância de história da ciência no ensino.
- Conversa com as técnicas pedagógicas da secretaria de educação de Cachoeiro de

Itapemirim para entender o perfil dos professores e seu cotidiano na sala de aula.

- Levantamento do perfil dos professores que participaram do minicurso.
- Consulta ao currículo do ensino básico da secretaria de educação do Espírito Santo (SEDU-ES).
- Seleção dos conteúdos de história da ciência trabalhados no minicurso.
- Desenvolvimento do mapa de atividades do curso
- Construção do minicurso no ambiente virtual
- Aplicação do minicurso
- Coleta de dados
- Análise dos dados.

### 3.2.2.1- Perfil dos professores que participaram da pesquisa

Conhecer quem são os professores, a sua formação e suas representações são condições essenciais tanto para traçar-se esse perfil, quanto para se pensar na elaboração de política de desenvolvimento profissional para esses docentes (LEITE e MOREIRA, 2000)

Participaram da pesquisa onze professores de física do ensino médio. Com a finalidade de ocultar os nomes dos professores será utilizado um código para identificá-los. Através da ficha de inscrição do curso foi possível coletar algumas informações sobre esses docentes como faixa etária, escolaridade, cidade em que lecionam e vínculo empregatício.

Em relação à faixa etária, durante a realização do curso, quatro professores têm idade entre 25 e 30 anos (AM, CS, CR e TL); dois professores, entre 31 e 40 anos (LS e CM), um professor, com idade entre 41 e 50 anos (AP), quatro professores com idade entre 51 e 61 anos (EA, MM, MR WS).

Sobre a escolaridade, dez dos onze professores são licenciados em física (AP, CR, EA, LS, MM, AM, CM, MR, TL e WS) e apenas a professora CS é licenciada em biologia. Todos os professores que participaram da pesquisa possuem curso de pós- graduação “*lato-sensu*” como titulação máxima. A especialização, no entanto é bastante diversificada: os professores AM, AP e CR possuem especialização em metodologia do ensino de física; a professora CS, em metodologia do ensino de química; os professores EA e WS, em física e Matemática; a professora LS, em educação de jovens e adultos; a professora MM, em física; a professora CM, em educação inclusiva; a professora MR, em planejamento educacional e o professor TL, em educação ambiental.

De acordo com o edital 0662014 será atribuído seis pontos para os professores que possuírem “Pós-Graduação *“lato sensu”* Especialização em Educação ou na própria área de conhecimento da licenciatura plena ou em área de conhecimento correlata/afim ao desempenho das atribuições inerentes ao cargo/função” (SEDU, 2014)

Acreditamos assim, que a procura dos professores pela pós- graduação *“lato- sensu”* acontece pelo interesse em cada especialização e também para aumentar a pontuação deles em um possível processo seletivo de contratação de professores designados.

Em relação aos municípios do Estado do Espírito Santo em que os professores lecionam, dois professores lecionam na cidade de Rio Novo do Sul (CS, TL), três na cidade de Cachoeiro de Itapemirim (EA, MM e WS); três em Muqui (AM, CM, MR), dois professores lecionam em Mimoso do Sul (CR, LS) e um professor leciona no município de Alegre (AP). As cidades vinculadas à Secretária de educação de Cachoeiro de Itapemirim são: Cachoeiro de Itapemirim; Castelo; Iconha; Vargem Alta; Muqui; Atílio Vivácua; Rio Novo do Sul; Mimoso do Sul; Presidente Kenedy; Itapemirim; Jerônimo Monteiro e Marataízes. Assim podemos dizer que nossa amostra leciona em quatro cidades da região sul do Estado do Espírito Santo. O professor de física AP não leciona nos municípios vinculados à Secretaria da educação de Cachoeiro de Itapemirim. Ele leciona física na cidade de Alegre, município que pertence a Secretaria de Educação de Guaçuí- ES. O professor AP ficou sabendo do curso através de amigos e por telefone disse que desejava se inscrever. A participação dele foi imediatamente autorizada pelo pesquisador.

Sobre o vínculo empregatício, nove professores são contratados e dois são efetivos no Estado do Espírito Santo.

Acreditamos que além do interesse pela história da ciência, os professores contratados procuraram o curso de formação continuada para aumentar sua pontuação de qualificação no processo seletivo para contratação para professores temporários do Estado do Espírito Santo. De acordo com o edital 0662014 o curso de formação continuada na área de educação com carga horária de 80 a 179 horas, concluído no período de janeiro de 2008 a outubro/2014, valerá 0,5 pontos por curso (SEDU, 2014).

Nosso curso de formação continuada, portanto, com 80 horas de duração atendeu ao critério estabelecido pelo edital 0662014 e contribuiu ou contribuirá para o aumento da pontuação dos professores nos processos seletivos.

### 3.2.2.2- A Elaboração do minicurso

As etapas do minicurso envolveram planejamento e execução. O planejamento foi baseado em dois modelos, o modelo investigativo de ensino e um modelo pedagógico em EAD que contempla aspecto da arquitetura pedagógica, conforme descrito no ítem 3.1.2 desta tese.

O modelo investigativo propõe um ensino no qual tanto alunos quanto professores exercem um papel ativo. Enfatizam-se as situações-problema que exigem dos alunos posturas investigativas, nas quais, devem elaborar hipóteses e propor soluções. As atividades são contextualizadas, com temas socialmente relevantes e com incentivo da atuação dos alunos. A avaliação tem como objetivo identificar as dificuldades dos alunos e promover reflexões sobre a construção dos conhecimentos dos estudantes. Para Porlán e Rivero (1998), o processo de formação de professores de ciências deve se guiar por hipóteses de progressão, ou seja, devem estar centradas em estratégias que favoreçam a evolução dos conhecimentos profissionais docentes, a fim de que possa ocorrer uma mudança concreta da prática dos professores.

O modelo pedagógico em EAD contempla os quatro aspectos da arquitetura pedagógica, descritos em Beahr (2009) como: aspectos organizacionais, de conteúdos, metodológicos e tecnológicos. A execução foi conduzida através da estratégia de ensino do estudo de caso histórico (AULAS 3, 4, 5, 6, 7, 8), porém anteriormente explicamos aos professores a trajetória da história da ciência como objeto de pesquisa (AULA 1) e colhemos seus argumentos sobre as vantagens e possíveis desvantagens da história da ciência no ensino (AULA 2).

### 3.2.2.3- O planejamento do minicurso e a arquitetura pedagógica.

O planejamento do curso seguiu modelo investigativo descrito em Pórlan *et al* (1998) porque permitiu colher os conhecimentos prévios dos docentes e analisar a construção dos conhecimentos dos professores no que tange aos aspectos da natureza da ciência, conceitos científicos e os aspectos culturais como os impactos da ferrovia na cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES.

Conforme salientado, o curso foi organizado através de um Modelo em EAD, descrito em Beah (2009) porque seguiu as características da arquitetura pedagógica e contemplou aspectos organizacionais, conteúdo, aspectos metodológicos (entendido aqui como desenvolvimento do trabalho) e aspectos tecnológicos.

#### *Aspectos organizacionais*

Inicialmente realizamos um diagnóstico do campo de estudo, que aconteceu através da seguinte sequência de procedimentos:

- 1) Conversa com o Diretor de pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) – Campus- Cachoeiro sobre a possibilidade de implementação do curso de extensão à distância de história da ciência no ensino.
- 2) Conversa com as técnicas pedagógicas da secretaria de educação de Cachoeiro de Itapemirim para entender o perfil dos professores e seu cotidiano na sala de aula.
- 3) Consulta ao currículo do ensino básico da secretaria de educação do Espírito Santo (SEDU-ES).

### *Conteúdos*

A partir da definição dos problemas, obtidos com o diagnóstico do campo de estudo, iniciamos a fase de estruturar a proposta didática que ocorreu através da construção de um mapa de atividades. O mapa de atividades (apêndice 1) consiste numa tabela com a descrição do tema principal e subtemas (conteúdos), objetivos específicos, atividades e seus graus de dificuldade, recursos da plataforma virtual utilizados, dentre outros (CARNEIRO *et al*,2010). O mapa de atividades é a etapa do planejamento do professor, para a elaboração de uma sala virtual. Os temas de história da ciência trabalhados nos cursos de acordo com o mapa de atividades foram:

- AULA1- Historiografia da ciência
- AULA 2-História da ciência e ensino
- AULA 3- Episódios e estudos de caso históricos
- AULA 4- História da gravitação universal
- AULA 5 - História da Termodinâmica- parte I
- AULA 6 - História da termodinâmica- parte II
- AULA 7- História das Máquinas Simples
- AULA 8- Planejamento de aula com estudos de caso histórico

O curso aconteceu entre os dias 04/08/2014 à 27/09/2014, foi ministrado à distância (com oito aulas, uma em cada semana) e teve dois encontros presenciais. Os encontros

presenciais aconteceram no primeiro e no último dia do curso. O primeiro dia foi destinado à apresentação da disciplina e o último os professores apresentaram o planejamento de aula elaborado na Aula 8.

#### *Aspectos metodológicos e tecnológicos*

A partir do mapa de atividades, construímos a sala virtual (<https://ead.ci.ifes.edu.br/course/view.php?id=52>). Essa ação foi controlada e fundamentada de modo a registrar as informações que em um momento posterior apontou as evidências empíricas dos participantes do curso. Para esse curso, o registro das informações foi obtido através do relatório de participação das atividades propostas pelo professor no ambiente virtual tais como: participação em fórum, interação com a simulação computacional, envio de arquivo único, acesso aos vídeos disponíveis, dentre outros. A plataforma virtual utilizada foi o Moodle, que é, segundo Ferrari (2008) um ambiente desenvolvido em 1970 que contém diversos recursos criados especialmente para a educação à distância tais como links a vídeos ou simulações computacionais, fórum, questionários, tarefas, dentre outros. As ligações externas ou links permitem que o aluno visualize vídeos provenientes da internet.

As ações desencadeadas no curso foram monitoradas pelo pesquisador e por um colaborador. Este último estava disponível para resolver possíveis problemas técnicos que poderiam acontecer. O acompanhamento do curso aconteceu através do diálogo constante com os alunos nos fóruns. Essa ferramenta é um local onde os participantes podem registrar suas dúvidas e/ou as suas colaborações. Um fórum é uma das ferramentas mais eficientes da plataforma Moodle, pois permite a comunicação assíncrona entre os participantes, possibilitando assim que qualquer usuário possa editar e publicar sua opinião sobre um determinado assunto, sem estar conectado ao mesmo tempo com o seu professor ou colega.

Os dados coletados para essa pesquisa foram as respostas dos professores referentes à 1ª e 3ª fases dos estudos de casos históricos (ver item 3.4.2), os comentários postados pelos docentes nos fóruns bem como o planejamento de aula que eles elaboraram.

#### 3.2.2.4- Os episódios históricos selecionados

Os episódios históricos<sup>18</sup> são aproximações da história da ciência e o ensino de ciências muito valorizadas nos últimos anos (ALLCHIN, 2010; HYGINO, 2011; FORATO, 2009; MARTINS, 2006.). A utilização correta dos episódios históricos favorece: a) O entendimento das relações entre ciência, tecnologia e sociedade (HYGINO, 2011; MARTINS, 2006), b) A compreensão do processo de desenvolvimento do conhecimento científico como um processo que ocorre de maneira lenta e gradativa, com erros, dúvidas, discussão e debates essenciais para a edificação de teorias e leis (HYGINO, 2011; MARTINS, 2006), c) a compreensão do trabalho dos cientistas como um esforço coletivo no sentido de aprimorar e discutir um conhecimento existente (HYGINO, 2011; MARTINS, 2006; BASTOS e KRASILCHIK, 2004).

Segundo Irwin (2000), Vannuchi, (1996) e Matthews (1995) a incorporação de episódios históricos pode suscitar uma compreensão mais adequada do desenvolvimento, estabelecimento e divulgação do conhecimento científico, bem como sobre suas influências sobre a sociedade, sua aceitação ou rejeição, entre outros pontos.

A seguir serão descritos os três episódios trabalhados na nossa pesquisa e suas relações com o ensino de ciências.

#### *Episódio 1: A expedição do francês Pierre Couplet ao Brasil em 1698*

Esse episódio retrata a expedição do francês Pierre Couplet ao Brasil em 1698, que utilizou um relógio de pêndulo para fazer medições da aceleração gravitacional local com o objetivo de verificar o formato da Terra. Os cientistas franceses, seguidores de René Descartes, acreditavam que a Terra era alongada nos pólos, enquanto que os cientistas ingleses, seguidores de Isaac Newton, afirmavam que a Terra era achatada nos pólos.

No fim do século XVII os relógios de pêndulo começaram a ser utilizados para medir a variação da aceleração da gravidade local. A teoria Newtoniana mostra que o período de pêndulo simples é inversamente proporcional à aceleração gravitacional. Esta última, por sua vez é inversamente proporcional à distância da superfície ao centro da Terra. Se a teoria newtoniana estivesse correta, um relógio de pêndulo oscilando no equador terrestre sofreria um atraso, se comparado com outros pontos da Terra. Porém, se o relógio de pêndulo adiantasse, a teoria newtoniana seria falsificada.

---

<sup>18</sup> Episódio histórico é o curso dos acontecimentos na História e as questões intrínsecas a eles, por exemplo, o contexto da época, aspectos filosóficos, metodológicos, ideológicos e epistemológicos, controvérsias e obstáculos enfrentados pelos cientistas, entre outras coisas (MOURA, 2008, p.2)

Esta discussão associada a outras que ocorriam na mesma época motivaram a realização de várias expedições científicas pelo mundo, entre elas, a expedição do francês Pierre Couplet à Paraíba, no Brasil. A escolha do local ocorreu devido à proximidade do Estado da Paraíba com a linha do Equador. Couplet chegou ao Brasil em 1698, trazendo um relógio de pêndulo. Na Paraíba, regulou o seu relógio de acordo com o movimento médio do sol.

Inicialmente Couplet colocou seu relógio de pêndulo com o mesmo comprimento que se encontrava em Paris e começou a observar o seu relógio em relação ao movimento médio do sol, percebendo que seu relógio sofria um atraso de 4 minutos e 12 segundos a cada 24 horas, em relação a este movimento. Couplet encurtou o pêndulo até que seu relógio estivesse ajustado de acordo com o movimento médio:

Quando cheguei à Paraíba, no mês de março de 1698, meu primeiro cuidado foi o de regular meu relógio e colocá-lo exatamente de acordo com o movimento médio (do sol), tanto para conhecer a diferença do comprimento do pêndulo, como para me preparar para fazer as observações dos satélites de Júpiter para determinar a longitude desta vila. De início, coloquei meu pêndulo no estado em que ele se encontrava quando parti de Paris, e o movimentei; descobri que atrasava, de seu movimento médio, 4 min 12s a cada 24 horas. Encurtei, portanto, o pêndulo várias vezes e, após regulá-lo em relação ao movimento médio, achei que o pêndulo devia ser mais curto na Paraíba do que em Paris de 3 linhas e dois traços (Couplet, P., 1700, p. 175, *apud*, Moreira, 1991).

As medidas obtidas por Couplet na Paraíba, juntamente com outras obtidas em expedições realizadas nas proximidades dos pólos, foram citadas por Newton na edição do Principia, de 1713, corroborando com suas previsões acerca da forma da Terra e contrariando as afirmações dos cartesianos franceses:

Depois disto, o Sr. Couplet, o filho, no mês de julho, 1697, no Observatório Real de Paris, regulou seu relógio de pêndulo com o movimento médio do sol, mantendo por um tempo considerável o relógio ajustado com este movimento. No mês de novembro seguinte, após sua chegada a Lisboa, achou que seu relógio de andava mais lentamente do que antes por uma taxa de 2 min 13s, em 24 horas. No mês de março seguinte, indo à Paraíba, achou que seu relógio vibrava mais lento do que em Paris em uma taxa de 44 min 12s, em 24 horas; e ele afirma que o pêndulo que batia o segundo em Lisboa era mais curto  $2 \frac{1}{2}$  linhas, e o da Paraíba era mais curto  $3 \frac{2}{3}$  linhas do que o de Paris. Ele teria feito melhor se tivesse calculado que estas diferenças eram  $1 \frac{1}{3}$  e  $2 \frac{5}{9}$  linhas, porque estas diferenças correspondem às diferenças nos tempos de 2 min 13s e 4 min 12s. Mas as observações deste cavalheiro são tão grosseiras que não podemos confiar nelas (Newton, 1962, p.431, *apud* Moreira, 1991).

Percebemos que Newton faz algumas críticas as medidas realizadas por Couplet, mas não deixa de citá-las.

### *O episódio de Couplet e o ensino de ciências*

Este episódio foi trabalhado inicialmente na modalidade do ensino presencial, tendo como público alvo a Educação de Jovens e Adultos e está descrito em Hygino e Linhares (2013). Os critérios utilizados pelas autoras para escolha desse episódio histórico apresentou os seguintes características: a) temas controversos e discussões em torno de um problema científico de uma determinada época, que possibilitassem a formação de uma visão de ciência como uma construção histórica b) Contivesse alguma relação com o Brasil, com a intenção de fortalecer a cultura nacional. O objetivo dessa pesquisa foi analisar se a integração entre estudos de caso históricos e episódios históricos permitem o entendimento correto de conceitos científicos e possibilita reflexões sobre a natureza da ciência. Segundo os autores a análise indicou que a proposta adotada favoreceu a aprendizagem de conceitos relacionados ao pêndulo simples, possibilitou a valorização da cultura científica do Brasil e a problematização de visões sobre a ciência.

O objetivo do nosso trabalho são os mesmos que Hygino e Linhares (2013), porém, este episódio foi trabalhado na formação continuada de professores de física na modalidade do ensino a distância.

### *Episódio 2: O desenvolvimento das máquinas térmicas*

Instrumentos que transformavam energia térmica em energia mecânica existem desde a antiguidade, como, por exemplo, a máquina de Herón (século II- DC.). Essa máquina consistia de uma esfera com dois orifícios. A esfera girava quando recebia o vapor de água proveniente de uma caldeira aquecida. Herón construiu essa máquina térmica na “qualidade de brinquedos mágicos destinados a espantar o vulgo” (CIMBLERIS, 1991).

Entre o século II e o século XVIII, Huygens, Papin e Hautefeuille, construíram máquinas a vapor utilizando como combustível a pólvora (CIMBLERIS, 1991).

No século XVIII apareceram as máquinas a vapor de Savery, Newcomen e de James Watt, com o objetivo de explorar as reservas de carvão. A máquina de Savery foi aprimorada por Newcomen e este por sua vez, teve sua máquina aprimorada por James Watt, pela incorporação do condensador (BRAGA *et al*, 2011, p.38, v 3). O princípio básico das máquinas a vapor consiste na transformação da energia térmica em energia de mecânica. De acordo com Braga *et al* (2011), a construção das máquinas térmicas aconteceu independente dos estudos teóricos. Somente no século XIX, o engenheiro militar francês Sadi Carnot

idealizou uma máquina térmica, que operando em ciclo executava duas transformações isotérmicas e duas adiabáticas. Carnot utilizava a teoria do calórico para explicar o funcionamento da máquina térmica (PIRES, 2008, p.239). Atualmente a teoria do calórico não é aceita para explicar os fenômenos térmicos.

O desenvolvimento das máquinas térmicas criou condições para a construção das locomotivas a vapor que passaram a transportar várias mercadorias e também passageiros.

O Estado Espírito Santo voltou-se para o cultivo de café, a partir de 1830 seguindo uma tendência nacional e internacional. No Brasil, estados como São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro já produziam essa cultura. Nos Estados Unidos, por exemplo, o consumo de café aumentava e esse país buscava novas fontes de abastecimento que não as colônias anglo-holandesas presentes na Ásia, como forma de fugir do controle comercial exercido por Londres e Amsterdã (QUINTÃO, 2008, p.74).

Para escoar essa produção para os outros estados e países, principalmente através dos portos do Rio de Janeiro, existia a necessidade de um transporte eficaz, como os trens.

Segundo o professor de história José Pontes Schayder, autor do livro “ Como se tem escrito a história do Espírito Santo”, a localização geográfica de Cachoeiro de Itapemirim-ES foi um fator que possibilitou o seu desenvolvimento econômico; localizada no último ponto navegável do rio Itapemirim, a cidade se especializou, inicialmente, na recepção e exportação do café de todo o vale do rio através de barcos a vapor; com o aumento da produção de café, foi construída (em 1887) entre Cachoeiro e Alegre a Estrada de Ferro Caravelas, a primeira linha ferroviária do Espírito Santo – foi construída com o propósito de escoar a produção do vale do rio Itapemirim até Cachoeiro e, daí, seguir, rio abaixo, até a barra do rio, onde era reembarcada em navios para seguir até o Rio de Janeiro; um pouco mais adiante (1903), chegará a Cachoeiro a ferrovia Leopoldina Railway Company, que ligou a cidade até Niterói, no Rio; em 1910, uma extensão dessa ferrovia, passando pelas serranias capixabas, pôs Cachoeiro em conexão com Vitória; em 1912, a estendeu-se a Estrada de Ferro Caravelas até Espera Feliz (MG); por fim, em 1927, um novo tronco ferroviário foi criado entre Cachoeiro e o atual município de Marataízes – o objetivo desse braço ferroviário era escoar a produção de açúcar da usina localizada no baixo Itapemirim. Desse modo, Cachoeiro, por sua estratégica posição geográfica, foi se transformando num grande entroncamento ferroviário com o propósito de escoar a produção agrícola do Espírito Santo.

*O episódio das máquinas térmicas e o ensino de ciências*

Parte desse episódio histórico foi aplicado por Alves (2012) com uma turma de professores em formação inicial como público alvo. A autora trabalhou conceitos de física, aspectos da natureza da ciência e as conseqüências do barco à vapor na cidade de Campos dos Goytacazes-RJ. Neste último foco a autora trabalhou o impacto desta tecnologia na economia, política e sociedade do século XIX. A análise da autora mostrou que a “prática desenvolvida proporcionou maior compreensão dos conceitos científicos estudados, permitiu que os alunos pudessem refletir sobre a natureza da ciência, além de favorecer o entendimento da ciência e sua relação com a cultura” (Alves, 2012, p. Xi).

Considerando que a proposta da autora se revelou promissora, decidimos adaptar este episódio para o contexto do nosso trabalho. Adotando uma turma de professores de física na formação continuada como público alvo, tínhamos como meta trabalhar aspectos conceituais de física, refletir sobre a natureza da ciência e mostrar as conseqüências políticas, econômicas, sociais e culturais da locomotiva a vapor na cidade de Cachoeiro de Itapemirim-ES. Para viabilizar essa última meta contamos com a parceria de um professor de história para o planejamento da proposta.

### *Episódio 3: O Jesuíta Inácio Monteiro: As máquinas simples e as controvérsias no ensino de ciências do século XVIII*

Este episódio retrata as controvérsias entre os pensamentos dos padres Jesuítas, defensores das idéias de Aristóteles, e os padres Oratorianos, que sustentavam idéias mais modernas associadas à revolução científica. Porém, alguns padres Jesuítas possuíam idéias modernas principalmente em relação ao pensamento iluminista que se disseminava na Europa do século XVIII. O Padre Jesuíta Ignácio Monteiro foi um expoente do pensamento moderno e acreditava que o mundo era descrito por máquinas. A sua obra “Compêndios dos elementos de Matemática” escrita em 1754 descreve o funcionamento das Máquinas Simples, como por exemplo, as alavancas. Ao contrário de muitos outros colegas jesuítas que defendiam o ensino da doutrina religiosa de Aristóteles nas escolas portuguesas, Monteiro trabalhou esse livro na Universidade de Coimbra antes mesmo da reforma pombalina. A descrição das alavancas com o formalismo da época se assemelha aos conceitos descritos atualmente. Uma alavanca é constituída por um hypomiclio (ponto de apoio), a potência (força potente) e a resistência (força resistente).

#### *O episódio de Monteiro e o ensino de ciências*

No final do ano de 2013 fomos apresentados pela professora Marília Paixão Linhares da Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF), um pré-projeto que envolvia uma parceria entre a universidade de Aveiro de Portugal e o Brasil, com o objetivo de divulgar episódios históricos ocorridos no país do velho mundo e a sua antiga colônia. Nesse cenário fomos apresentados o livro de atas do congresso Luso- Brasileiro publicado no ano de 2011. Após a leitura do sumário, me identifiquei com o Título “*Entre os «antigos» e os «modernos»: as querelas sobre o ensino das ciências que antecederam a reforma pombalina da universidade*” (AZEVEDO, 2011, P.119) porque tinha a possibilidade de conhecer as controvérsias do ensino português no século XVIII para trabalhar com os professores do ensino médio. Durante a leitura do artigo encontrei no Pe Ignácio Monteiro um expoente da reforma do ensino de Portugal, porque ele era um Jesuíta com ideias modernas. A partir daí, pesquisei na internet sobre as principais obras desse personagem, com o objetivo de conhecer o seu trabalho para a elaboração de um estudo de caso. Inicialmente encontrei apenas fontes secundárias que relatavam o seu trabalho com máquinas simples. Infelizmente essa fonte não contemplava todos os elementos que precisava para montar o estudo de caso, e, além disso, algumas passagens se mostravam incompreensíveis. A partir do diálogo com meu orientador de doutorado (Fernando Luna, também da UENF), ele me indicou onde encontrar o livro original. Esse livro está na biblioteca do Caraça- localizada na cidade de Santa- Bárbara- MG. Agendei uma visita a essa biblioteca e, após algumas trocas de e-mail com a bibliotecária Vera Garcia, fui informado da existência do volume um da obra “Compêndio dos Elementos de Matemática” do Padre Ignácio Monteiro, escrita em língua portuguesa no ano 1754. No dia 05 de maio de 2014 percorri os 420 Km entre as cidades de Cachoeiro de Itapemirim-ES e Santa Bárbara –MG. Chegando lá, fui muito bem recepcionado pela bibliotecária Vera Garcia e pela sua assistente Kelly. Tive que usar luvas para manusear o livro, devido ao estado das folhas. Apesar de desgastado com o tempo o livro estava totalmente legível e apresentava poucas folhas rasgadas (Figura 5).



Fig. 5: Consulta ao livro “Compêndios dos Elementos de Matemática” de Inácio Monteiro na biblioteca do Caraça.

Alguns excertos da obra de Monteiro foram trabalhados com os professores participantes da nossa pesquisa. As controvérsias do ensino em Portugal no século XVIII foram debatidas em um fórum de discussão.

#### 3.2.2.5- A estratégia de ensino predominante na pesquisa

O minicurso de história da ciência no ensino foi elaborado segundo as diretrizes do estudo de caso histórico. O método de estudo de caso é uma estratégia de ensino que se utiliza de narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões ou dilemas (HERREID, 1994). A aproximação dos estudos de caso à história da ciência se deve, à capacidade dos estudos de caso proporcionar a compreensão de fatos, valores e contextos presentes em sua narrativa. A elaboração dos estudos de caso históricos tomam como base as orientações de Stinner *et al.* (2003), que o estruturam em três partes: 1) contexto histórico; 2) experimentos e ideias principais; 3) implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências.

Quando um estudo de caso histórico é trabalhado os estudantes seguem três passos (Linhares e Reis, 2008): 1) expõem suas ideias sobre problemas apresentados no estudo de caso; 2) são encaminhados textos para leitura, confecção de resenhas, realizadas discussões e atividades práticas em sala de aula; 3) propõem novamente soluções para os problemas levantados no estudo de caso, entretanto considerando os conhecimentos adquiridos durante o processo.

As etapas do estudo de caso estão de acordo com o modelo de ensino investigativo de Pórlan (1998) que propõe um modelo de ensino no qual tanto alunos quanto professores exercem um papel ativo. Enfatizam-se as situações-problema que exigem dos alunos posturas investigativas, nas quais, devem elaborar hipóteses e propor soluções. As atividades são contextualizadas, com temas socialmente relevantes e com incentivo da atuação dos alunos. A avaliação tem como objetivo identificar as dificuldades dos alunos e promover reflexões sobre a construção dos conhecimentos dos alunos.

Nesse sentido, a evolução das concepções dos estudantes desta pesquisa, que nesse caso são professores em formação permanente, será mensurada através da análise da análise da 1ª e 3ª etapas do estudo de caso. Em alguns casos, serão avaliadas algumas atividades provenientes da 2ª etapa.

O uso de estudo de caso no contexto educacional, proveniente de algum episódio histórico favorece, de acordo com El Hani (2006), a aprendizagem dos conceitos físicos e permite a reflexão dos aspectos da natureza da ciência, pois possibilita um estudo detalhado

dos fatos históricos, sociais e culturais envolvidos no trabalho científico. Além disso, o estudo de caso 2 transcende os objetivos propostos por El Hani (2006) pois verificará também o aprendizado do professor em relação aos aspectos culturais locais, especificamente os fatores que contribuíram para o desenvolvimento da ferrovia na cidade de Cachoeiro de Itapemirim-ES.

### 3.2.3- Os estudos de caso históricos trabalhado no curso.

#### 3.2.3.1- Estudo de caso sobre as oscilações e medições realizadas no Brasil Colonial- história da Gravitação Universal.

O quadro a seguir mostra o texto do estudo de caso histórico 1, trabalhado na aula 4 do minicurso.

Desde muito tempo atrás o homem vem se interessando em medir fenômenos que acontecem com frequência ou que se repetem. A medida do tempo é um bom exemplo disso. Diversos instrumentos para medir o tempo foram desenvolvidos como: o relógio de sol, relógios d'água, ampulheta, relógios de pêndulos até chegar aos nossos relógios atuais. O relógio de pêndulo, em especial, além de utilizado para medir o tempo também foi importante para comprovar a Teoria de Newton a respeito do achatamento da Terra nos pólos. Para Newton, um pêndulo que batesse o segundo em Paris sofreria um atraso quando fosse levado para as proximidades do equador. Por isso, o pêndulo passou a ser usado em experiências realizadas em vários pontos da Terra para se medir a variação da aceleração gravitacional com a latitude. Foram feitas diversas observações a fim de comprovar a teoria de Newton e uma delas foi realizada aqui no Brasil por Pierre Couplet.

Couplet na tentativa de comprovar a Teoria de Newton viajou para a Paraíba, no Brasil, em 1698, com um relógio de pêndulo a fim de verificar se este atrasava próximo ao Equador como previa a Teoria de Newton. Suas medições foram incluídas por Newton em sua obra Principia, no volume III da edição de 1713. Com base no episódio apresentado, responda as questões propostas para este estudo de caso.

- 1) Quais os fatores influenciam o movimento do pêndulo.
- 2) Como vimos, existiam explicações diferentes para a forma da Terra, se ela, era alongada, como acreditavam os cientistas franceses, ou achatada como sustentava Newton. Qual foi a importância destas discussões para o desenvolvimento da ciência?

- 3) Em 1687, apesar de Newton, já ter publicado sua teoria sobre o achatamento dos pólos, após as discussões que deram origem as expedições e a partir das medições realizadas em diversas partes da Terra, Newton publicou uma nova edição de sua obra em 1713, citando as medições realizadas, inclusive as de Couplet, a fim de confirmar sua teoria. Comente sobre essa afirmação.
- 4) Na época dos experimentos de Couplet, os conceitos científicos compreendidos naquela época eram os mesmos conceitos que conhecemos atualmente? Responda utilizando os conceitos científicos que você conhece sobre o assunto.

Quadro 4- Texto do estudo de caso1.

#### *Sequência didática do estudo de caso histórico 1*

Inicialmente solicitamos aos professores a leitura do o estudo de caso histórico 1. Em seguida eles responderam às quatro questões dessa narrativa (1ª etapa). Tal procedimento permitiu resgatar conhecimento prévio dos docentes sobre o movimento do pêndulo simples e alguns aspectos da natureza da ciência, neste caso, as controvérsias científicas, a visão coletiva da ciência e a mutabilidade da ciência. Posteriormente os professores realizaram as atividades disponíveis no ambiente virtual (2ª etapa). Tais atividades foram: Leitura do episódio sobre o experimento de Couplet no Brasil, leitura do texto: O Brasil no Principia, visualização de simulações sobre o pêndulo simples e leitura de textos sobre indução, empirismo, método científico e a crítica a indução. Em seguida os professores responderam na 3ª etapa, as mesmas questões propostas na 1ª etapa. A construção do conhecimento dos docentes foi avaliada comparando as respostas da 1ª etapa com a 3ª etapa.

3.2.3.2- Estudo de caso sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas- história da termodinâmica.

O quadro a seguir mostra o texto do estudo de caso histórico 2, trabalhado nas aulas 5 e 6 do minicurso.

Um dos pontos importantes para o desenvolvimento científico foi à relação entre a física e a economia da Inglaterra a partir do século XVII. Durante a revolução industrial dos séculos XVIII e XIX, a necessidade de exploração das reservas de carvão, fez surgir às primeiras máquinas à vapor, como a de Thomas Savery (1698), que tinha a finalidade de bombear água das minas de carvão que ficavam inundadas. Depois desta máquina muitas outras foram aprimoradas, como por exemplo, a máquina de James Watt (1765) que possibilitou o desenvolvimento de atividades fabris, condução de locomotivas e barcos à vapor. Em 1820 o francês Sadi Carnot idealizou o ciclo termodinâmico denominado de ciclo de Carnot. Depois da criação da máquina de Watt houve um enorme crescimento industrial na Europa e na América, inclusive no Brasil provocando mudanças profundas na estrutura econômica, política, social e cultural da civilização ocidental. No Brasil, em várias regiões as máquinas à vapor foram utilizadas para diferentes finalidades. Em Cachoeiro de Itapemirim, a locomotiva a vapor foi usada para transportes de mercadorias e passageiros. Atualmente o vapor é usado indiretamente como fonte de energia, em geradores elétricos e centrais nucleares. Com base no texto acima e seus conhecimentos sobre o assunto, responda as questões para este estudo de caso.

1) Em uma locomotiva a vapor, o vapor de uma caldeira a uma pressão de 16,0 atm entra nos cilindros, é expandido adiabaticamente até 5,60 vezes o seu volume original e, é, então, descarregado para a atmosfera. Calcule a) a pressão do vapor após a expansão e b) a maior eficiência possível da máquina.

2) O desenvolvimento científico se relaciona com aspectos sociais, econômicos, religiosos e artísticos? Justifique

3) Você acredita que a máquina a vapor foi desenvolvida apenas por uma pessoa ou houve contribuições de outras pessoas? Como aconteceram essas contribuições?

4) Você acredita que no início do desenvolvimento das máquinas a vapor os conceitos científicos compreendidos naquela época eram os mesmos conceitos que conhecemos atualmente? Responda utilizando os conceitos científicos que você conhece sobre o assunto.

5) Aponte aspectos positivos e/ou negativos do transporte ferroviário na cidade de Cachoeiro de Itapemirim.

Fonte: adaptado de Alves (2012).

### *Sequência didática do estudo de caso histórico 2*

No primeiro momento, os professores leram o estudo de caso histórico 2 e responderam as cinco questões propostas sobre essa narrativa (1ª etapa). Tal procedimento possibilitou entender os conhecimentos prévios dos docentes sobre a transformação adiabática, sobre alguns aspectos da natureza da ciência (a relação dos conhecimentos científicos com o contexto social, econômico, religioso e artístico; a visão coletiva da ciência e a mutabilidade da ciência) e sobre a cultura local (aspectos positivos e negativos do transporte ferroviário na cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES). Em seguida os professores fizeram algumas atividades disponíveis no ambiente virtual (2ª etapa). Tais atividades foram: visualização de um filme “legenda da ciência: episódio queimar”, que mostra o desenvolvimento das máquinas térmicas; leitura de um texto sobre o funcionamento do Ciclo de Carnot; acesso a documentos que retratam a história da cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES (vídeo e texto). Nesta etapa os docentes de física responderam também a um questionário elaborado por um professor de história sobre os conteúdos descritos no vídeo e no texto. Esses materiais descreviam história de Cachoeiro de Itapemirim. Em seguida, eles visualizaram um vídeo sobre funcionamento da locomotiva a vapor e responderam a uma questão sobre o conteúdo de tal vídeo. Posteriormente os professores responderam na 3ª etapa, as mesmas questões propostas na 1ª etapa. A construção do conhecimento dos docentes foi avaliada comparando as respostas da 1ª etapa com a 3ª etapa.

Para esse estudo de caso histórico analisamos também as respostas dos professores de física obtidas a partir das questões elaboradas pelo professor de história e, as respostas dos docentes de física obtidas na questão da locomotiva à vapor.

3.2.3.3-Estudo de caso sobre o jesuíta Inácio Monteiro: As máquinas simples e as controvérsias no ensino de ciências do século XVIII- história das Máquinas Simples.

O quadro a seguir mostra o texto do estudo de caso histórico 2, trabalhado nas aulas 5 e 6 do minicurso.

Na segunda Metade do século XVIII (1754), o padre Jesuíta Inácio Monteiro publicou o livro denominado de *Compêndio dos Elementos de Matemática*. A obra de Monteiro se enquadrava no pensamento iluminista do século XVIII, pois as máquinas descritas nesse livro representavam a ideia de progresso de um mundo que podia ser compreendido por meio de engrenagens e movimentos repetitivos, explicados com o auxílio da matemática.

Monteiro considerava as máquinas, uma invenção necessária para facilitar o trabalho do homem uma vez que elas possibilitam vencer grandes resistências com pouca força.

Um tipo de máquina descrita por ele é a alavanca que é constituída, em síntese, por uma barra rígida que pode girar em torno de um ponto de apoio, usado geralmente para levantar pesos. Além dessa máquina, o padre estudou outras como as roldanas e balanças. O padre Inácio Monteiro utilizou essa obra como recurso didático em suas aulas de matemática no colégio das artes da Universidade de Coimbra na última década da Companhia de Jesus em Portugal, ou seja, antes de 1759.

Ao utilizar sua obra ele contribuiu para aguçar as controvérsias que existiam em torno do ensino de ciências do século XVIII, pois a maioria dos seus colegas Jesuítas ainda ensinava a filosofia aristotélica aos seus alunos. Ao descrever na sua obra o funcionamento das máquinas simples, Monteiro abriu caminho para uma nova maneira de entender e descrever o mundo que nos rodeia. Como base no texto apresentado, você deve refletir e responder as seguintes questões:

1ª etapa

- a) Descreva o funcionamento da Alavanca e caracterize seus três tipos.
- b) Como você acredita que leis e teorias científicas são elaboradas?
- c) Conhecendo algumas das contribuições ao entendimento das máquinas simples, como a do padre Inácio Monteiro. Como você elaboraria uma aula a respeito do tema máquinas simples?

3ª etapa

- a) Descreva o que você entendeu em cada quadro dos trechos do livro de Monteiro.
- b) Como você acredita que leis e teorias científicas são elaboradas?
- c) Conhecendo algumas das contribuições ao entendimento das máquinas simples, como a do padre Inácio Monteiro. Como você elaboraria uma aula a respeito do tema máquinas simples?

Quadro 6- Texto do estudo de caso histórico 3.

### *A sequência didática do estudo de caso histórico 3*

Iniciamente solicitamos aos professores a leitura do o estudo de caso histórico 3. Em seguida eles responderam à três questões dessa narrativa (1ª etapa). Tal procedimento

permitiu resgatar o conhecimento prévio dos docentes sobre as máquinas simples, sobre o processo de construção das leis e teorias e sobre o planejamento de uma aula do tópico máquinas simples. Em seguida os professores fizeram algumas atividades disponíveis no ambiente virtual (2ª etapa): leitura de fonte primária e participação em fórum de discussão sobre episódio histórico 3. Posteriormente os professores responderam na 3ª etapa, algumas questões modificadas da 1ª etapa. Optamos por modificar tais questões para evitar que o professor repetisse (intencionalmente) a mesma resposta na 1ª e 3ª etapas como acontecera em algumas questões do estudo de caso 2. A construção do conhecimento dos docentes foi avaliada comparando as respostas da 1ª etapa com a 3ª etapa.

Para esse estudo de caso histórico analisamos também as dificuldades de leitura e entendimento dos professores em relação aos excertos de fontes primárias bem como as sugestões dos docentes para facilitar o entendimento deles. Essas atividades foram aplicadas na 2ª etapa.

A seguir apresentamos a técnica utilizada para analisar os dados da pesquisa.

### 3.3- A técnica para analisar os dados.

Para analisar os dados coletados a partir dos estudos de caso, utilizamos a técnica Análise Textual Discursiva (ATD). A ATD propõe-se a "descrever e interpretar alguns dos sentidos que a leitura de um conjunto de textos pode suscitar" (Moraes e Galiazzi, 2011, p.14)

A ATD é constituída por três etapas que ocorrem em um processo cíclico: a) desmontagem dos textos ou unitarização: "implica examinar os textos em seus detalhes, fragmentando-os no sentido de atingir unidades constituintes, enunciados referentes aos fenômenos estudados" (MORAES e GALIAZZI, 2011, p. 11), tendo o cuidado de se manter o contexto de onde o fragmento foi retirado. Segundo Hygino *et al* (2013), nesta etapa deve-se dar atenção aos detalhes e nas partes dos componentes dos textos, uma fase de decomposição necessária a toda análise. É o próprio pesquisador quem decide em que medida fragmentará seus textos. Dessa desconstrução dos textos surgem as unidades de análise, também chamadas de unidades de significado ou sentido. (MORAES e GALIAZZI, 2011, p. 18). Essas unidades podem ser empíricas, coletadas para a pesquisa, e teóricas, provenientes dos autores utilizados para embasar o tema pesquisado (HYGINO *et al* 2013, p.53). No nosso caso as unidades empíricas correspondem à transcrição literal das frases extraídas dos artigos dessa revisão e as unidades teóricas correspondem a outros autores selecionados para embasar essas unidades

empíricas. Cada unidade de análise deve receber título, que represente a ideia principal da unidade e código, a fim de identificar seu texto de origem, bem como sua localização dentro desse texto. O quadro a seguir mostra um exemplo de unidades codificadas e com título:

EC01COUE01MM-fatores que influenciam o movimento do pêndulo

O código apresentado significa a primeira unidade empírica (UE01) do professor MM referente a parte conceitual (CO) do estudo de caso 01 ( EC01). A unidade empírica selecionada é: “*Comprimento*” (MM)

EC01COUE01MM-fatores que influenciam o movimento do pêndulo

O código apresentado significa a primeira unidade empírica (UE01) do professor MM referente a parte conceitual (CO) do estudo de caso 01 ( EC01). A unidade empírica selecionada é: “*Comprimento*” (MM)

EC01COUT02- Relação do período com o comprimento.

O código apresentado significa a segunda unidade teórica (UT02) referente a parte conceitual ( CO) do estudo de caso 01 ( EC01). A unidade selecionada é: [A expressão para o cálculo do período do pêndulo simples é dado por  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  (ARNOLD *et al*, 2011). Nessa expressão onde l é o comprimento do fio e g é a aceleração da gravidade]

EC02NDCUE04MR- a ciência e a arte.

O código apresentado significa a quarta unidade empírica (UE04) referente a parte de Natureza da Ciência ( NDC) do estudo de caso 02 (EC02). A unidade selecionada é: “*cientista e artista sempre pesquisando novas coisas para aprimorar seus conhecimentos artísticos*” (MR)

EC02NDCUT02- influencia de aspectos externos na ciência

O código apresentado significa a segunda unidade teórica (UT02) referente a parte de Natureza da Ciência (NDC) do estudo de caso 02 ( EC02). A unidade selecionada é: [As pesquisas de Leonardo aconteceram no campo através do contato *in loco* com o universo da *práxis* do engenheiro] (Thuillier, 1994, p.97).

b) Estabelecimento de relações ou categorização: consiste na construção de relações entre as unidades de análise, tanto as empíricas, quanto as teóricas. Fazemos isso num processo recursivo de leitura e comparação entre as mesmas, resultando em conjuntos que apresentam elementos semelhantes, daí surgem às categorias. (HYGINO, *et al* 2013, p.53). O quadro a seguir mostra um exemplo de categoria obtida através das unidades empíricas e teóricas mencionada no item anterior:

<p><u>Categoria A (referente ao estudo de caso 1):</u></p> <p>[Os fatores que influenciam no movimento do pêndulo segundo os professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo]</p> <p><u>Categoria B (referente ao estudo de caso 2):</u></p> <p>[Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões adequadas sobre a Natureza da Ciência construídas a partir do estudo de caso 2]</p>
---

Quadro8- Exemplos de categorias emergentes.

Podemos afirmar que a categorização é um processo de criação, ordenamento, organização e síntese (HYGINO *et al*, 2013, p.53). Constitui, ao mesmo tempo, processo de construção de compreensão de fenômenos investigados, aliada à comunicação dessa compreensão por meio de uma estrutura de categorias (MORAES e GALIAZZI, 2011, p. 78).

As categorias de análise da ATD podem ser definidas *a priori* ou pode surgir das leituras (categoria emergente ou *a posteriori*), ou ainda, podem ser mistas. Nesse trabalho, as categorias emergiram dos dados empíricos.

c) Comunicação ou produção de metatextos: nessa etapa, percebe-se uma nova compreensão do todo, possibilitada pelo intenso envolvimento nas etapas anteriores. O objetivo dessa etapa é elaborar um texto descritivo e interpretativo, o qual se denomina metatexto, a partir das categorias. (HYGINO, *et al* 2013, p.53). Segundo Moraes e Galliazzi (2011) saber empregar as categorias construídas na análise para organizar a produção escrita é uma forma de atingir descrições e interpretações válidas dos fenômenos investigados. Afirmam ainda que "a qualidade dos textos resultantes das análises não depende apenas de sua validade e confiabilidade, mas é, também, consequência do fato de o pesquisador assumir-se autor de seus argumentos" (MORAES E GALIAZZI, 2011, p.32).O esquema a seguir resume as etapas da ATD utilizada nesse trabalho:

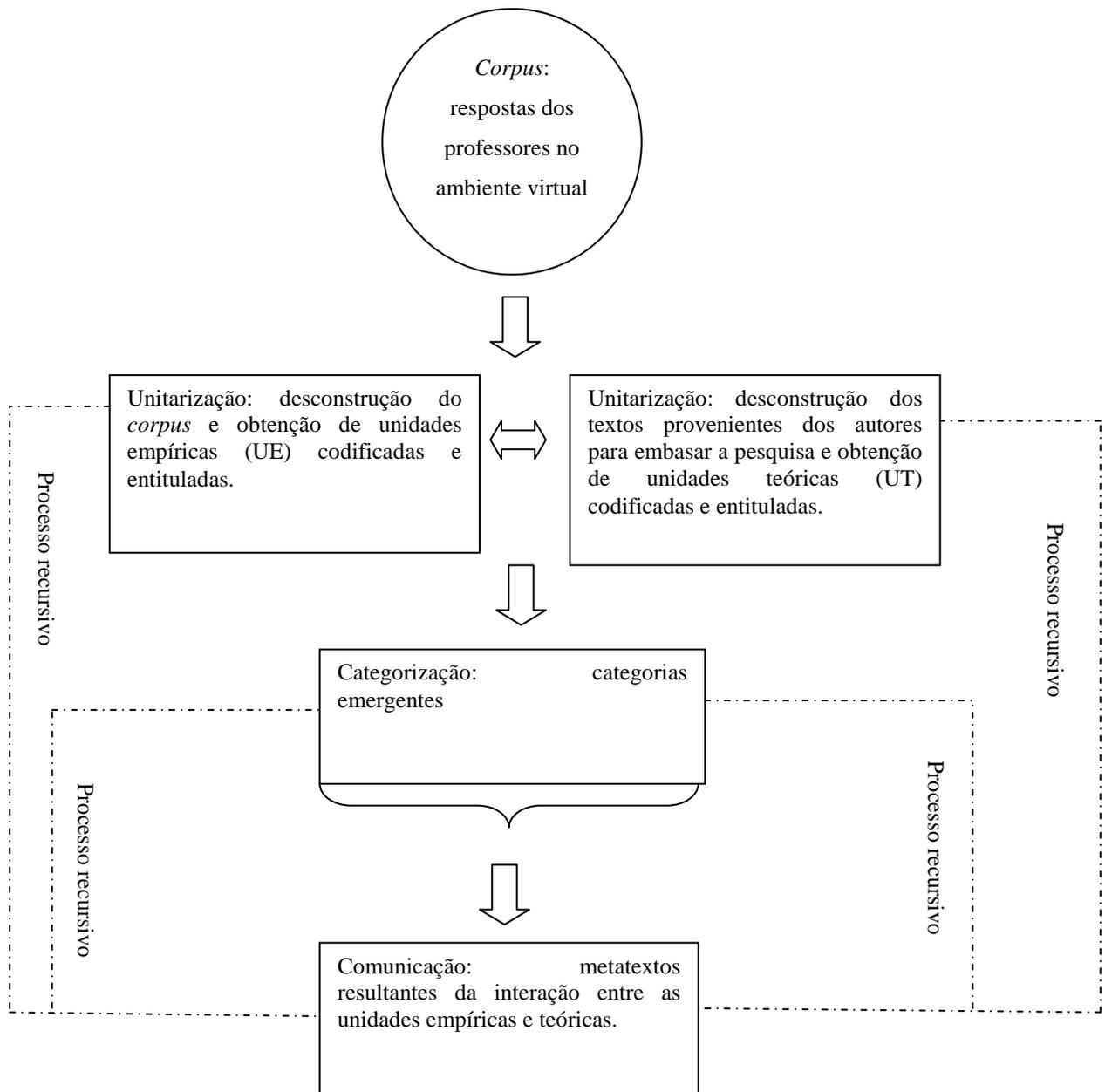


Fig. 6: Síntese das etapas da ATD utilizada na análise dos dados.

A ATD permite um envolvimento intenso do pesquisador com os dados empíricos e teóricos. A utilização dessa técnica facilita a construção de textos cuja retórica é persuasiva, descritiva, detalhada e que se apropria de transcrições, documentos, exemplos e comentários interpretativos; que são características da pesquisa qualitativa descrita por Moreira (2009). Textos que reúnem essas condições são denominados *metatextos*, correspondem a análise do pesquisador e serão apresentados no capítulo seguinte.

## **Capítulo 4 – O entendimento dos professores sobre a história da ciência e seu ensino.**

Neste capítulo apresentamos os resultados da pesquisa obtidos nas aulas 1, 2 e 3 do minicurso à distância .

Na aula 1 analisamos os conhecimentos prévios dos docentes em relação à história da ciência e a as principais mudanças de pensamento dos professores após a leitura de um texto sobre a historiografia da ciência. A construção do conhecimento dos professores foi analisada através de questionários.

Na aula 2, utilizando fóruns de discussão, trabalhamos os argumentos favoráveis e os possíveis argumentos contrários da história da ciência no ensino.

Na aula 3, utilizando fóruns de discussão, mostramos as análises das opiniões dos professores sobre as vantagens e possíveis desvantagens da estratégia de estudo de caso histórico.

### 4.1- Análise da aula 1

No primeiro momento sugerimos aos professores que escrevessem o que vem em mente deles quando alguém diz “História da Ciência”. O objetivo dessa atividade diagnóstica era entender os conhecimentos prévios dos docentes em relação à história da ciência.

Após a leitura do texto de Ferreira e Martins (2008)- aula 1- “história da ciência- o que é?”, obra escrita pelos pesquisadores Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira e André Ferrer P. Martins, destinada para explicar história da ciência para formação de professores na modalidade do ensino à distância; solicitamos aos professores que refletissem e escrevessem sobre o que mudou na visão deles sobre o que é História da Ciência. A finalidade dessa questão era verificar se o professor adquiriu elementos suficientes para entender a importância de influência de fatores externos<sup>19</sup> (sociais, políticos, religiosos) na construção do conhecimento científico.

---

<sup>19</sup> A visão internalista extrema é aquela na qual a ciência é um empreendimento isolado de qualquer influência social, política e econômica. A dimensão social objetiva apenas a divulgação do conhecimento científico. A visão externalista admite que as circunstâncias sociais, políticas e econômicas influenciam a busca pelo conhecimento científico (MAGALHAES, 2005, apud SALETEO, 2006)

As respostas dos professores em relação às perguntas foram agrupadas em dois conjuntos de unidades empíricas que se referem: a) à visão de aspectos internos à ciência e b) à visão de aspectos externos à ciência

Diante dessa divisão, construímos a categoria emergente “a visão dos professores de física do Ensino Médio do Sul do Espírito Santo sobre a história da ciência”

Participaram da pesquisa dez professores de física e foi utilizado um código para identificar-los, ocultando assim suas identidades. As citações dos docentes *estão em itálico*. A análise do pesquisador ocorreu através da produção de um metatexto:

#### 4.1.1- Metatexto: a visão dos professores de física do Ensino Médio do Sul do Espírito Santo em relação aos aspectos internos e externos da ciência

Na atividade diagnóstica os professores relataram que a história da ciência estuda *os sistemas geocêntrico e heliocêntrico, o modelo atômico e os conceitos sobre a luz* (AM). Dessa forma, a história da ciência *mostra como foram realizadas as descobertas e a criação dos modelos e teorias da ciência e como elas foram reformuladas e trocadas* (MR).

A atividade diagnóstica possibilitou entender que os docentes possuíam uma visão internalista da construção do conhecimento científico, ou seja, “aquela que analisa o conteúdo conceitual da ciência” (OLIVEIRA e SILVA, 2012, p.46)

Após a leitura do texto “história da ciência: o que é?”, os professores ressaltaram a subordinação da ciência aos *aspectos sociais, culturais e religiosos* (AM) e às *questões políticas* (CR). O entendimento desses fatores permite *enriquecer o estudo das ciências* (CM).

Essa atividade possibilitou entender que os professores compreenderam visão externalista da ciência, ou seja, “aquela que tem como base a análise dos fatores extracientíficos presentes no desenvolvimento do conhecimento científico” (OLIVEIRA e SILVA, 2012, p.46). O marco dessa nova visão da ciência aconteceu no ano de 1931, quando Boris Hessen, em Londres proferiu uma palestra no II congresso de história da ciência e da Técnica mostrando que a ciência está “socialmente orientada e voltada para os interesses da classe economicamente dominante” (GOMES, 2014, p.41). Segundo esse autor, Hessen explicou que a obra de Newton (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural) surgiu para atender as forças produtivas da época, como por exemplo, a indústria militar.

Após a leitura do texto os professores apresentaram uma visão enriquecedora do trabalho científico, relatando a importância de se conhecer o entorno social de uma construção da teoria científica e apresentaram uma mudança da sua concepção de história da ciência:

*A minha concepção de história da ciência antes da leitura do artigo era da ciência como uma constante evolução de conhecimento que deram certo; sem levar em consideração os aspectos e personagens da ciência “falha”, ou seja, que não é aceita como ciência atualmente. Agora sim, entendo a importância da relevância dada aos aspectos sociais, culturais e religiosos vividos na época das “descobertas” além das transformações vividas pela ciência ao longo dos anos. (AM)*

*Após a leitura desse texto pude entender os motivos pelos quais a História da Ciência era deturpada e perceber a importância de uma História da Ciência baseada na pesquisa, que investiga e busca desmistificar a Ciência, tornando-a mais humana e compreensível, apontando suas características reais, seus comprometimentos e subordinações a questões políticas, sociais e religiosas (CR)*

*Antes de tomar conhecimento do assunto eu também agiria e achava que a História da Ciência era apenas escrever sobre os autores e o seu trabalho sem a preocupação do contexto da época. Após a leitura do material passei a entender da necessidade dos escritores pontuarem historicamente como os fatos ocorreram. (WS)*

Verificamos assim, que o texto foi eficaz para que os professores aprendessem sobre a importância de influências externas na ciência. No entanto deve-se evitar entender a natureza da ciência apenas com essas lentes para evitar o relativismo extremo. Assim Forato *et al* (2011) alerta que a ciência deve ser também concebida como uma construção racional, valorizando a importância das observações, das hipóteses e das experiências para a construção do conhecimento científico, ou seja, também é importante o entendimento de aspectos internos da ciência.

Para Forato (2008) não existe a separação internalismo/ externalismo, eles estão imbricados. Qualquer análise de história da ciência pode contemplar os aspectos externos da ciência “mesmo figurando implícitos em um texto que trate de teorias, leis ou desenvolvimentos conceituais” (OLIVEIRA e SILVA, 2012, p.46).

#### 4.2- Análise da aula 2

Os resultados apresentados nessa aula referem-se à análise das respostas dos professores em dois fóruns de discussão pertencentes ao curso de formação continuada à distância em história da ciência no ensino. Utilizamos um código para identificar e ocultar a identidade dos docentes. Os dados foram analisados mediante a análise textual discussiva. O texto do fórum foi baseado no material didático escrito por Ferreira e Martins (2008) - aula 2

##### 4.2.1- Análise das respostas do fórum 1:

A seguir apresenta-se o enunciado do fórum 1 que foi trabalhado na aula 2 do minicurso de história da ciência.

Há vários anos os educadores de todo o mundo perceberam a importância da utilização da história da ciência no ensino de todos os níveis. O Brasil, não é exceção, e nos últimos anos os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o ensino médio enfatizaram muito a relevância da história da ciência para complementarem outras abordagens no ensino científico. A história da ciência está gradualmente ganhando espaço no ensino, especialmente no nível universitário e no nível médio. No entanto ainda existem grandes barreiras para que essa disciplina desempenhe efetivamente o papel que pode e deve ter no ensino. Convido você a participar desse fórum, escrevendo argumentos contrários e a favor do uso da história da ciência no ensino. **IMPORTANTE:** para garantir a pontuação desse fórum você deve responder ao fórum e comentar as respostas de, no mínimo dois colegas. Vamos interagir!

Quadro 9-: enunciado do fórum 1 da aula 2.

- 1) Quais os aspectos que você considera favoráveis para o uso da história da ciência no ensino?
- 2) Quais os aspectos que você considera contrários para o uso da história da ciência no ensino?

*Análise das respostas dos professores em relação à questão 1 do fórum 1: argumentos favoráveis à utilização da história da ciência no ensino.*

Apareceram nas respostas dos professores unidades que se referem a) ao desenvolvimento do raciocínio crítico do aluno, b) ao caráter provisório da ciência c) à influência da religião na ciência e d) à contextualização socio- cultural.

A partir dessas unidades, construímos a categoria emergente “Os argumentos favoráveis à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo”.

A análise ocorreu através da produção de um metatexto que buscou relacionar as unidades empíricas (as respostas dos professores) com as unidades teóricas (unidades extraídas da literatura).

4.2.1.1- Metatexto: argumentos favoráveis à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo.

Dentre os argumentos favoráveis à inserção da história da ciência no ensino identificamos na resposta dos professores o desenvolvimento do raciocínio crítico do aluno, o caráter provisório da ciência, a influência da religião na ciência e a contextualização sócio-cultural.

Sobre o desenvolvimento do raciocínio crítico do aluno os professores apresentaram a seguinte discussão:

*-Acredito que a História da Ciência pode desmistificar e humanizar as descobertas científicas, deixando estas mais próximas da compreensão dos alunos. Entendo ainda, que pode estimular a criticidade na maioria das vezes, ausente em nossos alunos. Porém, fundamental ao pensamento científico (CR)*

*-Concordo plenamente com você, acredito ainda que a criticidade pode causar maior interesse pelas aulas! (AM)*

*- Penso assim também colega. É uma "missão" de nós professores estimularem nossos alunos para serem mais críticos e criarem o hábito de não aceitar a tudo que lhes é apresentado (CS)*

Na concepção dos professores a história da ciência é benéfica para fins pedagógicos porque pode *estimular a criticidade* (CR) dos alunos fazendo com que eles não aceitem *tudo que lhes é apresentado* (CS).

Autores como Matthews (1995) e Allchin (1999) apontam a história da ciência como alternativa para reduzir o ensino fragmentado tornando o ensino da física eficaz e contextualizado fazendo com que os alunos desenvolvam um saber crítico, amplo e interdisciplinar.

Os Parâmetros curriculares Nacionais para o Ensino Médio mostram que o ensino de história da ciência é importante porque permite ao aluno “questionar e compreender melhor processos sociais, econômicos e culturais passados e contemporâneos” (BRASIL, 2002, p.18).

Em suma, o estudo da história da ciência pode ser um caminho para estimular o pensamento crítico do aluno em relação, por exemplo, à vida e a obra dos cientistas. Pode-se, assim, desenvolver atividades para que o aluno compreenda o contexto político que motivou a produção das leis de Newton, fazendo com que eles transcendam a reprodução acrítica de exercícios presentes nos livros didáticos.

Sobre o caráter provisório da ciência, os professores apresentaram a seguinte discussão:

- *Nossos alunos devem entender que a ciência não está pronta e acabada, mas sim sendo construída aos poucos [...]. Entender como um cientista pensa e analisa o mundo ao seu redor, é importante para que o aluno perceba como se constrói uma lei ou uma teoria, e porque algumas delas são simplesmente descartadas, reformuladas ou consideradas incompletas (MR)*

- *Vejo com bons olhos a inclusão da História da Ciência no nosso cotidiano da sala de aula. Há necessidade do resgate dessa parte da Física, pois os nossos alunos acreditam fielmente de que a ciência já está completa, e não ainda está em evolução, por que ainda tem muitas coisas para ser explicada e entendida (WS)*

- *A História da Ciência assumiria um espaço que reflete sobre a forma histórica transmitidas por cientistas, que torna claramente um quadro em que os alunos podem interagir e estruturar ideias através das mudanças científicas ao longo do tempo (LS)*

Na concepção dos professores a história da ciência favorece o entendimento da visão adequada de que o conhecimento científico é provisório, ou seja, a ciência não está *completa* (WS) porque algumas leis ou teorias *são simplesmente descartadas, reformuladas ou consideradas incompletas* (MR). Assim *os alunos podem interagir e estruturar ideias através das mudanças científicas ao longo do tempo* (LS).

As respostas dos docentes convergem com a visão de Matthews (1995) no qual considera que o pensamento científico está sujeito à transformações.

No entanto, essa mutabilidade e instabilidade da ciência podem trazer preocupações pedagógicas. Clough (2007) relatou que alguns estudantes questionaram porque eles tinham que aprender o conteúdo científico se ele estava sempre mudando. Para evitar questionamentos desse tipo, talvez, o correto seria dizer: “O conhecimento científico é provisório e confiável” (BAGDONAS e SILVA, 2013, p.220).

Dessa forma, o aluno entenderia que não existem verdades absolutas, porém dentro de um período a ciência produz resultados confiáveis.

Em relação à influência da religião na ciência os professores fomentaram a seguinte discussão:

- *A História da Ciência é muito importante no Ensino Médio para que os estudantes percebam que a ciência foi desenvolvida por pessoas normais e que muitos fatores sociais, políticos e religiosos influenciaram o seu desenvolvimento e continua a influenciar nos nossos dias [...]* (EA)

- (EA), *quando você coloca a questão religiosa, o faz com muita desenvoltura e conhecimento de causa* (WS)

- *Amigo (WS), [...] os aspectos religiosos influenciam na teoria [...]* (AP)

Os professores acreditam que a história da ciência ajuda os discentes a entender que os aspectos *religiosos influenciam na teoria* (AP). Essa percepção é *muito importante para o ensino médio* (EA).

As idéias do filósofo Aristóteles, por exemplo, foram predominantes no período da idade média e não estavam dissociadas da religião. Ele afirmava que todo o movimento necessitava de um motor e, no caso dos corpos celestes, esse motor seria o espírito de Deus (BRAGA *et al*, 2011, v1 p.25).

É importante salientar que embora “contaminada” por pressupostos religiosos as explicações de Aristóteles também contemplavam explicações racionais, principalmente no mundo considerado sublunar.

Em relação à contextualização sócio-cultural os professores fomentaram a seguinte discussão:

- *Ao abordarmos a ciência e a sua história de forma contextualizada, percebemos que o ensino torna-se mais atrativo para a aprendizagem dos alunos, uma vez que esses alunos se sentem motivados para conhecer como, por exemplo, uma teoria foi criada, quais eram as crenças na época, para conseguir assim, relacionar com a ciência vivida hoje (AM).*
- *De fato (AM), o mesmo conhecimento científico que a gente aplica em sala de aula, surgiu de um contexto que foge da física (AP)*
- *Com a inserção da História da Ciência nas aulas de Física torna o ensino dinâmico e significativo, construindo-se na História e através da História suas relações com o social e com o cotidiano (CM).*

Na visão dos professores a história da ciência é um caminho para relacionar a ciência com o social e com o cotidiano (CM). A partir da história da ciência o aluno compreende que a construção de uma teoria da física pode aparecer *de um contexto que foge da física* (AP). Essa compreensão dos aspectos externos da ciência torna o ensino *dinâmico* (CM) e *mais atrativo para a aprendizagem dos alunos* (AM).

A abordagem dos aspectos sociais no ensino é importante porque permite ao aluno compreender as visões adequadas da natureza da ciência evitando a visão socialmente neutra da ciência descrita por Gil Pérez *et al* (2001) como uma visão que negligencia as “complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS)”.

Para Matthews (2012) o fator social é apenas um dos fatores externos do desenvolvimento científico. Segundo ele, a ciência depende também da tecnologia, da matemática, da comunicação, do dinheiro, da educação, da filosofia e da cultura de uma forma mais abrangente.

Acreditamos assim que a abordagem externa da ciência amplia o conhecimento do aluno adquirido muitas vezes através de fórmulas matemáticas decoradas.

*Análise das respostas dos professores em relação à questão 2 do fórum 1- argumentos contrários à utilização da história da ciência no ensino.*

Apareceram nas respostas do professores unidades que se referem a) a falta tempo e de material adequado e b) aos conflitos vivenciados com os pedagogos

A partir dessas unidades, construímos a categoria emergente “Os argumentos contrários à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo”.

A análise ocorreu através da produção de um metatexto que buscou relacionar as unidades empíricas (as respostas dos professores) com as unidades teóricas (unidades extraídas da literatura).

4.2.1.2- Metatexto: argumentos contrários à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo.

Dentre os argumentos contrários à inserção da história da ciência no ensino identificamos a falta de tempo e de material adequado e aos conflitos vivenciados com os pedagogos

Sobre a falta de tempo e de material adequado os professores apresentaram a seguinte discussão:

*- O grande problema é a falta de tempo, pois temos apenas duas horas semanais de aula, e o conteúdo é extenso. Além disso, existe a falta de material de boa qualidade sobre o assunto (MR).*

*- Acredito que com a escola de tempo integral vamos poder levar aos nossos alunos a História da Ciência. Quanto a questão de material confiável deve começar aparecer, pois nós livros recomendados pelo MEC umas das recomendações é que apareça o assunto, mas ainda acho muito incipiente (WS).*

*-Acredito que a falta de tempo é o principal fator desfavorável ao ensino de história da ciência, pois o foco em ENEM e PAEBES toma maior tempo das aulas! (AM).*

*-Concordo com essa questão do tempo, acho que uma solução em curto prazo, passa pelos projetos em contra turno. Aqui no Monsenhor estamos planejando implantar um Clube de Ciências, para entre outras coisas, discutir a História da Ciência com os alunos (CR).*

*-Concordo com você AM; como vamos explorar os materiais para aplicar o ensino de História da Ciência, sem ter o tempo adequado para reunir as informações para adaptá-las no currículo? É Complicado, são tantos simulados (LS).*

*- [...] Me preocupa a forma indevida como alguns livros didáticos e certas mídias em suas divulgações científicas, que acabam contagiando professores, na utilização de biografias de cientistas deturpadas, lendas e descrições de acontecimentos científicos sem nenhum embasamento histórico. O uso dessas “anedotas da Ciência” precisa ser banido do Ensino (CR).*

*-O uso da História da Ciência poderia ser mais ativo e participativo para o Ensino Médio, mas isso requer tempo e como alguns de nossos colegas já comentaram... o nosso tempo é muito curto (duas aulas semanais) (LS).*

*-A história da ciência é de grande importância, mais somos prejudicados principalmente pelo tempo, poucas aulas. E também concordo com os colegas, ao que diz respeito às questões pedagógicas, pois infelizmente estamos com poucos profissionais que compreendem a importância de certos conteúdos além daqueles que se apresentam nos livros didáticos. Até mesmo porque em sua maioria vem de uma formação que nunca os apresentou a verdadeira história da ciência (CS)*

*-Concordo com tudo que os colegas disseram hoje o tempo que temos é muito corrido e como sabemos temos muito conteúdo a ser passado em um período de tempo escasso. (TL)*

*-Realmente tenho que concordar que o maior problema hoje é a nossa quantidade de aulas. Somos cobrados a dar conta com duas aulas semanais de preparar o nosso aluno para Enem e Paebes (MM)*

*[...] a carência de material pedagógico e poucas aulas ministradas é um fator que nos impossibilita de aplicar a História da Ciência com maior intensidade em nossas aulas (CM)*

Percebemos através da discussão acima que a maioria dos professores associa a falta de tempo e a carência de materiais didáticos de história da ciência como principais entraves para a inserção da história da ciência no ensino.

Sobre a falta de tempo os professores relataram que têm *duas horas de aulas semanais* (MR) para lecionar a disciplina física no Ensino Médio. O pouco tempo é um *fator desfavorável ao ensino de história da ciência, pois o foco em ENEM* (Exame Nacional de Ensino Médio) *e PAEBES* (Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo) *toma maior tempo das aulas* (AM).

As respostas apresentadas pelos professores mostram que eles visualizam a história da ciência como algo novo a ser incorporado nos currículos e, que a sua utilização no ensino demandaria tempo, o que prejudicaria a preparação dos alunos para as avaliações em larga escala supracitadas (ENEM e PAEBES). Assim “o uso da história e filosofia da ciência não é pensado como uma estratégia didática que substitua ou complemente outras abordagens na aprendizagem dos conteúdos já existentes, mas como um novo conteúdo” (MARTINS, 2007)

A matriz de referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do ENEM, através da habilidade 3 ressalta a importância da história da ciência ao dizer que o aluno deve “confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas” (INEP, 2014).

A matriz de referência de Ciências da Natureza do PAEBES para o Ensino Médio não contém explicitamente descritores relacionados à história da ciência. Acredita-se, no entanto, que os conceitos científicos presentes nessa matriz podem ser trabalhados via história da ciência porque o aluno aprende os conteúdos de maneira contextualizada.

A solução apresentada pelos professores para facilitar a inserção da história da ciência no ensino é garantir que o aluno frequente a escola em *tempo integral* (WS) ou a construção de *projetos no contra- turno* (CR).

Esta pode ser uma solução válida a curto- prazo até os professores se adaptarem para inserir a história e filosofia da ciência de acordo com a carga horária que lhes são disponibilizados.

Outra preocupação dos docentes que dificulta a inserção da história da ciência na sala de aula é a escassez de material didático adequado para ensinar história da ciência. A imagem da história da ciência veiculada nos livros didáticos e nas mídias acaba *contagando professores, na utilização de biografias de cientistas deturpadas, lendas e descrições de acontecimentos científicos sem nenhum embasamento histórico* (CR)

Entendemos por materiais adequados aqueles que evitam transmitir a história da ciência como anedotas, chamados de mitos anódinos (ALONSO *et al*, 2013; GRAVOUGLU, 2007, p.17); evitam a difusão do anacronismo, ou seja, olhar para o passado pensando no que hoje é aceito (FERREIRA e MARTINS, 2008); evitam transmitir as visões deformadas do trabalho científico, conforme elencadas por Gil Pérez *et al* (2001). As concepções equivocadas de natureza da ciência apresentadas pelos autores são: a) o papel “neutro” da observação e da experimentação b) o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente c) a transmissão de conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc c) a visão que destaca a necessária divisão parcelar dos estudos, o seu caráter limitado, simplificador d) visão acumulativa de crescimento linear dos conhecimentos científicos e) a visão individualista e elitista da ciência g) a concepção socialmente neutra da ciência que ignora as complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS)

A solução apresentada por um professor seria banir a disseminação *das anedotas da ciência* (CR) nos livros de ciências porque essas anedotas podem influenciar concepções inadequadas da construção do trabalho científico.

Compreendemos que a preocupação dos professores em relação à escassez e a qualidade de material sejam pertinentes. No ano 2014, baseando-se em uma revisão de literatura de história da ciência no ensino e no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), apresentamos alguns critérios para a avaliação de material didático impresso de história da ciência para a educação à distância, veja Rodrigues Junior *et al* (2014). Acreditamos que esses critérios possam auxiliar o professor na análise de conteúdos de história da ciência presentes nos livros didáticos que ele utilizará com seus alunos, evitando dessa forma visões equivocadas da construção do conhecimento científico.

Numa perspectiva de alcance mais ampla, esses mesmos critérios podem ser utilizados pelo professor para construir seu próprio material didático de história da ciência.

Sobre a os conflitos vivenciados com os pedagogos, os professores apresentaram a seguinte discussão:

*-A maior dificuldade na inserção da História da Ciência em nossas aulas no Ensino Médio advém de nossas pedagogas (os) que entendem que o professor está procurando um modo de passar o tempo não desenvolvendo os conteúdos proclamados nos currículos de ensino, que não lê com atenção os PCN onde está inserido seu uso como prática didática de ensino (EA)*

*-Caro Professor, você foi muito feliz na sua colocação, teríamos que colocar as pedagogas na sala de aula para entender que a História da Ciência também faz parte da matéria (WS).*

Um professor criticou a postura de um profissional do ensino sobre a utilização da história da ciência na sala de aula. Para eles a *dificuldade na inserção da História da Ciência em nossas aulas no Ensino Médio advém de nossas pedagogas (os) que entendem que o professor está procurando um modo de passar o tempo não desenvolvendo os conteúdos proclamados nos currículos de ensino* (EA). Para resolver o problema outro professor aconselha *colocar as pedagogas na sala de aula para entender que a História da Ciência também faz parte da matéria* (WS).

O conflito entre os pedagogos e professores tem origem no final da década de 1960. Segundo Brabo e Sousa (2004) com a reformulação dos cursos de licenciatura e pedagogia das universidades do Brasil, que passaram a formar especialistas que a escola precisava, os pedagogos que não estavam envolvidos diretamente com as atividades docentes passaram a controlar os professores, colaborando para uma redução do Status profissional do professor.

#### 4.2.2-Análise das respostas no fórum 2

Após a participação dos professores nesse fórum 1 sugerimos aos professores a leitura do texto de Ferreira e Martins (2008) “A História e a Filosofia da Ciência no ensino de ciências”, obra escrita pelos pesquisadores Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira e André Ferrer P. Martins. O material, que reúne orientações para a transposição didática da história da ciência na sala de aula, foi concebido para o público de licenciandos em física que estudam na modalidade do ensino a distância. O material didático impresso apresenta os argumentos a favor e contrários para o ensino da história e filosofia da ciência na sala de aula.

Sobre os argumentos a favor os autores consideram que a história e filosofia da ciência na sala de aula, é importante para o ensino porque: a) podem “humanizar” a Ciência b) contribuem para o tratamento interdisciplinar dos conteúdos c) têm uma importância intrínseca como “herança cultural da humanidade” d) auxilia na compreensão dos conteúdos específicos e) auxiliam os professores a compreenderem as dificuldades de aprendizagem dos estudantes f) contribuem para a compreensão da natureza do conhecimento científico g) contribuem à fundamentação teórica da Didática das Ciências

Sobre os argumentos contrários os autores listam algumas posições que se opõem à utilização da história e filosofia da ciência na sala de aula com fins pedagógicos tais como: a) A história possível em cursos de Ciência é a “pseudo-história” (abordagem seletiva e parcial da História, que não refletiria toda a complexidade dos eventos passados) b) A História da Ciência costuma ser “fabricada” para servir a ideologias científicas (“quasi-

history”) c) A história e filosofia da ciência na sala de aula podem desestimular os jovens a seguirem carreiras científicas d) não há espaço nos currículos para a inserção da História e da Filosofia da Ciência

Em seguida solicitamos aos professores que participassem do fórum 2, cujo enunciado é:

Após as leituras dos textos dessa aula, responda esse fórum sobre os argumentos favoráveis e contrários em relação ao uso da história da ciência no ensino. Importante: para garantir a pontuação desse fórum você deve responder ao fórum e comentar as respostas de, no mínimo dois colegas. Vamos interagir!

Quadro 10- Enunciado do fórum 2 da aula 2.

- 1) Escolha um dos argumentos “a favor” da utilização da História e da Filosofia da Ciência para a educação científica elencados nos textos dessa aula. Leia-o e responda: Você concorda com esse argumento? Justifique sua resposta com base na sua experiência pessoal como aluno (ou professor).
- 2) Escolha um dos argumentos contrários à utilização da História e da Filosofia da Ciência para a educação científica elencados nos textos dessa aula. Leia-o e responda: Você concorda com esse argumento? Justifique sua resposta com base na sua experiência pessoal como aluno (ou professor).

*Análise das respostas dos professores em relação à questão 1 do fórum 2- argumentos favoráveis à utilização da história da ciência no ensino apresentados pelos docentes após da leitura do texto no ambiente virtual.*

A seguir apresentamos a discussão realizada no fórum 2 pelos professores sobre os argumentos a favor da história da ciência

*-A ciência não nasceu pronta. Sua divulgação não deve ser apresentada aos aprendizes como se formasse um evento acabado, como se fosse "desta maneira" desde o princípio dos tempos. Faz-se necessário a produção do estímulo ao pensamento coletivo, tornando-o capaz de compreender e situar a perspectiva sócio-histórica da produção do saber da Física (AP)*

*-Concordo com o colega AP tem muito ainda para se estudar e conhecer sobre a história e a filosofia da ciência não tem construção dita pronta é preciso estimular nossos alunos a pensar e se situar nesse contexto da história e filosofia da ciência (MM)*

*-Por isso, MM, a importância em aprender o conceito social e o conceito de ética (AP)*

*-Realmente AP, o pensamento coletivo torna para os alunos uma melhor compreensão das teorias exploradas em sala de aula (LS)*

*-No decorrer do tempo podemos observar que a ciência teve que encontrar meios para o desenvolvimento religioso, político, teórico e cultural, na busca de explicações de fenômenos naturais e da justificação desenvolvida na filosofia. Hoje as orientações curriculares dirigem-se para a formação de profissionais da ciência, mas sem a filosofia dos antigos historiadores a História da Ciência não existiria, seria "cega". A História da Ciência e a Filosofia da Ciência, são duas áreas de conhecimento distintas mas uma interligada a outra, elas caminham lado a lado alimentando conhecimento, e suas concepções (LS)*

*-A colega LS colocou que a história e a filosofia da ciência são duas áreas que caminham juntas assim se faz uma compreensão melhor do fator social econômico, político e cultural (MM)*

*-De fato, LS e MM, desde os tempos mais remotos, o homem é atemorizado com as forças da religião que cooperam com o ensino deturpado, corrompendo o cientista com lendas e descrições de acontecimentos científicos sem nenhum embasamento histórico. A História e a filosofia da ciência devem caminhar lado a lado, conforme mencionado por LS, a fim de garantir a legitimidade dos fatos apresentados (AP)*

*-De fato LS, as orientações curriculares deixam a magia da história da ciência de lado, o que nos parece uma construção de ciência em etapas, com somente acertos (AM)*

*-A história e a filosofia da ciência auxiliam na compreensão dos conteúdos específicos: Os estudantes conseguem compreender melhor as funções e equações matemáticas dentro da física dando maior significado a elas (MM)*

*-É muito interessante como o senso comum se aproxima das teorias em desuso, a ideia de movimento de Aristóteles é semelhante a dos alunos que começam a estudar Física, quando mostramos a evolução histórica das teorias esses, muitas vezes, compreendem a necessidade de abandonar tais conceitos (CR)*

*-A História e a Filosofia da Ciência podem tornar a ciência mais atrativa e mostrando que a mesma foge dos padrões tradicionais de ensino. Embora as mesmas não sejam instrumentos para a compreensão do conteúdo específico, elas podem ajudar a dar um maior significado às equações e "fórmulas" que os estudantes associam à Física (AM)*

Apareceram nas respostas dos professores unidades empíricas relacionadas às vantagens da utilização da história da ciência no ensino. Os docentes acreditam que a história da ciência favorece à interdisciplinaridade dos conteúdos, promove o aprendizado de conteúdos científicos, facilita a compreensão das dificuldades de aprendizagem dos alunos e o entendimento de aspectos natureza da ciência.

A partir dessas unidades, emergiu das respostas dos professores a seguinte categoria: "Os argumentos favoráveis à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo, obtidos através da leitura do texto disponível no ambiente virtual".

A análise dos autores ocorreu através da produção de um metatexto que buscou relacionar as unidades empíricas (as respostas dos professores) com as unidades teóricas (unidades extraídas da literatura).

4.2.2.1- Metatexto: argumentos favoráveis à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo, obtidos através da leitura do texto disponível no ambiente virtual.

Dentre os argumentos favoráveis à inserção da história da ciência no ensino identificamos a interdisciplinaridade dos conteúdos, o aprendizado de conteúdos científicos, a compreensão das dificuldades de aprendizagem dos alunos e o entendimento de aspectos natureza da ciência.

A história da ciência possibilita a interdisciplinaridade dos conteúdos porque permite a compreensão de aspecto *religioso, político, teórico e cultural* (LS), e também, *econômico* (MM).

A crença dos professores de que a ciência depende de fatores externos corrobora com a visão de Matthews (2012) no qual considera que a ciência depende de fatores sociais, da tecnologia, da matemática, da comunicação, do dinheiro, da educação, da filosofia e da cultura de uma forma mais abrangente.

A interdisciplinaridade é uma alternativa para promover uma aliança entre diferentes conteúdos com o objetivo de “produzir uma visão menos mutiladora do real” (GIUSTA, 2001, p.2). No entanto a conexão entre esses conteúdos não pode ficar no plano superficial porque não “atingem o fundo das coisas” (JAPIASSU, 1976, p.31).

A história da ciência pode ser um caminho para a conexão profunda entre os conteúdos provenientes das diferentes disciplinas. Pode-se, por exemplo, explicar a revolução industrial relacionando conteúdos de física, história, arte, economia, etc.

Essas alternativas podem ser trabalhadas inicialmente nos períodos contra- turno das escolas. No entanto, para que a interdisciplinaridade seja duradoura talvez sejam necessários ajustes profundos nos currículos das escolas, criando espaço de diálogos entre os professores para planejamento e execução de aulas em conjunto.

Sobre a compreensão dos conteúdos científicos, um professor relatou que a história da ciência auxilia os alunos no entendimento das *funções e equações matemáticas dentro da física dando maior significado a elas* (MM).

De fato, a história da ciência pode auxiliar os alunos a compreender melhor os conceitos científicos porque busca a origem das formulas matemáticas inserindo essas equações “na problemática precisa de uma época, dando sentido ao que descontextualizadamente – parecia estar “solto”” (FERREIRA e MARTINS, 2008, p.6)

Outro argumento identificado na resposta dos professores foi que a história da ciência facilita a compreensão das dificuldades de aprendizagem dos alunos. A concepção *de movimento de Aristóteles é semelhante a dos alunos que começam a estudar Física* (CR). Segundo Dewitt (2005), os pressupostos de Aristóteles estão presentes nas evidências diretas

de observação, porque não percebemos o movimento da Terra e nem sentimos, por exemplo, o vento colidindo com a nossa face.

Na verdade, quando você olha pela janela, percebes a Terra como se ela fosse estacionária. Assim, a história da ciência auxilia o professor no entendimento das concepções prévias dos discentes e reconhecimento das suas dificuldades, possibilitando ao docente trilhar caminhos para efetuar a transição entre o conhecimento de senso comum apresentado pelo aluno e o conhecimento científico.

Sobre o aprendizado de aspectos da natureza da ciência através da história da ciência um professor relatou que a história da ciência propicia o entendimento do caráter provisório da ciência, concepção considerada adequada da natureza da ciência. Para este professor, a *ciência não nasceu pronta. Sua divulgação não deve ser apresentada aos aprendizes como se formasse um evento acabado, como se fosse "desta maneira" desde o princípio dos tempos* (AP).

As respostas dos docentes convergem com a visão de Matthews (1995) no qual considera que o pensamento científico está sujeito às transformações.

Outra professora acredita que a história da ciência no ensino é importante para evitar propagar a concepção de evolução linear da ciência entendida como uma *construção da ciência em etapa com somente acertos* (AM). Esta idéia de ciência predominava no final do século XIX onde o correto era aquilo que havia colaborado para se chegar à Ciência até aquele momento. Nesse sentido, “a mecânica de Newton deveria ser algo a se mostrar aos jovens como um exemplo edificante” (FERREIRA e MARTINS, 2008, p.7). Assim, as contribuições de Newton na alquimia ou mesmo o contexto político que originou sua principal obra “Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”, deveriam ser omitidos.

Essa visão de concepção linear da ciência é considerada uma visão inadequada da natureza da ciência porque ignora as crises e as remodelações profundas da ciência (GIL PEREZ *et al*, 2001).

*Análise das respostas dos professores em relação à questão 2 do fórum 2- argumentos contrários à utilização da história da ciência no ensino apresentados pelos docentes após da leitura do texto no ambiente virtual.*

A seguir mostramos a discussão realizada no fórum 2 pelos professores sobre os argumentos contrários a inserção da história da ciência no ensino.

*-A falta de formação específica em História ou Filosofia da Ciência gera uma divulgação parcial e de má qualidade ao educando, ocasionando, devido a argumentos pessoais, certa distorção na compreensão aprofundada do desenvolvimento do conhecimento científico (AP)*

*-Concordo com o colega AP realmente a falta de formação em história e filosofia da ciência leva um desconhecimento que pode causar alguns desentendimentos ao passar a disciplina física aos alunos. Eles podem simplesmente decorar as equações e ficarem desestimulados a um estudo mais profundo da física (MM)*

*-A história possível em curso de ciência é a "pseudo-história": cientistas e historiadores têm em geral propósitos e perspectivas diferentes ao lidar com o material histórico (MM)*

*-A História da Ciência seria fundamental para atender concepções interdisciplinares para os educandos, porém, na minha própria formação não foram abordados esses conceitos e creio eu que dos demais colegas também não (LS)-*

*-Na minha graduação tive uma disciplina de História e Filosofia da Ciência, mas em meio a outras que exigiam muito empenho e dedicação (cálculos, cálculos e mais cálculos) acabou ficando em segundo plano. Porém não tenho dúvida a melhor maneira de inserir a História da Ciência no ensino e formando professores que dominem a utilização desta importante ferramenta (CR)-*

*-A História e a Filosofia da Ciência podem desestimular os jovens a seguirem carreiras científicas: não concordo, penso que o caráter inacabado que a História confere a Ciência é um estímulo ao questionamento. Sendo este, o principal responsável pelo pensamento científico. A Ciência surgiu para saciar os questionamentos, a necessidade humana de compreender os fenômenos naturais. Compreender que a Ciência não consiste em um conjunto de regras, conceitos estabelecidos e imutáveis, estimula o jovem a questionar a Ciência e quem sabe até propor suas próprias teorias, para explicar eventos não contemplados pelas teorias atuais ou ainda para desbancar teorias tidas como corretas na ótica da Ciência atual (CR)*

*Realmente CR, a compreensão desses panoramas Filosóficos e Científicos é de extrema importância não só para os alunos, mas para toda sociedade (LS)*

*A História e a Filosofia da Ciência podem desestimular os jovens a seguirem carreiras científicas: Não acredito que seja uma dificuldade, acredito que seja uma motivação para iniciação científica, mostrando para o aluno que a ciência não é algo pronto, e sim que está em constante mudança (AM)*

Apareceram nas respostas dos professores unidades empíricas relacionadas às desvantagens da utilização da história da ciência no ensino. Embora acreditem na importância da história da ciência no ensino os docentes relatam que a improdutividade do conhecimento (má qualidade) das aulas de história da ciência na graduação é um fator que contribui para a disseminação da “pseudo história” na sala de aula. Apareceu também nas respostas dos professores uma crítica ao argumento contrário apresentado pelo autor do material didático impresso de que a história da ciência poderia desestimular os jovens a seguirem a carreira científica.

A partir dessas unidades, emergiu das respostas dos professores a seguinte categoria: “Os argumentos contrários à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo, obtidos através da leitura do texto disponível no ambiente virtual”.

Nossa análise ocorreu através da produção de um metatexto que buscou relacionar as unidades empíricas (as respostas dos professores) com as unidades teóricas (unidades extraídas da literatura).

4.2.2.2- Metatexto: argumentos contrários à utilização da história da ciência no ensino na visão dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo, obtidos através da leitura do texto disponível no ambiente virtual.

Dentre os argumentos contrários à inserção da história da ciência no ensino identificamos a improdutividade do conhecimento (má qualidade) das aulas de história da ciência e uma crítica ao argumento contrário apresentado pelo autor do material didático impresso de que a história da ciência poderia desestimular os jovens a seguirem a seguir a carreira científica.

Sobre a improdutividade do conhecimento científico, na visão dos docentes que participaram da pesquisa, a carência de formação em história e filosofia da ciência dos professores podem acarretar *uma divulgação parcial e de má qualidade* (AP) desse conteúdo aos alunos, ocasionando *desentendimentos* (MM) no educando. Um professor reconhece que não se dedicou suficientemente aos conteúdos de história da ciência ministrada na sua graduação porque as outras disciplinas *exigiam muito empenho e dedicação (cálculos, cálculos e mais cálculos)* (CR). Talvez, esse aluno (hoje também professor), não reconheceu que essa disciplina requer horas de estudo, devido a sua complexidade, que se manifestam principalmente quando se aborda os fatores externos que circunscrevem a elaboração de uma teoria científica. Para Forato *et al* (2011) os aspectos da história da ciência referente ao período da idade média, por exemplo, é muito complexo, pois requer mais intensamente, domínios de outras disciplinas para entender “as metodologias envolvidas para estudar a natureza e tantos outros aspectos culturais necessários para não incorrer em abordagens estereotipadas e preconceituosa” (FORATO *et al*, 2011)

Assim percebe-se que a disciplina da história da ciência exige muito estudo do aluno (e também do professor) como as disciplinas de física quântica, eletromagnetismo, mecânica clássica etc.

Sobre o argumento de que a história e filosofia da ciência poderiam desestimular jovens e adultos a seguirem a carreira científica, os professores não concordam com tal premissa, ao contrário, acreditam que a história e filosofia da ciência possam estimular *o jovem a questionar a Ciência e quem sabe até propor suas próprias teorias, para explicar eventos não contemplados pelas teorias atuais ou ainda para desbancar teorias tidas como corretas na ótica da Ciência atual* (CR). Assim, o historia e filosofia da ciência é uma *motivação para*

*iniciação científica, mostrando para o aluno que a ciência não é algo pronto, e sim que está em constante mudança (AM).*

Concordamos a professora AM que a ciência tem um caráter provisório, mutável. Todavia essa mutabilidade e instabilidade da ciência podem trazer armadilhas para pensamento do aluno. Clough (2007) relatou que alguns estudantes questionaram porque eles tinham que aprender o conteúdo científico se ele estava sempre mudando. Para evitar questionamentos desse tipo, talvez, o correto seria dizer: “O conhecimento científico é provisório e confiável” (BAGDONAS e SILVA, 2013, p.220).

Desta forma evita-se que o aluno adquira posições relativistas extremas de duvidar constantemente da Ciência e, ao mesmo tempo previne que o estudante valorize apenas as teorias atuais, desprezando os esforços despendidos pelos cientistas para se chegar o paradigma atual. Assim o estudante pode se sentir motivado para seguir carreiras científicas buscando construir novas teorias ou aplicando as teorias já existentes na busca de uma solução para um determinado problema.

#### 4.2.3- Reflexões sobre as respostas dos professores nos fóruns 1 e 2

O fórum 1 foi elaborado para obter os conhecimentos prévios dos docentes sobre os argumentos favoráveis e contrários à utilização da história da ciência na sala de aula. Assim, esse fórum pode ser entendido como um espaço para receber a tempestade de idéias dos professores sobre o assunto.

Sobre os argumentos favoráveis, os professores relataram nesse fórum1, que a história da ciência no ensino estimula o raciocínio crítico do aluno, apresenta a ciência como dinâmica e mutável, mostra que a ciência é influenciada por aspectos religiosos e contribui para a contextualização sócio-cultural dos conceitos científicos.

Sobre os argumentos contrários, apareceram na resposta dos professores a falta de tempo e de material adequado e os conflitos vivenciados com os pedagogos.

Os professores relataram que a preparação do aluno para as avaliações em larga escala reduzem o tempo para ensinar história da ciência. Este, porém é um falso argumento porque a habilidade 3 da matriz de referência do ENEM orienta que o aluno do ensino médio deve compreender a história a ciência.

A escassez de material adequado, de fato, é uma dificuldade. A história da ciência veiculada nos livros didáticos que chegam às escolas traz informações equivocadas associando

a história da ciência apenas a uma sequência de descobertas científicas e de nomes importantes. Assim, esses livros “contribuem para reforçar e perpetuar mitos daninhos a respeito dos grandes gênios, sobre as descobertas repentinas que ocorrem por acaso, e outros erros graves a respeito da natureza da ciência” (MARTINS, 2006, p.xxiv). Talvez, uma solução seria elaborar cursos de formação inicial e continuada subsidiando o professor de instrumentos para analisar criticamente suas obras e, numa perspectiva mais ampla construir seu próprio material.

Os conflitos existentes na escola com os pedagogos foi um obstáculo descrito pelos professores que dificulta a implantação da historia da ciência no ensino. Eles relataram que os pedagogos exigem que professores transmitam os conteúdos de física previamente definida no currículo e que os pedagogos deveriam estudar história da ciência para entender a sua real importância. Particularmente acredito que o diálogo entre professor e pedagogo possa reduzir esse hiato entre os dois profissionais.

O fórum 2 trouxe novos elementos para a discussão entre os professores. Influenciados pela leitura do texto escrito pelos autores Juliana Mesquita Hidalgo Ferreira e André Ferrer P. Martins - ver Ferreira e Martins (2008)- os professores apresentaram discussões relacionadas aos fatores favoráveis e contrários à utilização da história da ciência no ensino.

Sobre os argumentos favoráveis, os professores relataram no fórum 2 que a historia da ciência favorece a interdisciplinaridade, promove o aprendizado de conteúdos específicos, facilita a compreensão das dificuldades de aprendizagem dos alunos e o entendimento de aspectos da natureza da ciência.

Sobre os argumentos contrários os professores relataram no fórum 2 que a má formação em história da ciência na graduação é um aspecto que contribui para a disseminação de da pseudo-história. Os professores não concordaram que a história da ciência pode desestimular os jovens a seguir a carreira científica, pelo contrário, eles acreditam que a história da ciência é benéfica porque incentiva o estudante a questionar sobre a ciência, competência necessária para o futuro cientista propor, por exemplo, novas teorias.

Os fóruns 1 e 2 foi um espaço que contribuiu para refletir sobre a historia da ciência no ensino e abriu caminho para o intercâmbio de informações entre os participantes do curso.

O número de vezes (frequência) que os alunos postaram seus comentários no fórum 1 foi registrado no ambiente virtual e pode ser visualizado na tabela 5:

Tabela 5- Frequência das respostas dos professores no fórum 1

<b>Dia da semana</b>	<b>Data- fórum 1</b>	<b>Aluno (frequência)- fórum 1- argumentos favoráveis</b>	<b>Aluno (frequência)- fórum 1 - argumentos contrários</b>
Domingo	10/08/2014	MR (1)	MR (1)
Segunda	11/08/2014	WS (3); CR (1); EA (1)	WS (3); EA (1)
Terça	12/08/2014	AM (3); AP (4); LS (1)	AM (2); CR (2)
Quarta	13/08/2014	CS (1)	LS (2); CS (1)
Sexta	15/08/2014	TL (2)	TL (1)
Sábado	16/08/2014	CS (1); MM (1)	MM (1)
Sábado	03/10/2014	CM (1)	CM (1)
Total		18	14

Todos os professores da nossa amostra participaram do fórum 1 com pelo menos um comentário. Além disso, a participação dos docentes ocorreu em sete dias diferentes, sendo, portanto, bastante distribuída. Após o encerramento do fórum foi aberta a oportunidade para que a aluna CM participasse do fórum. Ela postou o seu comentário no dia 03/10/2014. Para Moran (2002) a educação mediada por tecnologias, permite essa flexibilização do tempo.

A participação dos docentes no fórum 2, embora também significativa, ocorrera em menos dias conforme ilustra a tabela 2 que relaciona o número de vezes (frequência) que os alunos postaram seus comentários no fórum2:

Tabela 6- Frequência das respostas dos professores no fórum 2

<b>Dia da semana</b>	<b>Data- fórum 2</b>	<b>Aluno (frequência) - fórum 2- argumentos favoráveis</b>	<b>Aluno (frequência)- fórum 2 - argumentos contrários</b>
Sexta	15/08/2014	AP (1); LS (1)	AP (1)
Domingo	17/08/2014	MM (3); AP (2); CR (1)	MM (3); AP (1) CR (1); LS (1)
Segunda	18/08/2014	LS (1)	CR (1); LS (1)
Sexta	22/08/2014	AM (3)	AM (1)
Total		12	10

Percebemos através da tabela 6 que a participação mais efetiva dos professores no fórum 2 ocorrera no domingo. Talvez isso tenha ocorrido pelo excesso de atividades na semana que eles tiveram nas escolas em que lecionam.

Os fóruns 1 e 2 foram eficientes para a comunicação assíncrona entre os participantes,

possibilitando assim que os professores editassem e publicassem sua opinião em relação à história da ciência no ensino.

Os comentários dos professores em ambos os fóruns foram acompanhados pelo mediador e as dúvidas dos alunos foram esclarecidas num fórum específico denominado “fórum de dúvidas”. Veja um trecho do diálogo entre o mediador e um professor no fórum de dúvidas da aula 2:

*- Olá Colega Esse espaço é destinado para postar suas dúvidas da aula 2 (Edmundo)*

*- Edmundo, vê a possibilidade de mudança do início/termino das atividades, ou seja, começar na segunda feira e terminar no domingo (WS).*

*- Prezado WS e demais colegas, tudo bem? Embora o período da semana do Moodle, esteja configurado para se encerrar no sábado, as atividades dessa semana e as subsequentes (excetuando a última semana) foram configuradas para começar em um domingo e terminar no outro. Assim, não se preocupe com o período que aparece acima de cada AULA. Vocês têm que olhar o período de abertura e encerramento da atividade, Ok? Por exemplo, acima da AULA 2, aparece escrito: 10-16. Mas eu configurei as atividades dessa semana para se encerrar no domingo, dia 17. A razão para mudança ocorreu, porque assim vocês conseguem trabalhar também nos finais de semana! (Edmundo).*

Acredita-se que esta postura reduziu os efeitos da distância geográfica entre o pesquisador e os professores e diminuiu a distância transacional, caracterizado por Behar (2009) como uma distância “pedagógica” existente entre as pessoas que estudam através da modalidade do ensino à distância.

Esperamos que os professores transcendam as discussões realizadas nesses fóruns para o seu ambiente de sala de aula, incentivando inclusive os alunos a usarem este instrumento para a discussão de temas relacionados à história da ciência.

#### 4.3- Análise da Aula 3

Após uma leitura sobre a definição de episódio histórico e sua importância para o ensino de ciências, os professores assistiram a uma apresentação de slides narrado sobre a estratégia de ensino do estudo de caso histórico. Optou-se por gravar a nossa voz na apresentação para diminuir a distância transacional (pedagógica), detectada às vezes na educação à distância. Embasados em Stinner (2003) foi explicado aos docentes os procedimentos para se montar um estudo de caso histórico.

Em seguida os docentes foram convidados para participar do fórum 3 com objetivo de colher as opiniões deles sobre os pontos positivos e negativos dessa estratégia no ensino de física. Apresentamos a seguir o enunciado do fórum 3:

Quais são as vantagens e/ou desvantagens que você considera, para a utilização do estudo de caso histórico na sua sala de aula. Justifique!

Quadro 11- Enunciado do fórum 3 da aula 3.

O número de vezes (frequência) que os professores postaram seus comentários no fórum 3 foi registrado no ambiente virtual pode ser visualizado na tabela 7:

Tabela 7- Frequência das respostas dos professores no fórum 3.

<b>Dia da semana</b>	<b>Data- fórum 3</b>	<b>Aluno (frequência)- fórum 3</b>
Domingo	17/08/2014	AP (1)
Segunda	18/08/2014	LS (1)
Quarta	20/08/2014	WS (1)
Sexta	22/08/2014	CR (1); AM (1)
Sábado	23/08/2014	AP (2); EA (1)
Domingo	24/08/2014	CS (1); MM (1); TL (1)
Total		11

Nove dos onze professores participaram do fórum 3 com pelo menos um comentário. O professor AP contribuiu com três comentários, sendo o docente que mais interagiu com os colegas nesse fórum. Além disso, a participação dos docentes ocorreu em sete dias diferentes, no entanto, a maior parte dos comentários (64%) ocorrera nos finais de semana (sábado e domingo).

A seguir apresentamos a discussão realizada pelos professores no fórum 3. Os professores foram identificados por um código para ocultar suas identidades.

- O estudo de caso histórico possibilita um estudo completo do assunto abordado, contemplando a história, o experimento e suas implicações ao meio social, fornecendo ao educando elementos que possam ser relacionados com seu dia-a-dia. Sua utilização em sala de aula, torna os alunos capazes de compreender os desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas (AP).

-Acho que o Estudo de Caso Histórico iria proporcionar aos alunos uma compreensão mais ampla, como: estudar os fenômenos ocorridos no cotidiano; assim eles seriam induzidos a descobertas, despertando seus interesses e aprimorando seus conhecimentos relacionado a Ciência (LS)

- É interessante observar, Leila, que o estudo de caso possibilita a compreensão da construção do conhecimento científico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. (AP)

- [...] Convencimento de pais, alunos e comunidade que o assunto tem relevância (WS)

- O estudo de caso histórico instigam a investigação, a pesquisa, a busca pela compreensão e/ou resolução de situações problema. Acredito que esse tipo de prática desperta atitudes favoráveis do aluno perante o ensino da Física (CR)

-O estudo de caso histórico pode fornecer um complemento ao ensino, proporcionando ao aluno a compreensão dos fenômenos e ainda poder fazer a relação com o seu dia a dia, mostrando aos mesmos que não há certezas definitivas. Apesar do favorecimento, acredito ser inicialmente de difícil aceitação sua prática em sala de aula (AM)

-Para se aprender ciência (Física) não há a necessidade de altas tecnologias que não dispomos em salas de aula e laboratórios nas escolas, esta aprendizagem pode vir do estudo da evolução histórica da ciência bem como de experimentos de baixo custo, o que leva o aluno a despertar seu interesse pela ciência. As dificuldades ficam por conta da falta de literatura especializada e da aceitação dos pedagogos, não vejo como dificuldade os pais de alunos, pois estes na maioria das vezes estão preocupados apenas com a permanência dos alunos nas escolas e não com sua aprendizagem (EA)

--A vantagem na minha opinião, é que através do estudo de caso histórico, podemos considerar vários fatores que facilitam a compreensão, e possibilita concluir de forma mais clara, e sem dúvidas. Assim, o aluno consegue não só aprender, mas compreender os fenômenos e também identificar a função humana na construção dos saberes. Vejo como desvantagem, a forma como essa história vai ser utilizada nas aulas, que devem ser apropriada para a adequada relação com o conhecimento que o aluno deve adquirir (CS)

- O estudo de caso histórico vai incentivar a leitura e a interpretação de textos. Possibilitando assim a compreensão de situações que ocorreram em diferentes épocas mas que podem ser trazidas para o seu cotidiano através de experimentos e fatos atuais dentro da ciências. (MM)

-o estudo de caso possibilita ao aluno um conhecimento vasto a respeito da historia da ciência, podendo a aprofundar seus saberes na necessidade de se ter um conhecimento prévio quanto ao tema proposto (TL)

A partir das respostas dos professores reunimos unidades empíricas que retratassem as vantagens e desvantagens da estratégia do estudo de caso histórico. A partir dessas unidades emergiram das respostas dos professores a seguinte categoria: “A concepção dos professores de física do Sul do Espírito Santo sobre as vantagens e desvantagens da estratégia do estudo de caso histórico”

4.3.1- Metatexto: As vantagens e desvantagens da estratégia do estudo de caso histórico na visão dos professores de física do Sul do Espírito Santo.

Sobre as vantagens da utilização da estratégia de ensino do estudo de caso histórico, os professores relataram que essa estratégia contribui para *a investigação, a pesquisa, a busca pela compreensão e/ou resolução de problemas* (CR), favorece as relações dos conteúdos de física com *as condições sociais, políticas e econômicas de determinada época* (AP), propicia *o estudo de fenômenos ocorridos no cotidiano* (LS), incentiva *a leitura e a interpretação de textos* (MM) e permite mensurar o *conhecimento prévio* (TL) do aluno em relação ao assunto.

Os estudos de caso históricos surgem como uma estratégia de ensino para o trabalho com a história da ciência no ensino de ciências. A aproximação dos Estudos de Caso à história da ciência se deve, em grande parte, à capacidade dos Estudos de Caso em proporcionar a compreensão de fatos, valores e contextos presentes em sua narrativa, que pode ser uma narrativa histórica, impregnada de conflitos e questionamentos de uma época (STINNER *et al.*, 2003)

Quando um estudo de caso histórico é trabalhado os estudantes seguem três passos (LINHARES e REIS, 2008): 1) expõem suas ideias sobre problemas apresentados no estudo de caso; 2) são encaminhados textos para leitura, confecção de resenhas, realizadas discussões e atividades práticas em sala de aula; 3) propõem novamente soluções para os problemas levantados no estudo de caso, entretanto considerando os conhecimentos adquiridos durante o processo.

As respostas apresentadas pelos professores estão coerentes com o propósito da estratégia de ensino do estudo de caso histórico no que tange a resolução de problemas, o entendimento do contexto histórico vinculado ao conceito científico. As respostas dos professores estão coerentes com as duas primeiras etapas de resolução descritas por Linhares e Reis (2008) porque disseram que o estudo de caso favorece a aquisição dos conhecimentos prévios dos docentes (1º passo) e incentiva a leitura e interpretação dos textos (2º passo)

Os professores reconheceram a importância da estratégia de ensino de física, porém, reportaram algumas dificuldades relacionadas à sua utilização.

Essas dificuldades ou desvantagens da estratégia de ensino do estudo de caso histórico apresentados pelos professores estão relacionadas com os obstáculos que os docentes encontram para utilizar essa estratégia na sala de aula, não se caracterizando, portanto de desvantagens do método em si. Para os professores essas dificuldades envolvem principalmente *a aceitação dos pedagogos (EA)* e o *convencimento dos pais, alunos e comunidade que o assunto tem relevância (WS)*. O professor EA não concorda com o professor WS e diz que os pais não participam da vida escolar dos filhos. Segundo ele os pais dos estudantes, *na maioria das vezes, estão preocupados apenas com a permanência dos alunos nas escolas e não com sua aprendizagem (EA)*.

Os conflitos com os pedagogos já tinham sido relatado pelo professor EA nos fóruns 1 da Aula 2.

Sobre a participação da família na escola, verificou-se que respostas apresentadas pelos professores EA e WS em relação à participação da família da escola, são divergentes. O professor WS afirma que será difícil convencer os pais para aceitar o estudo de caso histórico

como estratégia de ensino, deixando implícito que os pais são sujeitos participativos na escola que trabalha. Já o professor EA afirma que os pais não se importam com o aprendizado do seu filho. Para Carvalho (2004) a família e pais é uma categoria heterogênea e “algumas famílias e pais/mães participam mais do que outras” (CARVALHO, 2004). Nesse sentido, as escolas públicas que os dois professores lecionam, ao que parece, apresentam realidades distintas no que tange a participação dos pais na escola ou a percepção dos professores é diferente.

Através da experiência pessoal como docente percebemos que a participação dos pais nas escolas (quando ocorrem) está condicionada às notas dos alunos nas disciplinas. Se o aluno apresentar boas notas, tudo transcorre bem nas relações família-escola. Nesse caso os pais apóiam (mesmo sem conhecer, às vezes) os conteúdos e os métodos de ensino da escola. Todavia, se as notas dos alunos são ruins a relação entre família e escola fica desgastada. Para Carvalho (2004) essa parceria entre pais e escola fica mais evidente nas escolas particulares onde a dependência recíproca entre os pais de alunos que pagam a escola e os donos da escola é mais evidente.

#### 4.3.2- Reflexões sobre as respostas dos professores no fórum 3

O fórum 3 foi um espaço que contribuiu para refletir sobre os argumentos favoráveis e contrários do estudo de caso histórico como estratégia de ensino

Em relação aos argumentos favoráveis do estudo de caso histórico como estratégia de ensino, as respostas apresentadas pelos professores (unidades empíricas) foram coerentes com o propósito da estratégia de ensino do estudo de caso histórico no que tange a resolução de problemas, o entendimento do contexto histórico vinculado ao conceito científico.

Os professores não mostraram as desvantagens do método do estudo de caso histórico, porém relataram algumas dificuldades que eles poderiam encontrar ao levar essa estratégia para a sala de aula. Os obstáculos apresentados por eles dizem respeito ao convencimento dos pais e aos possíveis conflitos vivenciados com os pedagogos para a implementação do método.

O fórum 3 propiciou o intercâmbio de informações entre os participantes do curso sobre a estratégia de ensino do estudo de caso histórico.

## **Capítulo 5 – O entendimento dos professores sobre as oscilações e medições no Brasil Colonial.**

Neste capítulo apresentamos os resultados da pesquisa obtidos na aula 4. Nessa aula, através do estudo de caso histórico 1: “Oscilações e medições realizadas no Brasil Colonial” verificamos se os professores incorporaram os fatores que influenciam o movimento do pêndulo simples e os aspectos da natureza da ciência. Nesse último, destacamos as visões dos professores sobre a construção do conhecimento científico e discutimos suas concepções adequadas e inadequadas em relação à natureza da ciência. A evolução das concepções prévias dos docentes em relação aos aspectos da natureza da ciência foi mensurada através do estudo de caso.

As visões adequadas da natureza da ciência são aquelas estabelecidas pela visão consensual da natureza da ciência para a educação científica descrita nos trabalhos de MCCOMAS; ALMAZROA; CLOUGH, 1998, p. 513 e LEDERMAN *et al*, 2002.

A visão consensual fornece aos pesquisadores um instrumento para mensurar a aprendizagem de alguns aspectos da natureza da ciência. Além disso, pode, segundo MATTHEWS, 2012, proporcionar aos professores e alunos refletir sobre algumas questões da natureza da ciência. A visão consensual representou um esforço dos cientistas e filósofos para estabelecer conteúdos significativos para ensinar aspectos da construção do conhecimento e não deve ser abandonado.

Todavia existem algumas críticas como a de ALTERS, 1997; RUDOLPH, 2000; IRZIK & NOLA, 2011; VAN DIJK, 2011; MATTHEWS, 2012; DUSHL & GRANDY, 2013 e MARTINS e RYDER, 2014 sobre alguns tópicos do consenso. Reconhecemos, no entanto, que a análise apresentada nesse trabalho não pode ficar alheia às críticas supracitadas.

Neste sentido procuramos analisar os dados considerando a incompletude de alguns tópicos da visão consensual, adotando assim uma postura crítica no que tange a análise das respostas dos professores.

Visões inadequadas da ciência são as concepções ingênuas da ciência descritas por GIL-PÉREZ *et al*, 2001; FERNÁNDEZ *et al*, 2002 e LEDERMAN, 1992, 2006.

### 5.1- Conceitos.

No estudo de caso 1, solicitamos aos professores que respondessem quais os fatores influenciam o movimento do pêndulo. As respostas dos docentes sobre esse questionamento

foram agrupadas em um conjunto de unidades empíricas que se referem aos fatores que influenciam o movimento do pêndulo.

A partir desse agrupamento, construímos a categoria emergente “Os fatores que influenciam no movimento do pêndulo segundo os professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo”

Participaram da pesquisa dez professores de física e foi utilizado um código para identificá-los, ocultando assim suas identidades. As citações dos docentes aparecem em “ipsis litteris” e estão em itálico.

A análise ocorreu através da produção de um metatexto que buscou relacionar as unidades empíricas (as respostas dos professores) com as unidades teóricas (unidades extraídas da literatura) e, analisar a construção do conhecimento do professor.

5.1.1-Metatexto: Os fatores que influenciam no movimento do pêndulo segundo os professores de física do sul do Estado do Espírito Santo e sua evolução conceitual a partir da questão 1 do o estudo de caso1.

O nome “pêndulo” está associado a um sistema oscilante no qual a energia cinética é convertida em energia potencial e vice-versa (GAULD, 2004, p.811). O pêndulo simples consiste de uma esfera suspensa por uma corda fina que oscila numa trajetória em forma do arco de um círculo (GAULD, 2004, p.811). A expressão para o cálculo do período do pêndulo simples é dado por  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$  (ARNOLD *et al*, 2011). Nessa expressão onde  $l$  é o comprimento do fio e  $g$  é a aceleração da gravidade.

Para Matthews (2001, p.20), o estudo do pêndulo simples “é encontrado em quase todos os currículos do mundo e em geral é apontado como chato”. O *The International Pendulum Project* (IPP) é um empreendimento coletivo de pesquisadores de várias nacionalidades que procura enriquecer o estudo do movimento pendular através da sua abordagem histórica e contribuir para a aprendizagem de conceitos científicos (MATTHEWS; GAULD & STINNER, 2004, p. 261; HYGINO, 2013, p.379).

No parágrafo seguinte serão apresentadas as concepções dos professores de física da nossa amostra, sobre as grandezas físicas envolvidas no movimento desse pêndulo.

Na 1ª etapa do estudo de caso1 seis professores citaram a *gravidade* (CM) como um dos fatores responsáveis pelo movimento do pêndulo. Em cinco respostas dos professores apareceram a grandeza *comprimento* (MM). Com duas citações cada, apareceram os fatores

ângulo (AM); a massa (CR) do pêndulo; a localização no Planeta Terra (WS) e o período (CS).

Na 3ª etapa do estudo de caso 1 seis professores citaram a gravidade (MR). Em nove respostas dos docentes apareceram a grandeza comprimento (WS). Com três citações cada, apareceram unidades relacionadas ao ângulo (EA); a localização do Planeta Terra em relação à latitude (TL). Com uma citação cada, apareceram os fatores período (AP) e amplitude (AP). Nenhum professor considerou a massa pendular em suas respostas depois das leituras e a professora CM não respondeu a questão proposta na 3ª etapa do estudo de caso 1.

A partir das respostas dos docentes na 1ª e 3ª etapas podemos analisar a construção dos conhecimentos dos dos professores em relação aos fatores que influenciam o movimento de um pêndulo. Para isso serão utilizados alguns critérios:

1º) Os professores que citaram a mesma grandeza física na 1ª e 3ª etapas do estudo de caso **não evoluíram** ( plataforma horizontal da figura 1)

2º) Os professores que não citaram a grandeza física na 1ª etapa ( antes), mas citaram na 3ª (depois), **evoluíram positivamente** (parte superior da figura 1)

3º) Os professores que citaram a grandeza física na 1ª etapa (antes), mas não citaram na 3ª etapa (depois), **evoluíram negativamente** (parte inferior da figura 1)

4º) Os professores que citaram a grandeza física na 1ª etapa, mas não responderam a questão 1 na 3ª etapa, **não foram avaliados**.

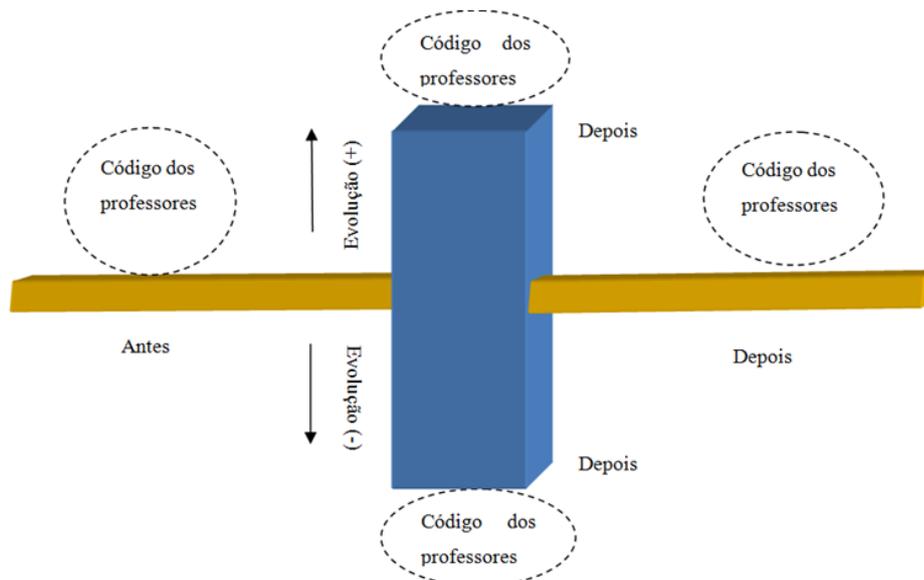


Fig. 7: Diagrama para analisar a evolução das respostas dos professores

Em relação à aceleração gravitacional, o número total de professores que citaram essa grandeza permaneceu constante, no entanto nem todos os professores que responderam a questão 1 do questionário da 1ª etapa foram os mesmos que responderam a questão 1 da 3ª etapa. Isto é válido para os professores CS e TL. Já a professora CM respondeu apenas a questão 1 da 1ª etapa.

Segundo os critérios elencados para analisar a construção dos conhecimentos dos professores, percebemos que CS e TL evoluíram positivamente, EA evoluiu negativamente AM, CR, MM, e MR não apresentaram evolução (plataformas de cor laranja da figura 8) e, CM não foi avaliado. Ver figura 8.

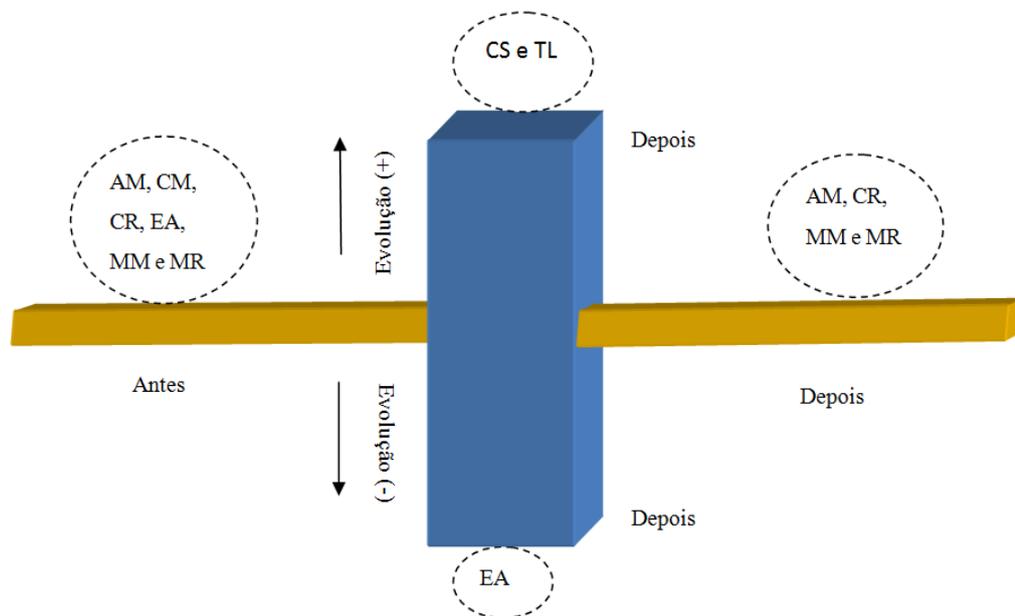


Fig. 8: Análise da evolução dos professores em relação à grandeza aceleração gravitacional

Sobre o comprimento do fio, o número total de professores que citaram essa grandeza aumentou de cinco (AM, AP, EA, MM e MR) na 1ª etapa do estudo de caso para oito (AM, AP, CR, CS, MM, MR e TL) na 3ª. Todos os professores que responderam à questão 1 na 1ª etapa (antes) mantiveram suas respostas na 3ª etapa (depois). Neste sentido não houve evolução dos professores em relação à grandeza comprimento (plataformas laranja da figura 9). Já os professores CR, CS e TL evoluíram positivamente (figura 9).

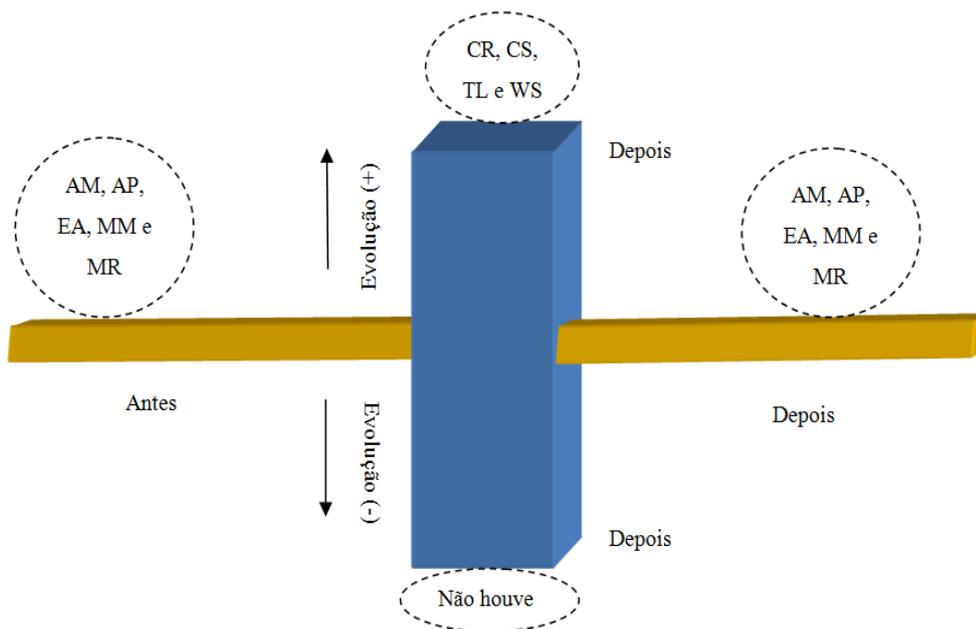


Fig. 9: Análise da evolução dos professores em relação à grandeza comprimento

Sobre a massa pendular, dois professores AP e CR acreditavam que essa grandeza interfere no movimento do pêndulo. Na 3ª etapa do estudo de caso, esses professores não consideraram esse efeito, o que caracteriza uma evolução das suas respostas porque o movimento do pêndulo simples é “independente da massa da partícula” (Resnick, 2007). Assim, podemos considerar que os professores AP e CR tiveram uma evolução positiva (Figura 10).

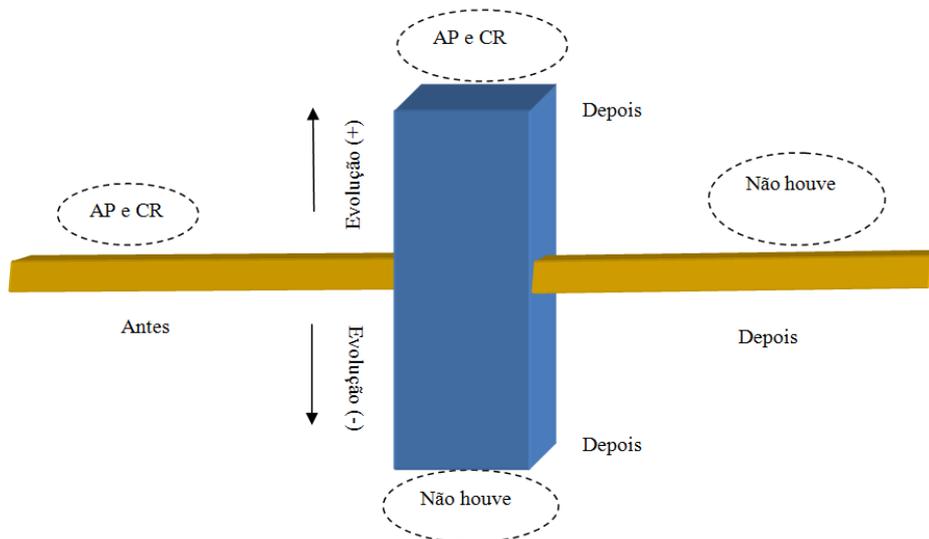


Fig. 10: Análise da evolução dos professores em relação à grandeza massa.

Em relação ao ângulo de oscilação do pêndulo, dois professores (AM e AP) consideraram na 1ª etapa que o movimento do pêndulo depende do deslocamento angular. Após a leitura dos textos os professores AM, AP continuaram com a mesma visão. O professor EA também passou a acreditar que o movimento do pêndulo depende do deslocamento angular. Quando o ângulo  $\theta_m \leq 15^0$ , a diferença entre o período real dado pela equação  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \left(1 + \frac{1}{2^2} \text{sen}^2 \frac{\theta_m}{2} + \frac{3^2}{2^2} \frac{1}{4^2} \text{sen}^4 \frac{\theta_m}{2} + \dots\right)$  e o aproximado, dado por  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$  é desprezível (Resnick, 2007). Nesse caso o período do movimento pode ser considerado independente do deslocamento angular. Na 2ª etapa do estudo de caso foi solicitado que os professores observassem o comportamento do pêndulo simples através de uma simulação virtual. Foi pedido que eles anotassem os valores dos períodos do pêndulo para  $\theta_m = 1^0; 2^0; 3^0; 4^0; e 5^0$ . Os resultados encontrados pelos professores indicam que o incremento do deslocamento angular praticamente não provoca alteração no período do pêndulo. A tabela 8 mostra o resultado encontrado pela professora AM.

Tabela 8- O deslocamento angular e seus respectivos períodos. Fonte: resposta da professora AM.

Ângulo	Período (s)
1 <sup>o</sup>	2,0059
2 <sup>o</sup>	2,0060
3 <sup>o</sup>	2,0062
4 <sup>o</sup>	2,0064
5 <sup>o</sup>	2,0068

Para analisar as respostas dos professores foram consideradas corretas as respostas que mostravam que o movimento do pêndulo não depende do deslocamento angular, uma vez que foi solicitado aos professores que completasse os valores dos períodos correspondentes a ângulos inteiros entre os intervalos ( $1^0 \leq \theta_m \leq 5^0$ ). Os professores AM e AP mantiveram suas respostas antes e depois da aplicação do estudo de caso (plataforma laranja da figura 11). O professor EA apresentou uma evolução negativa, porque ele não citou o ângulo antes da aplicação do estudo de caso, mas citou esse fator depois (Figura 11).

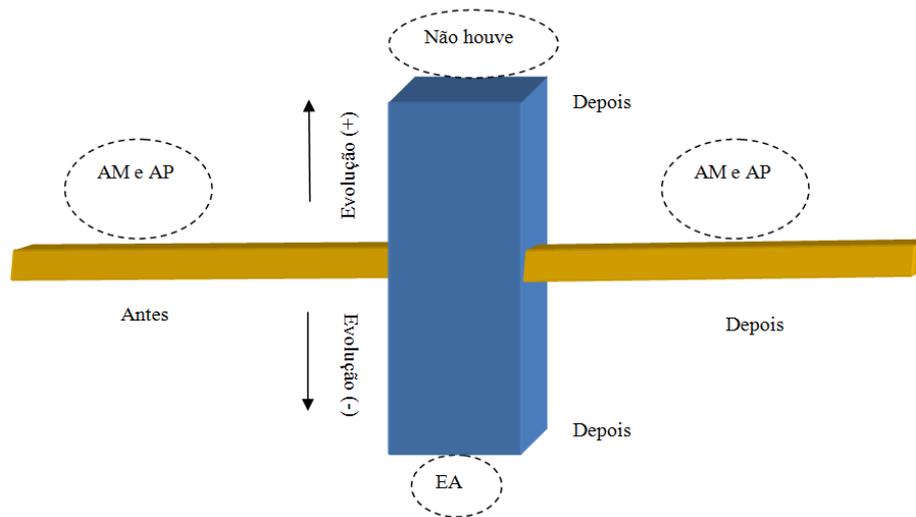


Fig. 11: Análise da evolução dos professores em relação ao deslocamento angular.

Sobre o efeito da latitude no movimento do pêndulo, na 1ª etapa do estudo de caso (antes), dois professores (CM, WS) acharam que a localização do pêndulo no planeta Terra influencia o movimento do pêndulo. Na 3ª etapa do estudo de caso (depois) os professores (AM, CS e TL) concordaram que a localização geográfica do pêndulo (latitude) interfere no movimento dele.

O período do pêndulo para ângulo menor que  $15^0$  pode ser calculado pela expressão:

$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ , onde  $L$  é o comprimento do fio e  $g$  é a aceleração da gravidade

$(\frac{GM_T}{r^2})$ , onde  $G$  é a constante de Gravitacional Universal,  $M_T$  é a massa da Terra e  $r$  é a distância do centro da Terra até o ponto que se deseja calcular o valor da aceleração gravitacional.

O valor de  $g$  na expressão  $(\frac{GM_T}{r^2})$  não considera as variações da massa específica da Terra, o fato da terra não ser uma esfera, o efeito da rotação da Terra.

Porém a variação de  $g$  levando em conta os três fatores acima é muito pequena conforme ilustra o gráfico 2:

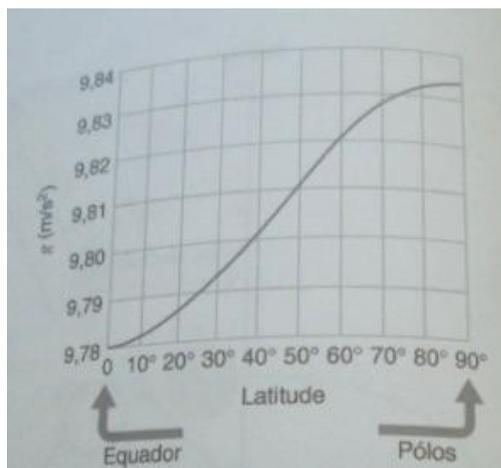


Gráfico 2 - Variação de  $g$  com a latitude ao nível do mar. Em torno de 65% da variação é devida à rotação da terra. Com os 35% restantes vindo da forma ligeiramente achatada da Terra. Fonte Resnick, 2007.

Para analisar a construção dos conhecimentos dos professores em relação à latitude foram consideradas corretas as respostas que mostravam que o movimento do pêndulo depende dessa coordenada geográfica. Embora a variação da aceleração gravitacional com a latitude seja pequena (gráfico), esse critério foi muito importante na expedição de Couplet à Paraíba, pois permitiu determinar o formato da Terra a partir da detecção do atraso do período do pêndulo na linha do equador. Conforme mostra o gráfico 1 o valor de  $g$  é mínimo no equador, o que garante pela equação,  $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$ , um período máximo de oscilação do pêndulo.

Na 1ª etapa do estudo de caso (antes), dois professores (CM, WS) acharam que a localização do pêndulo no planeta Terra influencia o movimento do pêndulo, mas não disseram explicitamente a palavra “latitude”.

Na 3ª etapa do estudo de caso (depois) os professores (AM, CS e TL) concordaram que a localização geográfica do pêndulo (latitude) interfere no movimento dele. Esses professores não citaram esse fator na 1ª etapa do estudo de caso e, por isso, tiveram uma evolução positiva. O professor WS não considerou nessa 3ª etapa, o efeito da latitude no movimento do pêndulo e, por isso, teve uma evolução negativa. A professora CM não respondeu a 3ª etapa.

A figura 12 sintetiza a evolução dos docentes em relação à latitude.

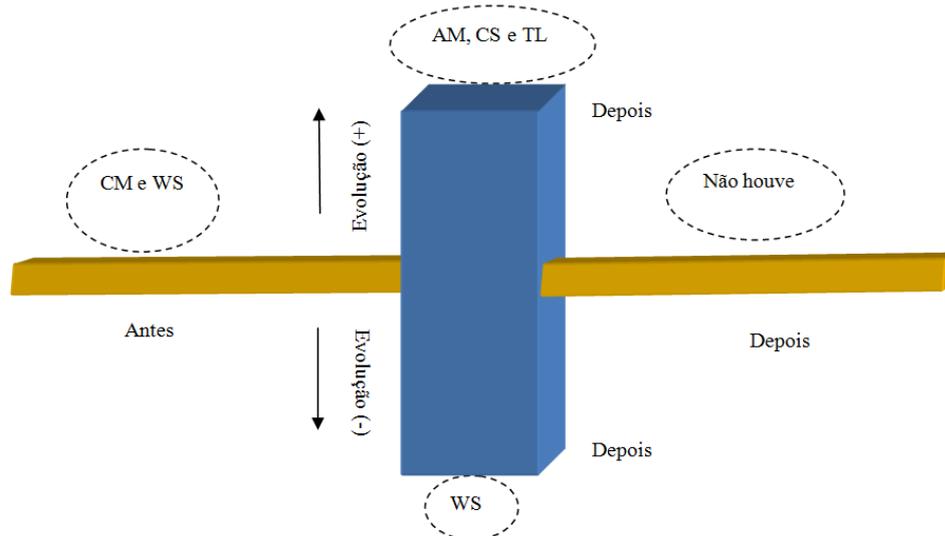


Fig. 12: análise da evolução dos professores em relação à latitude.

Em relação à amplitude, na 1ª etapa do estudo de caso, nenhum professor avaliado considerou essa grandeza como fator responsável para o movimento do pêndulo. Na 3ª etapa apenas o professor AP citou esse fator.

A amplitude do movimento em um pêndulo simples é a altura em que a massa  $m$  é abandonada. Para ângulos pequenos  $\theta_m \leq 15^\circ$ , o período é independente dessa altura.

Como os ângulos trabalhados na 2ª etapa do estudo de caso foram  $1^\circ$ ;  $2^\circ$ ;  $3^\circ$ ;  $4^\circ$ ; e  $5^\circ$ , pode-se considerar que o professor (AP) teve uma evolução negativa da relação entre amplitude e movimento do pêndulo (figura 13).

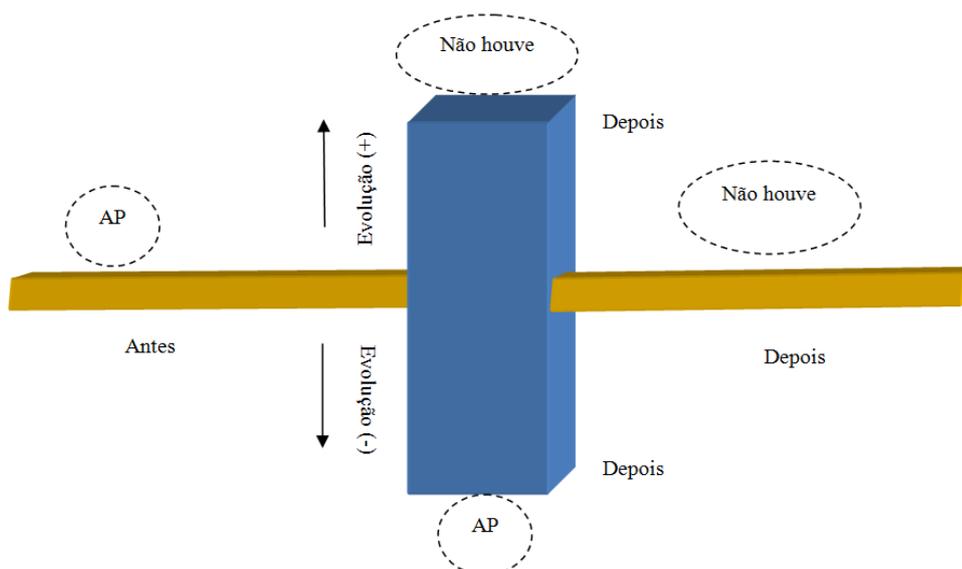


Fig. 13: análise da evolução dos professores em relação à amplitude.

5.1.2- Reflexões sobre a incorporação dos professores em relação aos fatores que influenciam o movimento do pêndulo.

Segundo nossos critérios, dos dez professores avaliados: seis docentes apresentaram evolução positiva em pelo menos uma grandeza: CS (aceleração gravitacional, comprimento e latitude), TL (aceleração gravitacional, comprimento e latitude), CR (comprimento e massa), AP (massa), AM (latitude) e WS (comprimento). Três docentes apresentaram evolução negativa em pelo menos uma grandeza: EA (aceleração gravitacional e ângulo); WS (latitude) e AP (amplitude). Seis professores não apresentaram evolução em pelo menos uma grandeza: AM (aceleração gravitacional, comprimento e ângulo); CR (aceleração gravitacional); MM (aceleração gravitacional e comprimento); AP (comprimento e ângulo); MR (aceleração gravitacional e comprimento) e EA (comprimento). A professora CM não foi avaliada porque não respondeu a 3ª etapa do estudo de caso 1.

As respostas dos professores foram avaliadas em mais de uma grandeza física, ou seja, alguns professores apresentaram evoluções positivas em uma grandeza e, na outra evolução negativa ou não tiveram evolução.

A estratégia de ensino do estudo de caso 1 mostrou-se eficiente para seis professores porque suas respostas evoluíram positivamente em pelo menos uma grandeza física. Para seis professores não houve evolução, em pelo menos uma grandeza física. O motivo desse último resultado ocorreu porque os professores já tinham um conhecimento prévio (certo ou errado) sobre o assunto, o que o levou a repetir as mesmas questões nas 1ª e 3ª etapas. Três professores apresentaram evolução negativa com a estratégia de estudo de caso utilizada.

Alguns professores atribuíram o período como fator responsável pelo movimento do pêndulo (CS e TL) na 1ª etapa e, (AP) na 3ª etapa. O período do movimento, ou seja, a medida do tempo de oscilação do pêndulo varia de acordo comprimento do pêndulo e da aceleração da gravidade. Assim o período do pêndulo é uma consequência do movimento do pêndulo e não sua causa. Nesse caso consideramos inadequadas as respostas dos professores e, portanto, não houve como mensurar a evolução destes docentes em relação ao período.

Espera-se que essa análise possa desencadear trabalhos futuros, inclusive com outros tipos de pêndulos.

## 5.2-Natureza da Ciência

O segundo foco de nossa análise consiste em investigar, apartir do estudo de caso 1 (Oscilações e medições no Brasil colonial), a evolução das concepções dos professores em relação à natureza da ciência. Para essa investigação, sugerimos que os professores respondessem três questões baseadas nesse estudo de caso. Na tabela 9 apresentamos a finalidade de cada questão aplicada à nossa amostra.

Tabela 9- Finalidade das questões sobre natureza da ciência do estudo de caso 1.

Questão	Finalidade da questão
Como vimos, existiam explicações diferentes para a forma da Terra, se ela, era alongada, como acreditavam os cientistas franceses, ou achatada como sustentava Newton. Qual foi a importância destas discussões para o desenvolvimento da ciência?	Investigar a compreensão dos professores em relação à existência de controvérsias entre as explicações dos cientistas.
Em 1687, apesar de Newton, já ter publicado sua teoria sobre o achatamento dos pólos, após as discussões que deram origem as expedições e a partir das medições realizadas em diversas partes da Terra, Newton publicou uma nova edição de sua obra em 1713, citando as medições realizadas, inclusive as de Couplet, a fim de confirmar sua teoria. Comente sobre essa afirmação.	Investigar a compreensão dos professores em relação ao caráter coletivo da ciência
Na época dos experimentos de Couplet, os conceitos científicos compreendidos naquela época eram os mesmos conceitos que conhecemos atualmente? Responda utilizando os conceitos científicos que você conhece sobre o assunto	Investigar a compreensão dos professores em relação à concepção de que o conhecimento científico não é estático e convergente mas mutável e provisório.

Identificamos nas respostas dos professores unidades que se referem: a) às concepções adequadas dos professores em relação à construção do conhecimento científico e b) às concepções inadequadas dos professores em relação à construção do conhecimento científico.

Essas unidades resultaram na construção de duas categorias emergentes que se referem a) às visões adequadas sobre a natureza da ciência e b) às visões equivocadas sobre a natureza da ciência.

Depois de construídas as categorias, devemos produzir argumentos aglutinadores que sustentem a tese proposta por cada categoria (MARCELINO, 2012). Cada categoria, então, foi subdividida em subcategorias para facilitar a construção do metatexto no qual corresponde nossa análise.

### 5.2.1-Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões adequadas sobre a Natureza da Ciência construídas a partir do estudo de caso1

Na tabela 10 mostramos as subcategorias que conduziram a construção do metatexto que se refere às visões adequadas da natureza da ciência. Os números representam a quantidade de unidades empíricas (UE) encontradas na 1ª e na 3ª etapas do estudo de caso1. O total de unidades empíricas é menor que a soma da 1ª com a 3ª etapa, porque existem unidades empíricas repetidas.

Tabela 10- Quantidade de unidades empíricas sobre as visões adequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 1.

	Subcategorias	1ª etapa (UE)	3ª etapa (UE)	Total (UE)
Visões adequadas	É possível a discordância entre os cientistas	5	4	5
	A ciência é uma atividade coletiva	3	1	3
	O conhecimento científico não é estático e convergente, mas mutável e provisório	5	6	7
	O raciocínio científico se conecta com fatores sociais.	0	3	2
	As teorias científicas podem ser provadas experimentalmente.	6	5	6
	O conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não totalmente na observação, em evidências experimentais, em argumentos racionais e no ceticismo.	1	1	1
	As observações são dependentes da teoria	3	0	3
	Total	23	20	27

Apontamos que podem existir UE em maior ou menor número que a quantidade de professores da pesquisa, uma vez que as respostas de alguns docentes poderiam ser agrupadas em mais de uma subcategoria ou o professor pode não ter se manifestado sobre o tema. Foi criado um código para os dez professores participantes desta etapa da pesquisa com o objetivo de preservar suas identidades. Denominamos os docentes por: AM, AP, CM, CR, CS, EA, MM, MR, TL, WS.

Em relação às unidades empíricas da 1ª etapa: treze (57%) das vinte e três unidades empíricas referentes às visões consideradas adequadas da NDC, condizem com as finalidades das questões do estudo de caso 1: cinco unidades empíricas (22%) relacionam-se com a possibilidade de discordância entre os cientistas (finalidade da questão1); essas unidades foram citadas por quatro professores (AM, MR, CR e CM). Três unidades empíricas (13%) relacionam-se com o caráter coletivo da ciência (finalidade da questão 2); essas unidades

foram citadas por dois professores (EA, MR). Cinco unidades empíricas (22%) estavam condizentes com mutabilidade e instabilidade do conhecimento científico (finalidade da questão 3); essas unidades foram citadas por cinco professores (AM, CR, EA, MR e TL).

Em relação às unidades empíricas da 3ª etapa: onze (55%) das vinte unidades empíricas referentes às visões consideradas adequadas da NDC, condizem com as finalidades das questões do estudo de caso 1: quatro (20%) estavam relacionadas com a possibilidade de discordância entre os cientistas (finalidade da questão 1); essas unidades foram citadas por quatro professores (AM, MR, EA e CR). Uma (5%) estava relacionada com o caráter coletivo da ciência (finalidade da questão 2) essa unidade foi citada pela professora MR. Seis (30%) unidades condizem com a mutabilidade e instabilidade do conhecimento científico (finalidade da questão 3); essas unidades foram citadas por cinco professores (AM, CR, CS, EA, MR e TL).

Percebemos então, que a maioria das unidades empíricas dos professores, tanto na primeira etapa do estudo de caso quanto na terceira estavam coerentes com as finalidades das questões. O estudo de caso foi mais eficaz para atingir a finalidade da terceira questão porque houve aumento de cinco unidades empíricas da 1ª etapa do estudo de caso para seis na 3ª etapa em relação à subcategoria “O conhecimento científico não é estático e convergente, mas mutável e provisório”.

As respostas dos professores transcenderam as finalidades das questões propostas para o estudo de caso 1 porque apareceram respostas dos docentes relacionadas a outras subcategorias pertencentes às visões adequadas da natureza da ciência, como: O conhecimento científico se conecta com fatores sociais; as teorias científicas podem ser provadas experimentalmente; o conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não totalmente na observação, em evidências experimentais, em argumentos racionais e no ceticismo; e as observações são dependentes da teoria.

Dentro das respostas que transcenderam as finalidades das questões do estudo de caso verificou-se que o estudo de caso 1 foi mais eficaz para a incorporação da subcategoria “o conhecimento científico se conecta com fatores sociais” porque passou de zero unidade empírica na 1ª etapa para três, na 3ª.

A seguir discutimos as respostas fornecidas pelos professores para cada subcategoria citada na tabela 10.

### **É possível a discordância entre os cientistas**

No século XVII existia um debate sobre a forma da Terra. De um lado os newtonianos que acreditavam que a Terra era achatada nos pólos e por outro, os *cartesianos franceses* (AM, CM) que acreditavam no achatamento da Terra no equador. As controvérsias na história da ciência são importantes não apenas para saber se as idéias dos cientistas *estariam certas ou erradas* (EA) porque mesmo se as experiências de Couplet apresentassem *resultados contrários às propostas de Newton, isso não encerraria o debate, mas sim, incitaria novos experimentos e novas proposições teóricas para explicar a gravitação* (CR). É importante salientar, que *apesar de o próprio Newton ter criticado alguns dos valores encontrados por Couplet* (MR), Newton refletiu sobre os dados e os citou a expedição de Couplet na sua mais importante obra: o Principia. O excerto da crítica do cientista inglês foi destacado pela aluna AM: *As observações deste cavalheiro são tão grosseiras que não podemos confiar nelas* (NEWTON, 1962, p.431).

As controvérsias científicas são desvios de percurso “canônico” do desenvolvimento científico ou episódios que dizem respeito às relações interpessoais ou ainda disputas entre os defensores de dois modos diversos de teorização de determinados fenômenos (GAVROGLU, 2007, p.189). Segundo esse autor “para se classificar de controvérsia, uma discordância científica, será preciso que esta tenha uma razoável duração temporal e que as partes envolvidas formulem publicamente os seus argumentos e contra-argumentos” (GAVROGLU, 2007, p.190). A revelação de aspectos controversos na educação científica seja através dos conceitos científicos ou sobre aspectos da natureza da ciência mostra que: “a chamada “visão de mundo científica”, normalmente considerada como objetiva, neutra e racional, esconde uma ampla variedade de visões que podem ser consideradas “científicas” (BAGDONAS E SILVA, 2013). Assim, o conhecimento é dinâmico e “está envolto por um contexto e controvérsias e divergências” (LEITE, 1993)

Os aspectos controversos da ciência colocam “o leitor frente a frente com seu modo de atuar, pensar e proceder no plano científico (PENNEREIRO, 2010), como a controvérsia “existente acerca da natureza da luz, principalmente nos séculos XVII e XVIII” (SILVA e MARTINS, 2010) ou a “do século XIX entre os físicos franceses Biot e Ampère sobre as interpretações distintas em relação ao experimento de Oersted” (BRAGA, *et al*, 2013) que são exemplos que buscam combater “a ideia de que o conhecimento científico seja fruto de um conhecimento linear, puramente acumulativo.” (BRICCIA e CARVALHO, 2011), e reforçar a influência dos fatores histórico, social e cultural no desenvolvimento científico (GUERRA *et al*, 2013), não desprezando “o conteúdo metafísico” (OLIVEIRA *et al*, 2013), enriquecendo

“significativamente o conteúdo da Física, dando “vida a essa matéria que é “fria”” (RODRIGUES *et al*, 2012).

### **A ciência é uma atividade coletiva**

Para os docentes *a ciência desenvolve-se através de trabalhos de várias pessoas, mesmo aquelas quase desconhecidas por nós* (MR) o que demonstra claramente que *ninguém faz ciência sozinho* (MR). O conhecimento é compartilhado por *outras pessoas* (EA).

Percebemos então, que a professora compreende que a ciência é um empreendimento coletivo, porém o trabalho em equipe não acontece simplesmente pela sobreposição das contribuições individuais:

O trabalho em equipe pode apresentar duas formas: pode ser simplesmente aditivo, como, por exemplo, o levantar em comum um peso, ou pode ser um trabalho coletivo propriamente dito que consiste em criar, mediante o esforço conjunto, uma estrutura especial que não é igual à soma dos trabalhos individuais e é comparável a uma partida de futebol, a uma conversação ou o atuar de uma orquestra. Como poderia considerar-se a atuação de uma orquestra, passando por alto o significado e as regras de cooperação, como a mera soma do trabalho dos instrumentos individuais? (FLECK, 1986, p.145, SZCZEPANIK, 2005, p.26)

Fleck, então, caracteriza os tipos de trabalho em equipe. Mas como acontece o processo de coletivização da ciência?

Reis (2014), após leituras de Zimann (1983) comenta que a “coletivização não é somente ciência feita de forma coletiva, mas uma impossibilidade de se fazer ciência de forma individual” (REIS, 2014, p. 224). Mostra que principalmente a partir da segunda metade do século XX a ciência ganhou um *ethos* mais gerencial do que acadêmico devido à dependência da ciência com as atividades industriais.

Assim, a visão do cientista isolado trabalhando sozinho é considerada uma visão equivocada da ciência. A visão da ciência como uma atividade coletiva evita a concepção deformada individualista e elitizada da ciência no qual “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes” (GIL PÉREZ *et al*, 2001).

### **O conhecimento científico não é estático e convergente, mas mutável e provisório**

Segundo os docentes *a ciência evolui* (CS, TL) porque *novos conceitos são desenvolvidos* (EA) pelo homem. Como exemplo desta *transformação* (EA) pode-se citar a

teoria gravitacional de Newton sobre a atração dos corpos que foi *suplantada pela deformação que a massa causa no espaço-tempo de Einstein* (CR) ou, a evolução das *formas de se medir o comprimento* (TL) de uma grandeza física. Assim, *nenhuma verdade é definitiva* (AM) e o empreendimento científico pode ser considerado uma *construção humana* (MR).

Para Matthews (1995) a visão adequada da mutabilidade e instabilidade da ciência elucida a idéia de que o pensamento científico atual está sujeito à transformações.

### **O raciocínio científico se conecta com fatores sociais.**

Segundo os professores *toda ou qualquer atividade humana interfere no meio e para isso precisamos conhecer esse meio* (CS, TL). Assim, a construção de uma teoria científica sofre a influência de fatores externos de acordo com a *necessidade da época* (AP) em que está sendo edificada.

A abordagem dos aspectos sociais no ensino é importante porque permite ao aluno compreender as visões adequadas da natureza da ciência evitando a visão socialmente neutra da ciência descrita por Gil Pérez *et al* (2001) como uma visão que negligencia as “complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade (CTS)”.

A dependência da ciência dos fatores sociais é um dos aspectos da visão consensual descrito por Lederman *et al* (2002). Para Matthews (2012) o fator social é apenas um fator externo do desenvolvimento científico. Segundo ele, a ciência depende também da tecnologia, da matemática, da comunicação, do dinheiro, da educação, da filosofia e da cultura de uma forma mais abrangente.

### **As teorias científicas podem ser provadas experimentalmente.**

Para os professores, a verificação de uma teoria científica ocorre através de *testes* (CS, TL), isto é, para uma teoria ser “*aceita como correta*” (MR) ela necessita de *comprovações experimentais* (EA) como o experimento de Couplet que *ajudou a comprovar a teoria da atração gravitacional de Newton* (MR). Uma teoria científica pode ser *provada* (CS, TL) e assim, os cientistas podem *se aproximar do real em relação ao formato da Terra* (MM).

Acreditamos que as leis e teorias científicas podem ser provadas experimentalmente. Segundo a teoria geral da relatividade de Einstein, um campo gravitacional intenso como o sol

seria capaz de desviar a trajetória da luz e deformar o espaço ao seu redor. Para comprovar esse efeito seria necessário obter duas fotografias:

[...] uma do campo de estrelas durante a passagem do corpo maciço (por exemplo, o Sol) diante dele e outra do mesmo campo de estrelas sem a presença desse corpo, e comparar, nas duas imagens, as posições das estrelas mais próximas da borda desse corpo. Se o efeito existisse, a posição dessas estrelas estaria ligeiramente modificada. Caso o Sol fosse usado como ‘corpo teste’ para as idéias de Einstein restaria uma outra dificuldade, causada pela luminosidade do Sol, já que esta impediria que as estrelas mais próximas da sua borda fossem fotografadas. Obter as fotografias com o Sol no céu, mas sem a sua luz, seria possível em apenas uma única circunstância: durante um eclipse solar total (VIDEIRA, 2005)

Para a realização dos experimentos os astrônomos realizaram duas expedições uma na Ilha do Príncipe localizada na África e outra em Sobral no Ceará. Em ambas as expedições os astrônomos fotografaram as estrelas durante o eclipse do sol e também sem a presença do sol:

Para o eclipse previsto para 1919, foram organizadas expedições para a Ilha do Príncipe e para Sobral, no interior do nosso velho Ceará, ambos escolhidos como locais mais favoráveis para a realização das observações. Quando a reunião conjunta da Royal Society e da Royal Astronomical Society, em Londres, 6 de novembro de 1919, analisou os resultados obtidos e concluiu que eles confirmaram a teoria da relatividade geral de Einstein, em detrimento a teoria gravitacional de Newton, a repercussão da opinião pública mundial foi imediata (FREIRE Jr, 2011, p.293)

Os dois experimentos realizados para comprovar a teoria da relatividade contribuíram para uma visão mais real da ciência porque ajudou a refletir sobre o método empírico-indutivo no qual parte sempre de um grande número de observações para obter as leis e conceitos por indução.

A experiência continua sendo relevante para a ciência. Segundo FREIRE Jr (2011) o próprio Einstein sobre a física teórica, dissera que a experiência o auxiliou a sugerir conceitos, mas estes conceitos podem “permitir livres criações do intelecto humano que devem naturalmente passar depois pelo crivo da experiência” (FREIRE Jr, 2011, p.295).

**O conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não totalmente na observação, em evidências experimentais, em argumentos racionais e no ceticismo.**

Para um professor, *muitas teorias surgiram antes mesmo de suas comprovações experimentais [...]. Tais comprovações conferem maior importância à teoria, fortalecendo-a (CR)*, mas as teorias não são insentas de argumentos irracionais.

Assim a ciência “envolve testes contínuos e cada vez mais rigorosos da teoria, que se forem bem sucedidos, resultam em evidência cada vez mais forte para a manutenção da teoria” (DUCHEYNE, 2012). Popper reconhece a importância dos experimentos para testar uma teoria científica.

[...] só reconhecerei um sistema como empírico ou científico se ele for passível de comprovação pela experiência. Essas considerações sugerem que deve ser tomado como critério de demarcação não a *verificabilidade*, mas a *falseabilidade* de um sistema. Em outras palavras, não exigirei que um sistema empírico seja suscetível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: *deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico*. (POPPER, 1972, p. 42)

Numa visão poppernicana uma teoria é considerada forte quando ela consegue passar pelo teste da experiência sobrevivendo a sucessivas refutações. Assim, em um período da história “conforme a história falsificacionista, a teoria de Newton foi capaz de resistir às falsificações tentadas, estabelecendo assim sua superioridade sobre a de Kepler” (CHALMERS, 2003, p.69).

Corroborando com Popper (1972) não desprezamos a importância dos experimentos para a ciência. No entanto não entendemos que a teoria de Newton seja superior à de Kepler ou ainda que a teoria da relatividade especial seja superior à teoria de Newton porque, usando um termo kuhniano, as grandezas são incomensuráveis; ou seja: é impossível comparar uma teoria com a outra. Na transição de uma teoria para outra mudam os objetos, os conceitos, as questões, os pressupostos, os métodos e conseqüentemente a visão de mundo dos cientistas.

A construção de um conhecimento científico pode envolver fatores não racionais, como, por exemplo, a influência da religião na teoria gravitacional. Os historiadores da ciência interpretaram, a partir dos manuscritos de Newton, que ele atribuiu a Deus a explicação das forças à distância existentes entre dois corpos (FERREIRA e MARTINS, 2008).

Assim, o conhecimento científico baseia-se em evidências experimentais, mas também em argumentos não racionais.

### **As observações são dependentes da teoria**

Segundo os professores *os conceitos científicos aplicados nos experimentos de Couplet (AP) permitiram corroborar (CM) e reforçar as previsões de Newton acerca do formato da Terra (AM)*.

Neste caso vimos que uma teoria *a priori* conduz a leitura e a interpretação dos dados da natureza:

Quando se trata do olhar de um cientista, este se acha impregnado por pressupostos que lhe permitem ver o que o leigo não percebe. Se olhamos uma lâmina ao microscópio, quando muito percebemos cores e formas. Precisamos estar de posse de uma teoria para “aprender a ver”. Em outras palavras, ao fazer a coleta de dados, o cientista seleciona os mais relevantes para o encaminhamento da solução do problema. O critério para a seleção dos fatos obviamente já orienta a observação. (ARANHA e MARTINS, 1993, p.162).

Assim, “o que um homem vê depende tanto daquilo que ele olha como daquilo que sua experiência visual-conceitual prévia o ensinou a ver”. (KUHN, 2009, p. 150). Então, deve-se evitar transmitir a visão *empírico-indutivista*, entendida como “uma concepção que destaca o papel “neutro” da observação e da experimentação (não influenciadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel essencial das hipóteses como orientadoras da investigação.” (FORATO *et al*, 2011).

Martins e Ryder, 2014 concordam que as “observações são dependentes da teoria”, porém, eles alertam que esse princípio não pode ser confundido com a idéia de que a ciência tem um “elemento subjetivo” porque “o conhecimento é socialmente partilhado e construído coletivamente num processo de diálogo e, portanto, intersubjetivo” (MARTINS e RYDER, 2014).

### 5.2.2- Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões inadequadas sobre a Natureza da Ciência, construídas a partir do estudo de caso 1

A tabela 11 mostra as subcategorias que conduziram a construção do metatexto que se refere às visões inadequadas da natureza da ciência. Os números representam a quantidade de unidades empíricas (UE) encontradas na 1ª e na 3ª etapas do estudo de caso1. O total de unidades empíricas é menor que a soma da 1ª com a 3ª etapa, porque existem unidades empíricas repetidas.

Tabela 11-Quantidade de unidades empíricas sobre as visões inadequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 1.

Visões inadequadas	Subcategorias	1ª etapa (UE)	3ª etapa (UE)	Total (UE)
	A teoria emerge somente da experiência.	1	0	1
O conhecimento científico é estático.	1	0	1	
	Total	02	00	02

Apontamos que podem existir UE em maior ou menor número que a quantidade de professores da pesquisa, uma vez que as respostas de alguns docentes poderiam ser agrupadas em mais de uma subcategoria ou o professor pode não ter se manifestado sobre o tema. Foi criado um código para os dez professores participantes dessa etapa da pesquisa com o objetivo de preservar suas identidades. Denominamos os docentes por: AM, AP, CM, CR, CS, EA, MM, MR, TL, WS.

Na 1ª etapa do estudo de caso 1, encontramos duas unidades empíricas relacionadas às concepções inadequadas da natureza da ciência: uma unidade empírica (50%) mostrou que a teoria emerge somente da experiência; essa unidade foi citada por dois professores (CS e TL). Uma unidade empírica (50%) mostrou que o conhecimento científico é estático; essa unidade foi citada pelo professor WS.

Na 3ª etapa do estudo de caso 1 não encontramos unidades relacionadas às concepções inadequadas da natureza da ciência.

Percebemos então que o estudo de caso 1 foi eficiente para reduzir as concepções equivocadas da natureza da ciência dos professores.

A seguir serão discutidas as respostas fornecidas pelos professores para cada subcategoria citada na tabela 11.

### **A teoria emerge somente da experiência.**

Dois professores acreditam que *somente através experiências que é possível chegar a uma teoria* (CS, TL).

Essa visão dos professores é considerada equivocada porque existem episódios da história da física, como a relatividade, que a teoria precedeu a experiência científica (FREIRE Jr, 2011).

### **O conhecimento científico é estático**

Para um professor, os conceitos newtonianos *“ainda são os mesmos, pois até agora não foram derrubados”* (WS).

Os conceitos newtonianos permanecem invariáveis sob certas condições, no entanto eles sofreram mutações ao longo do tempo. A relação entre força e distância não se altera em relação à transformação clássica, todavia, é modificada na estrutura da relatividade restrita porque a *“distância não é invariável com respeito à transformação de Lorentz”* (EINSTEIN e INFELD, 2008).

## Capítulo 6 – O entendimento dos professores sobre o desenvolvimento da máquinas térmicas.

Neste capítulo apresentamos os resultados da pesquisa obtidos nas aulas 5 e 6. Nessas aulas, através do estudo de caso 2: “O desenvolvimento da máquina a vapor”, verificamos se os professores incorporaram os conceitos relacionados às máquinas térmicas (locomotiva a vapor), os aspectos da natureza da ciência e os aspectos relacionados à cultura local, neste caso, as contribuições do transporte ferroviário para o desenvolvimento da cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES.

Alertamos que, sobre os aspectos da natureza da ciência, destacamos as visões dos professores sobre a construção do conhecimento científico e discutimos suas concepções adequadas e inadequadas em relação à natureza da ciência. A construção dos conhecimentos dos professores em relação aos aspectos da natureza da ciência foi analisada através do estudo de caso histórico.

Visões adequadas da natureza da ciência são aquelas estabelecidas por uma visão consensual da natureza da ciência para a educação científica descrita nos trabalhos de MCCOMAS; ALMAZROA; CLOUGH, 1998, p. 513 e LEDERMAN *et al*, 2002.

A visão consensual fornece aos pesquisadores um instrumento para analisar a aprendizagem dos alunos em relação à alguns aspectos da natureza da ciência. Além disso, pode, segundo MATTHEWS, 2012, proporcionar aos professores e alunos refletir sobre algumas questões da natureza da ciência. A visão consensual representou um esforço dos cientistas e filósofos para estabelecer conteúdos significativos para ensinar aspectos da construção do conhecimento e não deve ser abandonado.

Todavia existem algumas críticas como a de ALTERS, 1997; RUDOLPH, 2000; IRZIK & NOLA, 2011; VAN DIJK, 2011; MATTHEWS, 2012; DUSHL & GRANDY, 2013 e MARTINS e RYDER, 2014 sobre alguns tópicos do consenso. Reconhecemos, no entanto, que a análise apresentada nesse trabalho não pode ficar alheia às críticas supracitadas.

Neste sentido procuramos analisar os dados considerando a incompletude de alguns tópicos da visão consensual, adotando assim uma postura crítica no que tange a análise das respostas dos professores.

As visões inadequadas da ciência ou concepções ingênuas da ciência descrita por GIL-PÉREZ *et al*, 2001; FERNÁNDEZ *et al*, 2002; LEDERMAN, 1992, 2006.

Algumas atividades da 2ª etapa do estudo de caso 2 também foram analisadas.

### 6.1- Conceitos.

No estudo de caso histórico 2, solicitamos aos professores que respondessem a um exercício que envolve o cálculo da pressão do vapor em uma locomotiva a vapor bem como o rendimento máximo apresentado por essa máquina térmica. As respostas dos docentes foram agrupadas em dois conjuntos de unidades empíricas que se referem aos valores encontrados por eles sobre a pressão e o rendimento da locomotiva a vapor.

A partir desse agrupamento, emergiu das respostas a seguinte categoria: “As respostas dos professores de física do Sul do Estado do Espírito Santo sobre um exercício que envolve o cálculo da pressão do vapor em uma locomotiva a vapor e sua eficiência máxima”

Participaram da pesquisa dez professores de física e foi utilizado um código para identificar-los, ocultando assim suas identidades. As citações dos docentes aparecem em “ipsis litteris” e estão em itálico.

A análise ocorreu através da produção de um metatexto que buscou relacionar as unidades empíricas (as respostas dos professores) com as unidades teóricas (unidades extraídas da literatura). A questão solicitada aos docentes corresponde à primeira questão do estudo de caso 2.

#### 6.1.1- Metatexto: Os professores de física do ensino médio da do sul do Espírito Santo e suas visões sobre os conceitos do estudo de caso 2

Em uma locomotiva a vapor, o vapor de uma caldeira a uma pressão de 16,0 atm entra nos cilindros, é expandido adiabaticamente até 5,60 vezes o seu volume original e, é, então, descarregado para a atmosfera. Calcule a) a pressão do vapor após a expansão e b) a maior eficiência possível da máquina.

A questão apresentada solicitou aos professores que determinasse o vapor da pressão do vapor após a expansão adiabática. O valor esperado nas respostas dos professores era 1,62 atm para a pressão do vapor (resposta da letra a) A pressão final do vapor ( $P_2$ ) numa transformação adiabática é dada pela expressão:

$$P_2 = P_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma \quad (1) \quad (\text{RESNICK } et \text{ al, } 2007, \text{ p.266})$$

Onde  $P_1$  é a pressão inicial do vapor na caldeira (no nosso caso, 16 atm),  $\frac{V_1}{V_2}$  é a relação entre os volumes inicial e final do vapor (no nosso caso,  $\frac{1}{5,60}$ ) e  $\gamma = 1,33$  (considerando o vapor um gás ideal triatômico) (RESNICK *et al*, 2007, p.264)

Os cálculos obtidos com a equação 1 mostram que  $P_2=1,62$  atm.

Embora as atividades propostas para os professores na 2ª etapa do estudo de caso 2 proporcionassem suporte teórico para a resolução da questão 1, nenhum professor acertou totalmente essa questão nas 1ª e 3ª etapas do estudo de caso 2. As transformações gasosas ensinadas no ensino médio (isotérmicas, isovolumétricas e isobáricas) são analisadas através da utilização da lei geral dos gases ideais ( $\frac{PV}{T} = \text{constante}$ ). Essa equação não é válida para a transformação adiabática. Essa transformação também é ensinada no ensino médio, porém de forma qualitativa. Essa é a explicação para os erros cometidos pelos docentes nessa atividade: eles usaram a lei geral dos gases ideais de forma inapropriada.

Três professores usaram equivocadamente, em ambas as etapas, a lei geral dos gases ideais ( $\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$ ) (MM)(2), para calcular o valor de  $P_2$ , para uma transformação adiabática. Como consequência, a professora MM relatou que não conseguiu fazer os cálculos por ausência de dados da questão.

Apenas um professor chamou a atenção sobre a necessidade de obter a razão das capacidades térmicas molares  $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$  (WS) (3), para o cálculo do valor  $P_2$ . Porém, ele não soube explicar como fazer os cálculos, para obter a resposta correta. Quem chegou mais próximo da resolução correta foi o professor EA que fez os cálculos certos, mas utilizou o valor de  $\gamma=1,40$  (EA), considerando o vapor d'água como um gás ideal diatômico ao invés do valor  $\gamma = 1,33$  para gás ideal triatômico.

A letra b da questão 1 solicitou que os professores calculassem a maior eficiência possível da máquina a vapor. O valor esperado é 43, 3% para o rendimento (resposta da letra b). O rendimento máximo da locomotiva a vapor é obtido através da fórmula:

$$R = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad (4) \quad (\text{RESNICK } et \text{ al}, 2007, p.290)$$

Onde  $\frac{T_2}{T_1}$  é a razão entre as temperaturas da fonte fria (o ar atmosférico) e a fonte quente (a caldeira). Essa relação, por sua vez é obtida através da expressão:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \quad (5) \quad (\text{RESNICK } et al, 2007, p.266) \text{ o que fornece um resultado de } 0,563.$$

Com esse valor obtemos na equação (4),  $R=43,3\%$ , como resultado para o rendimento máximo da locomotiva a vapor.

Após as leituras das atividades referentes ao estudo de caso 2, o professor WS utilizou equivocadamente a fórmula  $R = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$  (6) para o cálculo do rendimento da letra b. Na equação (6),  $\frac{Q_2}{Q_1}$  é a razão entre as quantidades de calor da fonte fria e, da fonte quente. A fórmula (6) pode ser usada para calcular o rendimento de uma máquina, mas não seu rendimento ou eficiência máxima. Para obter a resposta correta o professor teria que utilizar as equações (4) e (5).

Outro comentário que surgiu a partir do estudo de caso 2, foi sobre os tipos de materiais consultados pelos professores para responder a letra b da questão 1. Um professor relatou que não conseguiu *ver nos livros qual outra forma que possa atender a solicitação, pois é necessário o valor da fonte quente e da fonte fria* (WS), reportando assim, na 1ª etapa do estudo de caso 2, que sua principal fonte de pesquisa foi o livro. O livro tem sido “praticamente o único instrumento de apoio do professor e que se constitui numa importante fonte de estudo e pesquisa para os estudantes”. (FRISON *et al*, 2009).

Enfim, o estudo de caso 2 não contribuiu satisfatoriamente para o aprendizado dessa questão 1 porque 40 % dos professores (AM, CM, CS e TL) não responderam as questões pertencentes a 3ª etapa do estudo de caso. Os outros 60% (AP, CR, EA, MM, MR e WS) responderam equivocadamente as questões propostas nessa 3ª etapa. Possivelmente as transformações adiabáticas trabalhadas na sala de aula, são explicadas apenas de forma qualitativa.

## 6.2- Natureza da Ciência

O segundo foco de nossa análise consiste em investigar, a partir do estudo de caso 2 (desenvolvimento das máquinas térmicas), a incorporação dos professores em relação à natureza da ciência. Para essa investigação, sugerimos que os professores respondessem três questões baseadas nesse estudo de caso. Na tabela 12 apresenta-se a finalidade de cada questão aplicada à nossa amostra.

Tabela 12- Finalidade das questões sobre natureza da ciência do estudo de caso 2.

Questão	Finalidade da questão
O desenvolvimento científico se relaciona com aspectos sociais, econômicos, religiosos e artísticos? Justifique	Investigar a compreensão dos professores de que o raciocínio científico se conecta com fatores externos.
Você acredita que a máquina a vapor foi desenvolvida apenas por uma pessoa ou houve contribuições de outras pessoas? Como aconteceram essas contribuições?	Investigar a compreensão dos professores em relação ao caráter coletivo da ciência.
Você acredita que no início do desenvolvimento das máquinas a vapor os conceitos científicos compreendidos naquela época eram os mesmos conceitos que conhecemos atualmente? Responda utilizando os conceitos científicos que você conhece sobre o assunto.	Investigar a compreensão dos professores em relação à concepção de que o conhecimento científico não é estático e convergente, mas mutável e provisório.

Identificamos nas respostas dos professores unidades que se referem: a) às concepções adequadas dos professores em relação à construção do conhecimento científico e b) às concepções inadequadas dos professores em relação à construção do conhecimento científico.

Essas unidades resultaram na construção de duas categorias emergentes que se referem às: a) visões adequadas sobre a natureza da ciência e b) visões equivocadas sobre a natureza da ciência.

Depois de construídas as categorias, devemos produzir argumentos aglutinadores que sustentem a tese proposta por cada categoria (MARCELINO, 2012). Cada categoria, então, foi subdividida em subcategorias para facilitar a construção do metatexto no qual corresponde análise do pesquisador.

6.2.1- Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões adequadas sobre a Natureza da Ciência construídas a partir do estudo de caso 2.

Na tabela 13 se encontram as subcategorias que guiarão a construção do metatexto. Essa primeira parte se refere às visões adequadas da natureza da ciência. Os números representam a quantidade de unidades empíricas (UE) encontradas na 1ª e na 3ª etapas do estudo de caso 2. O total de unidades empíricas é menor que a soma da 1ª com a 3ª etapa, porque existem unidades empíricas repetidas.

Tabela 13- Quantidade de unidades empíricas sobre as visões inadequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 2.

Visões adequadas	Subcategorias	1ª etapa (UE)	3ª etapa (UE)	Total (UE)
		O raciocínio científico se conecta com fatores externos.	9	10
	A ciência é uma atividade coletiva.	10	8	10
	O conhecimento científico não é estático e convergente, mas mutável e provisório	4	6	5
	Total	23	24	27

Apontamos que podem existir UE em maior ou menor número que a quantidade de professores da pesquisa, uma vez que as respostas de alguns docentes poderiam ser agrupadas em mais de uma subcategoria ou o professor pode não ter se manifestado sobre o tema.

Foi criado um código para os dez professores participantes desta etapa da pesquisa com o objetivo de preservar suas identidades. Denominamos os docentes por: AM, AP, CM, CR, CS, EA, MM, MR, TL, WS.

Em relação às unidades empíricas da 1ª etapa: todas as unidades empíricas da 1ª etapa (23) sobre as concepções adequadas da natureza da ciência estavam coerentes com as finalidades das questões do estudo de caso 2: nove unidades empíricas (39%) estavam relacionadas às conexões do raciocínio científico com fatores externos (finalidade da questão 1); essas unidades foram citadas por seis professores (AM, CM, CR, CS, MR e TL). Dez unidades empíricas (44%) relacionam-se com o caráter coletivo da ciência (finalidade da questão 2); essas unidades foram citadas por dez professores (AM, AP, CM, CR, CS, EA, MM, MR, TL e WS). Quatro unidades empíricas (17%) estavam condizentes com mutabilidade e instabilidade do conhecimento científico (finalidade da questão 3); essas unidades foram citadas por cinco professores (AP, CM, CS, MR e TL).

Em relação às unidades empíricas da 3ª etapa: todas as unidades empíricas da 3ª etapa (24) sobre as concepções adequadas da natureza da ciência estavam coerentes com as finalidades das questões do estudo de caso 2: dez unidades empíricas (42%) estavam relacionadas às conexões do raciocínio científico com fatores externos (finalidade da questão 1); essas unidades foram citadas por sete professores (AM, CM, CR, CS, MM, MR e TL). Oito unidades empíricas (33%) relacionam-se com o caráter coletivo da ciência (finalidade da questão 2); essas unidades foram citadas por seis professores (AM, CM, CR, CS, MR e TL). Quatro unidades empíricas (25%) estavam condizentes com mutabilidade e instabilidade do conhecimento científico (finalidade da questão 3); essas unidades foram citadas por sete professores (AM, AP, CM, CS, MM, MR e TL).

Percebemos então, que as unidades empíricas dos professores em relação às visões consideradas adequadas da natureza da ciência, tanto na primeira etapa do estudo de caso quanto na terceira, estavam coerentes com as finalidades das questões. No entanto, o estudo de caso 2 foi mais eficaz para as finalidades das 1ª e 3ª questões do estudo de caso 2 porque houve aumento: a) de nove unidades empíricas da 1ª etapa para dez unidades empíricas na 3ª etapa em relação à subcategoria “o raciocínio científico se conecta com fatores externos”. b) de quatro unidades empíricas para seis unidades empíricas na 3ª etapa em relação à subcategoria “O conhecimento científico é estático e convergente, mas mutável e provisório”.

A seguir serão discutidas as respostas fornecidas pelos professores para cada subcategoria da tabela 13.

### **O raciocínio científico se conecta com fatores externos**

Um fator que interfere no raciocínio científico é o religioso. Na idade média *as explicações sobre os fenômenos* (AM) estava associada principalmente à fatores religiosos. Assim o conhecimento científico estava conectado com os *Deuses* (MM). As idéias do filósofo Aristóteles foram predominantes nesse período e não estavam dissociadas da religião. Ele afirmava que todo o movimento necessitava de um motor e, no caso dos corpos celestes, esse motor seria o espírito de Deus (BRAGA *et al*, 2011, v1 p.25). É importante salientar que embora “contaminada” por pressupostos religiosos as explicações de Aristóteles também contemplavam explicações racionais, principalmente no mundo considerado sublunar.

No renascimento aconteceu a *uma maior atenção às necessidades humanas, ao contrário do teocentrismo da idade média* (CM). Os engenheiros do renascimento construía máquinas, pintavam e esculpam com o objetivo de facilitar o trabalho do homem e atender a suas necessidades (BRAGA *et al*, 2011, v.2, p.35)

Outro fator que interfere na construção do conhecimento científico é o artístico. Leonardo da Vinci, personagem do renascimento foi *cientista e artista, sempre pesquisando novas coisas para aprimorar seus trabalhos artísticos* (MR). As pesquisas de Leonardo aconteceram no campo através do contato *in loco* com o universo da *práxis* dos engenheiros (THUILLIER, 1994, p.97), mas ele também não renegava os conhecimentos dos pensadores medievais (Aristóteles, Euclides e Arquimedes) se baseando, portanto, na herança cultural dos seus antecessores (THUILLIER, 1994, p.94).

A revolução industrial também influenciou *quadros de grandes pintores da época* (MM), como os quadros de Philip James de Loutherbourg (31 October 1740 – 11 March 1812).



Fig.14: Cidade sendo iluminada a noite pelos altos-fornos de ferro (pintura de Loutherbourg). Fonte: <http://www.suapesquisa.com/industrial/imagens.htm>

O terceiro fator que influencia o trabalho científico é o ambiental. Segundo a professora MM, as conseqüências ambientais provenientes do desenvolvimento tecnológico *dependem dos objetivos dessas novas tecnologias e quem vai direcioná-las*. (MM). No período da revolução industrial, o aquecimento das camadas de ar provenientes das fumaças emitidas pelas indústrias e a poluição sonora oriunda das máquinas térmicas em funcionamento, deixavam o *mundo quente e barulhento* (MM)

O quarto fator que influencia o trabalho científico é o social. Na concepção dos professores, *as necessidades da sociedade incentivam as ciências na busca de novas tecnologias* (CR). Assim, o homem desenvolve *técnicas que são aperfeiçoadas* (CS, TL) para a construção das tecnologias que *podem trazer conforto e bem estar para a população* (MM) como, por exemplo, a agilidade do transporte de mercadorias feitas pela *locomotiva a vapor* (MR). Porém, é importante salientar que o desenvolvimento tecnológico nem sempre traz o bem estar social porque as conseqüências sociais *dependem dos objetivos dessas novas tecnologias e quem vai direcioná-las* (MM)

Na década de 60 do século XX, autores como Carson e Kuhn mostram um desconforto com o avanço da ciência e suas implicações para a sociedade: Carson se preocupa com os efeitos biológicos do inseticida DDT (CARSON, 1962) e KUHN (2009) critica o modelo tradicional de ciência vigente na época. De acordo com este modelo, o desenvolvimento da ciência, tecnologia e sociedade apresentava uma sequência linear e independente. Assim, o desenvolvimento da ciência propiciava o desenvolvimento da tecnologia, que era a responsável pelo desenvolvimento econômico, que por sua vez era o responsável pelo bem

estar social. Após este período de críticas, ainda na década de 60 surgem os primeiros movimentos sociais, preocupados com os impactos ambientais decorrentes dos avanços da Ciência e Tecnologia, dentre os quais se podem citar o “*Greenpeace*”, a “*Environmental Protection Agency*” (EPA).

### **A ciência é uma atividade coletiva**

Os professores ressaltaram que a *máquina a vapor* (WS) é um empreendimento coletivo e que foi *desenvolvida por várias gerações* (AP). *A primeira máquina térmica que se tem registros é a máquina de Heron* (AM), construída no século II D.C. Essa máquina consistia de uma esfera com dois orifícios. A esfera girava quando recebia o vapor de água proveniente de uma caldeira aquecida. Herón construiu essa máquina térmica na “qualidade de brinquedos mágicos destinados a espantar o vulgo” (CIMBLERIS, 1991). No século XVIII apareceram as máquinas a vapor de Savery, Newcomen e de James Watt. A máquina de Savery foi aprimorada por Newcomen e este por sua vez, teve sua máquina *aperfeiçoada por James Watt* (CM), pela incorporação do condensador (BRAGA *et al*, 2011, p.38, v 3). O princípio básico das máquinas a vapor consiste na *conversão da energia térmica em energia cinética* (CR), ou melhor, em trabalho. Este mecanismo de transformação da energia foi utilizado em *setores diversificados* (EA) como no processo de fabricação de tecidos, num primeiro momento, e posteriormente de diversos outros produtos (BRAGA *et al*, 2011, p.38, v 3). Segundo Braga *et al* 2011, a construção dessas máquinas aconteceu independente dos estudos teóricos. Somente no século XIX o cientista francês Sadi Carnot idealizou uma máquina térmica cujo funcionamento se apresentava como uma *sequência de transformações gasosas onde ela tem seu rendimento máximo operando em ciclos* (MM).

Através desses exemplos percebemos que as máquinas a vapor foram construídas por *várias pessoas* (MM, MR) e que, essas máquinas *sofreram mudanças e aprimoramento com o passar do tempo* (CS,TL) isto é, surgiram novos modelos de máquinas *mais aperfeiçoados* (AP)

A visão da ciência como uma atividade coletiva evita a concepção deformada individualista e elitizada ciência no qual “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes” (GIL PÉREZ *et al*, 2001).

Percebe-se assim que os professores compreendem o caráter coletivo da ciência, mas de forma acumulativa e linear no sentido de que o sucessor melhora a máquina do antecessor.

Os professores ignoraram as influências (teóricas ou práticas) de outros cientistas na construção, por exemplo, dos conceitos que descrevem o funcionamento uma mesma máquina a vapor. O pensamento de Carnot foi influenciado pelas idéias do seu contemporâneo Clément. Este último “escreveu uma teoria geral sobre a potência motriz (energia mecânica) pelo fogo (energia térmica)” (CIMBLERIS, 1991).

Os professores também ignoram completamente as máquinas a vapor construídas entre o século II e o século XVIII, como se nada tivesse acontecido entre eles. Huygens, Papin e Hautefeuille, construíram máquinas a vapor utilizando como combustível a pólvora (CIMBLERIS, 1991)

### **O conhecimento científico não é estático e convergente, mas mutável e provisório**

Segundo os professores, os conceitos científicos *evoluem com o tempo* (AP, MR) e, *são aperfeiçoados e melhor compreendidos com os avanços tecnológicos* (CM), ou seja, o desenvolvimento tecnológico *proporciona mudanças e adaptações* (CS, TL) nos conceitos, embora não seja possível, em primeira instância, prever todos os desdobramentos que essa tecnologia pode suscitar e *onde chegará a invenção e como vai ser utilizada* (MM). Após a revolução industrial, com a tecnologia já consolidada na Inglaterra e em expansão nos outros países da Europa; Sadi Carnot (engenheiro militar francês) explicou os conceitos físicos das máquinas a vapor, o que fez surgir novos ramos da ciência como a termodinâmica (BRAGA *et al* 2011, p.38, V3). Carnot utilizava a teoria do calórico para explicar o funcionamento da máquina térmica (PIRES, 2008, p.239). Atualmente a teoria do calórico não é aceita para explicar os fenômenos térmicos. Assim, os conceitos científicos envolvidos na construção da máquina térmica *não eram os mesmos que hoje* (AM).

Para Matthews (1995) a visão adequada da mutabilidade e instabilidade da ciência elucidada a idéia de que o pensamento científico atual está sujeito à transformações.

Esse tópico da lista da visão consensual pode trazer preocupações pedagógicas. Clough (2007) relatou que alguns estudantes questionaram porque eles tinham que aprender o conteúdo científico se ele estava sempre mudando. Para evitar questionamentos desse tipo, talvez, esse tópico da visão consensual ficaria mais bem escrito dessa forma: “O conhecimento científico é provisório e confiável” (BAGDONAS e SILVA, 2013, p.220).

Dessa forma, os alunos entenderiam que não existem verdades absolutas, porém dentro de um período a ciência produz resultados confiáveis.

6.2.2-Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões inadequadas sobre a Natureza da Ciência, construídas a partir do estudo de caso 2.

Mostramos na tabela 14, as subcategorias que conduziram a construção do metatexto que se refere às visões inadequadas da natureza da ciência. Os números representam a quantidade de unidades empíricas (UE) encontradas na 1ª e na 3ª etapas do estudo de caso 1. O total de unidades empíricas da visão anacrônica é menor que a soma da 1ª com a 3ª etapa, porque existe unidade empírica repetida.

Tabela 14- Quantidade de unidades empíricas sobre as visões inadequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 2.

Visões Inadequadas	Subcategorias	1ª etapa (UE)	3ª etapa (UE)	Total (UE)
	O conhecimento científico é estático.	2	0	2
	Concepção anacrônica da ciência.	1	1	1
	Total	3	1	3

Apontamos que podem existir UE em maior ou menor número que a quantidade de professores da pesquisa, uma vez que as respostas de alguns docentes poderiam ser agrupadas em mais de uma subcategoria ou o professor pode não ter se manifestado sobre o tema.

Foi criado um código para os dez professores participantes desta etapa da pesquisa com o objetivo de preservar suas identidades. Denominamos os docentes por: AM, AP, CM, CR, CS, EA, MM, MR, TL, WS.

Na 1ª etapa do estudo de caso 2, encontramos três unidades empíricas relacionadas às concepções inadequadas da natureza da ciência: duas unidades empíricas (67%) mostraram que o conhecimento científico é estático; essas unidades foram citadas por dois professores (MM e WS). Uma unidade empírica (37%) mostrou a concepção anacrônica da ciência; essa unidade foi citada pela professora AM.

Na 3ª etapa do estudo de caso 2, encontramos uma unidade empírica relacionada à concepção inadequada da natureza da ciência: não encontramos unidades empíricas que mostrasse que o conhecimento científico é estático. Uma unidade empírica (37%) mostrou a concepção anacrônica da ciência; essa unidade foi citada pela professora AM.

Percebemos então que o estudo de caso 2 foi eficiente para reduzir a concepção equivocada de que o conhecimento é estático, mas não contribuiu para reduzir a visão anacrônica da professora AM. Esta professora relatou que *a máquina de Heron tinha como*

*objetivo divertir pessoas, mas o processo bem sucedido aconteceu anos depois* (AM). A professora não percebeu que a tecnologia desenvolvida até aquela época era coerente com os objetivos daquele momento (FORATO, 2009, p.20) e, atribui o sucesso das máquinas térmicas a uma etapa posterior à sua criação.

A seguir discutimos as respostas fornecidas pelos professores para cada subcategoria da tabela 14.

### **O conhecimento científico é estático**

Para um professor que participou da pesquisa, *os conceitos envolvidos no Ciclo de Carnot não sofreram alteração* (WS). No entanto Carnot utilizava a teoria do calórico para explicar o funcionamento da máquina térmica (PIRES, 2008 p.239). Atualmente a teoria do calórico não é aceita para explicar os fenômenos térmicos. Outra professora acredita que *todas as máquinas térmicas têm o mesmo funcionamento, isto é, transformar a energia térmica em energia mecânica através da expansão do vapor d' água* (MM). A energia mecânica no contexto da resposta dessa professora representa a grandeza física denominada atualmente, de “trabalho”. Embora essa grandeza tenha sido utilizada pelos engenheiros desde o fim do século XVII, só adquiriu o significado moderno a partir do século XIX (BRAGA *et al*, 2011, v.3, p.38).

### **Concepção anacrônica da ciência**

A visão anacrônica da ciência consiste em olhar para o passado com olhos do presente (HYGINO e LINHARES, 2013). A professora AM relatou que: *a máquina de Heron tinha como objetivo divertir pessoas, mas o processo bem sucedido aconteceu anos depois* (AM). A professora não percebeu que a tecnologia desenvolvida até aquela época era coerente com os objetivos daquele momento (FORATO, 2009, p.20) e, atribui o sucesso das máquinas térmicas a uma etapa posterior à sua criação.

### **6.3-Cultura científica local**

O terceiro foco da nossa análise consistiu em trabalhar a cultura científica através da história da ciência local. Por isso perguntou-se aos professores no estudo de caso 2 para apontarem os aspectos positivos e/ou negativos do transporte ferroviário na cidade de Cachoeiro de Itapemirim.- ES.

As respostas dos professores foram agrupadas em dois conjuntos de unidades empíricas que se referem às vantagens e às desvantagens desse transporte na referida cidade.

Diante dessa divisão, construímos duas categorias emergentes:

Categoria 1: Unidades que se referem aos aspectos positivos do transporte ferroviário de Cachoeiro de Itapemirim.

Pertencem a essa categoria unidades relacionadas ao tipo de transporte que foi aperfeiçoado pelos trens, os tipos de mercadorias que os trens transportavam e ao desenvolvimento da região Sul do Espírito Santo.

Categoria 2: Unidades que se referem aos aspectos negativos do transporte ferroviário em Cachoeiro de Itapemirim.

Pertencem a essa categoria as modificações ambientais causadas pelos trens.

A partir dessas categorias construímos o metatexto “Retrilhando a Ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim” que representa a nossa análise das respostas dos professores.

Participaram da pesquisa dez professores de física e foi utilizado um código para identificá-los, ocultando assim suas identidades. As citações dos docentes aparecem em “*ipsis litteris*” e estão em *itálico*.

### 6.3.1-Metatexto: Retrilhando a Ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim.

Sobre os aspectos positivos um professor ressalta que antes da chegada dos trens as mercadorias eram transportadas em *lombos de animais ou vias fluviais* (WS). A maioria dos professores acredita que a ferrovia foi importante porque aperfeiçoou o transporte de *produtos como: café, minério de ferro, cimento, açúcar e etc* (MM) e, mais tarde, a *pecuária leiteira e abacaxi* (CM). Diversas razões faziam desse meio de transporte o favorito. “Os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, tornava-se cada vez mais responsável por dinamizar suas respectivas economias e, ademais, o cenário externo favorecia a implantação dessas vias, para acelerar as exportações de capitais de países capitalistas centrais para países localizados na periferia” (QUINTÃO, 2008, p.85).

Além de aperfeiçoar o transporte de produtos, a ferrovia trouxe também benefícios, para outras cidades do Sul do Espírito Santo:

*“A ferrovia trouxe desenvolvimento, principalmente econômico, não só para Cachoeiro, mas para todo o sul do estado do Espírito Santo. Por ela escoava a produção de café dessas terras, Muqui inclusive, o que trouxe grande progresso para a minha cidade, pois os grandes produtores de café - os barões do café - fixaram residência por aqui e trouxeram dinheiro e suas famílias, devido à*

*facilidade de locomoção (trem) para os grandes centros. Minha cidade ganhou vários casarões imponentes, um colégio de renome nacional e vários imigrantes. Tudo isso ajudou a desenvolver nossa região. Infelizmente, com a queda do preço do café muito disso se perdeu” (MR)*

A partir da fala da professora MR constatou-se que o desenvolvimento da ferrovia contribuiu para o povoamento da região sul do Espírito Santo, uma vez que a população da região conseguia a mercadoria desejada sem precisar de se deslocar para os grandes centros como Vitória- ES ou Rio de Janeiro- RJ, por exemplo. A aquisição dessas mercadorias favoreceu o comércio local gerando empregos para as pessoas.

Na visão dos professores o transporte ferroviário no município de Cachoeiro de Itapemirim e cidades vizinhas trouxeram também aspectos negativos porque *modificou a paisagem local (AP), poluiu o ambiente (CS), ocupou espaço no trânsito (EA)*, ofereceu perigo para o trânsito de *pedestres (MM)*. Para Freitas (2015) as principais desvantagens do transporte ferroviário não são as mesmas apresentadas pelos professores. Ele considera que a dificuldade de percorrer superfícies acidentadas, o alto custo na construção e manutenção das ferrovias e o fato dos trens não conseguirem atingir certos centros consumidores são os principais aspectos negativos desse meio de transporte.

Além de propiciar um entendimento das visões dos professores em relação aos aspectos positivos e negativos do transporte ferroviário, a estratégia de ensino do estudo de caso foi eficaz porque permitiu entender a evolução das respostas dos professores em relação à 1ª etapa. Compare, por exemplo, a resposta de uma professora:

*“Promoveu um desenvolvimento mais rápido da cidade porque possibilitou uma revolução nos transportes abrindo oportunidades de comercializar com mais facilidade produtos como: café, minério de ferro, cimento, açúcar e etc., conseqüentemente nasceram novas tecnologias. Forneceu novas oportunidades de empregos (MM- 1ª etapa)”.*

*“Na época da colonização o café e a cana de açúcar era objeto de exportação e seu maior transporte era aquático. O rio então passa ser impróprio para navegação daí a necessidade de criar um transporte favorável no deslocamento do café do interior de Cachoeiro do Itapemirim para o litoral e por outro lado a cafeicultura cresce tanto que o transporte aquático torna-se inviável porque o ocorre um aumento do valor do café no Rio de Janeiro. Começou a se pensar na ferrovia que é um meio de transporte mais eficiente para transportar a produção de café. Construiu de início uma pequena ferrovia e depois foi ligando as cidades produtivas de café e claro de interesse da cafeicultura. A ferrovia se tornou fundamental para dar a Cachoeiro de Itapemirima condição de centro econômico do ES passando a cidade a ser o centro ferroviário do ES.” (MM- 3ª etapa)*

A segunda fala da professora MM é mais elaborada que a primeira. Aparecem novos elementos como o transporte aquático e a evolução da construção da ferrovia. Acreditamos

que essa mudança na resposta da professora aconteceu devido às atividades desenvolvidas na 2ª etapa do estudo de caso. Nessa etapa os professores assistiram a um vídeo sobre o processo de construção da ferrovia de Cachoeiro de Itapemirim e efetuaram leitura sobre trechos da dissertação de mestrado de Quintão (2008).

O estudo da história local, através do estudo de caso, contribuiu para a reflexão dos professores sobre a cultura científica do Brasil, permitiu tornar a ciência mais próxima da realidade dos docentes ao tratar de um acontecimento realizado em seu próprio município.

O estudo de caso ocasionou um estudo sobre a localidade, sem, no entanto “perder de vista sua relação com um processo maior” (SOUSA, 2013) que, neste caso foi a revolução industrial do século XIX.

Esperamos que os professores de física expliquem aos seus alunos elementos da história local em suas aulas com o objetivo de favorecer a cultura científica local superando o ensino de física, muitas vezes explicado através de fórmulas descontextualizadas da realidade do aluno. Acreditamos que o ponto de partida para que esta incorporação aconteça esteja no diálogo com um professor de história.

### 6.3.2- Análise de algumas atividades da 2ª etapa do estudo de caso 2

O professor de história ajudou à construir as atividades da 2ª etapa desse estudo de caso 2. A partir de trechos extraídos da dissertação de mestrado de Quintão (2008) e do vídeo disponível no ambiente virtual do curso, esse professor elaborou três questões de história cujo foco era a construção e o desenvolvimento da ferrovia de Cachoeiro de Itapemirim- ES. A outra questão sobre o funcionamento da locomotiva a vapor foi proposta por este pesquisador e também foi baseada em um vídeo sobre a locomotiva a vapor. A atividade, portanto, é constituída por quatro questões, sendo três de história local (elaborada pelo professor de história) e uma sobre física (elaborada pelo professor de física- este pesquisador). Fizeram essa atividade, dez professores de física do ensino médio. A seguir será apresentada a análise das quatro questões

#### 6.3.2.1- Questão 1- modernização do Espírito Santo

O Espírito Santo, na segunda metade do século XIX e início do século XX teve um processo de modernização. No entanto, a palavra “modernização” é muito elástica e pode ter

vários significados. Sendo assim, tomando como base o texto e o vídeo, explique o que pode significar a modernização do Espírito Santo nos aspectos técnicos e econômicos.

Para os professores a modernização do Espírito Santo se encontra associada ao desenvolvimento das ferrovias para atender ao escoamento da *produção de café da região* (AP) e para o *transporte de mercadorias, animais e passageiros* (EA). Assim, a ferrovia passa ser *símbolo da modernidade, do capitalismo, enfim, da economia globalizada* (MM). A professora MR alerta, no entanto, que a construção da ferrovia no Espírito Santo serviu, inicialmente para atender as demandas de Minas Gerais e Rio de Janeiro, estados economicamente mais desenvolvidos.

*“Sempre produzimos um café de renome internacional, mas nossos produtores sempre tiveram dificuldade de escoamento dessa produção. Aparentemente a solução seria, para a época, a construção de uma ferrovia, mas que ligasse nosso estado ou ao Rio de Janeiro - para que nossa produção escoasse por lá, e por lá ficassem os lucros - ou a Minas Gerais - deveríamos servir apenas como ligação entre esses dois estados, ou um apenas como ligação entre Minas e o mar. Então, de um jeito ou de outro, nosso estado deveria existir apenas para servir outros dois.”(MR)*

Os relatos dos professores estão coerentes com a resposta fornecida pelo professor de história em relação a essa primeira questão:

*“Ainda que timidamente, o Espírito Santo moderniza-se, tecnicamente, à medida que vai implementando ferrovias em seu território; não havia, no período indicado, símbolo maior de modernização técnica do que o processo de “rasgar territórios” para assentar os caminhos de ferro (railways) das locomotivas. Como desdobramento da modernização técnica advém a modernização econômica, pois as ferrovias inserem o Espírito Santo no mercado mundial; o café, produto rei da economia capixaba, passa, então, a ser transportado em maior quantidade e com maior rapidez até o porto exportador (no caso, o porto localizado na baía de Guanabara, em Niterói, Rio de Janeiro). O Espírito Santo moderniza-se economicamente à medida que suas atividades produtivas vão sendo organizadas nos moldes do sistema capitalista de produção” (PROFESSOR DE HISTÓRIA)*

Para Quintão (2008), o Espírito Santo voltou-se para o cultivo de café, a partir de 1830 seguindo uma tendência nacional e internacional. No Brasil, estados como São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro já produziam essa cultura. Nos Estados Unidos, por exemplo, o consumo de café aumentava e esse país buscava novas fontes de abastecimento que não as colônias anglo-holandesas presentes na Ásia, como forma de fugir do controle comercial exercido por Londres e Amsterdã (QUINTÃO, 2008, p.74).

Para escoar essa produção para os outros estados e países, principalmente através dos portos do Rio de Janeiro, existia a necessidade de um transporte eficaz, como os trens.

### 6.3.2.2- Questão 2- micro e macro história

Em História, costuma-se dizer que “o micro desnuda o macro”, ou seja, a micro-história – os eventos ligados a uma localidade, a uma região – contém e revelam parte dos acontecimentos macro históricos. Quais os indícios, encontrados no texto e no vídeo, podem confirmar essa ideia de que “o micro desnuda o macro”?

Para os professores de física a micro-história do Espírito Santo está dentro de um contexto maior da macro-história. Estudar, por exemplo, como um *município se desenvolveu, mostra como os acontecimentos daqui são influenciados por questões nacionais (MR)*. Essas questões envolvem *políticas alavancada pela cafeicultura, economia baseada na exportação de matéria prima, avanços tecnológicos como transporte ferroviário e luz elétrica dentro de um contexto da revolução industrial (CR)*.

As construções de ferrovias transformaram a realidade do Espírito Santo e de todo o país, *interligando as regiões de formas mais rápidas e transportando um número maior de pessoas e cargas (EA)*.

Os relatos dos professores de física que participaram da pesquisa estão coerentes com a resposta fornecida pelo professor de história em relação a essa segunda questão.

*“No texto, a insistente preocupação das autoridades capixabas em inserir o Espírito Santo na Era das Ferrovias pode ser interpretado como uma tentativa de fazer a região acompanhar o ritmo das mudanças mundiais dentro de um contexto de **divisão internacional do trabalho e da produção**. Nesse momento, em nível mundial, algumas regiões produzem e exportam matérias-primas e gêneros alimentícios, enquanto outras as beneficiam. Nessa divisão internacional do trabalho, o Espírito Santo se tornou um grande produtor e exportados de café para atender à demanda dos países europeus e os Estados Unidos.*

*No vídeo, fica evidente os desdobramentos das chamadas Primeira e Segunda Revolução Industrial no Espírito Santo; o **vapor** e a **eletricidade** começam a ser as forças motrizes dos meios de transportes; o **ferro** é a grande matéria prima para a construção não só dos trilhos, mas também de pontes e viadutos ao longo dos “caminhos de ferro”; o **telégrafo** é introduzido ao longo das railways; para a construção das ferrovias – especialmente à chamada Estrada de Ferro Sul do Espírito Santo, que liga Vitória a Cachoeiro via região Serrana – a **dinamite** foi largamente utilizada para abrir túneis em rochas” (PROFESSOR DE HISTÓRIA-GRIFO DELE)*

Neste sentido pode-se dizer que a micro e a macro- história, fluem em mão dupla, interagindo os eventos específicos e as estruturas gerais de forma integrada, recíproca e cíclica (SCHAYDER, 2011, p.109)

### 6.3.2.3- Questão 3- ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim

A cidade de Cachoeiro, no início do século XX, foi o grande entroncamento ferroviário do Espírito Santo. Por quê?

Na visão dos professores de física, a cidade de Cachoeiro de Itapemirim foi o grande entrocamento ferroviário do Espírito Santo porque tinha uma *localização geográfica muito favorável* (CS). Mesmo antes da implantação da ferrovia “*o café era escoado do porto através dos barcos movidos à vapores que navegavam pelo rio Itapemirim* (CR). A malha ferroviária foi implantada nessa região com o objetivo de “*facilitar a exportação dos grãos de café* (CR). Inicialmente a ferrovia ligava as cidades de Cachoeiro ao porto Rio de Janeiro. Posteriormente, foi construído uma linha férrea ligando Cachoeiro ao porto de Vitória, evitando assim que a carga fosse levada para o *Rio de Janeiro, o qual ficava com os ganhos da venda do café* (CM).

Os relatos dos professores estão coerentes com a resposta fornecida pelo professor de história em relação a essa terceira questão:

*“A localização geográfica de Cachoeiro foi um fator que possibilitou o seu desenvolvimento econômico; localizada no último ponto navegável do rio Itapemirim, a cidade se especializou, primeiro, na recepção e exportação do café de todo o vale do rio através de barcos a vapor; com o aumento da produção de café, foi construída (em 1887) entre Cachoeiro e Alegre a Estrada de Ferro Caravelas, a primeira linha ferroviária do Espírito Santo – foi construída com o propósito de escoar a produção do vale do rio Itapemirim até Cachoeiro e, daí, seguir, rio abaixo, até a barra do rio, onde era reembarcada em navios para seguir até o Rio de Janeiro; um pouco mais adiante (1903), chegará a Cachoeiro a ferrovia Leopoldina Railway Company, que ligou a cidade até Niterói, no Rio; em 1910, uma extensão dessa ferrovia, passando pelas serranias capixabas, pôs Cachoeiro em conexão com Vitória; em 1912, a estendeu-se a Estrada de Ferro Caravelas até Espera Feliz (MG); por fim, em 1927, um novo tronco ferroviário foi criado entre Cachoeiro e o atual município de Marataízes – o objetivo desse braço ferroviário era escoar a produção de açúcar da usina localizada no baixo Itapemirim. Desse modo, Cachoeiro, por sua estratégica posição geográfica, foi se transformando num grande entroncamento ferroviário com o propósito de escoar a produção agrícola do Espírito Santo”*(PROFESSOR DE HISTÓRIA)

A cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES representou um “centro aglutinador de todo o café do sul do Estado do Espírito Santo daquela área, o que originou aprovação por parte da Assembléia Provincial de uma via férrea que dinamizasse o escoamento da produção para aquela cidade (QUINTÃO, 2008, p.69).

#### 6.3.2.4- Questão 4- Trabalho e rendimento de uma locomotiva a vapor

Uma locomotiva a vapor recebe da fonte quente 10000000 cal e rejeita para a fonte fria 37800000 J. Considerando  $1 \text{ cal}=4,2 \text{ J}$ . a) Calcule o trabalho realizado por essa máquina em joules; b) Calcule o rendimento dessa locomotiva a vapor.

Todos os professores responderam corretamente a questão 4 que envolvia o cálculo do trabalho e do rendimento oferecido por uma locomotiva a vapor. O trabalho é a energia aproveitada efetivamente pela locomotiva e o rendimento é a porcentagem dessa energia utilizada em relação à energia proveniente da caldeira. Para os professores o trabalho realizado por essa máquina térmica é  $4,2 \cdot 10^6 \text{ J}$  (TL) e o seu rendimento é 10% (AM). Uma máquina térmica, como a locomotiva a vapor é um “dispositivo que transforma calor em trabalho” (HALLIDAY *et al*, 1996, p.238)

O rendimento apresentado pelas locomotivas a vapor é pequeno se comparado a outras máquinas térmicas como o automóvel que pode chegar a cerca de 40%. No entanto as locomotivas à vapor representou um avanço tecnológico para a época.

#### 6.3.2.5- Reflexões sobre as atividades desenvolvidas na 2ª etapa do estudo de caso 2.

As questões propostas contribuíram para o aprendizado da cultura local e conteúdos relacionados à termodinâmica.

As questões elaboradas pelo professor de história propiciaram um entendimento de que a micro- história representada pelos motivos da construção da ferrovia no Espírito Santo se encontra dentro de um contexto da macro-história advinda da divisão internacional do trabalho e da produção. Observamos que os professores de física compreenderam que a construção da ferrovia em Cachoeiro do Itapemirim- ES ocorreu principalmente para escoar o café produzido nesse município para os portos do Rio de Janeiro e Vitória. Através desses portos o café seguia para o exterior.

O contato com a história do desenvolvimento ferroviário local do Espírito Santo contribuiu também para o aprendizado pessoal- um forasteiro de Minas Gerais que

fixou residência em Cachoeiro de Itapemirim-ES. Assim, corroboro com Samuel (1990) ao considerar que a história local nos proporciona “uma idéia muito mais imediata do passado porque ele encontra dobrando a esquina e descendo a rua e pode ouvir os seus ecos no mercado, ler o seu grafite nas paredes e seguir suas pegadas no campo” (SAMUEL, 1990)

Em relação aos conteúdos de física discutido nas atividades, verificou-se que os professores aprenderam ou lembraram o cálculo do trabalho e do rendimento de uma máquina térmica, especificamente da locomotiva a vapor. Nesse sentido, essa atividade cumpriu uma das funções da formação continuada que é aprimorar os conhecimentos adquiridos na formação inicial (SAUERWEIN e DELIZOICOV, 2008).

Esperamos que essas atividades sejam um embrião para que o professor de física possa elaborar outras questões que transcendam os conteúdos de física, explicados muitas vezes, de forma descontextualizada da realidade do discente. Deseja-se também que as discussões aqui fomentadas, possam contribuir para a elaboração de um currículo mais flexível que ultrapasse a “perspectiva reducionista de currículo” (SOUSA, 2013) entendida por essa autora como uma lista de conteúdos a seguir mecanicamente.

## **Capítulo 7 – O entendimento dos professores sobre as máquinas simples e as controvérsias no ensino de ciências do século XVIII”**

Neste capítulo apresentamos os resultados da pesquisa obtidos na aula 7. Nessa aula, através do estudo de caso 3: “O padre Jesuíta Ignácio Monteiro: as máquinas simples e as controvérsias no ensino de ciências do século XVIII”, verificamos como foi a construção do conhecimento dos professores em relação aos conceitos relacionados às máquinas simples, os aspectos da natureza da ciência. Analisamos também nesta aula, o planejamento dos professores em relação ao tema máquinas simples.

Alertamos que, sobre os aspectos da natureza da ciência, destacamos as visões dos professores sobre a construção do conhecimento científico e discutimos suas concepções adequadas e inadequadas em relação à natureza da ciência. A construção dos conhecimentos dos professores em relação aos aspectos da natureza da ciência foi analisada através do estudo de caso.

Visões adequadas da natureza da ciência são aquelas estabelecidas pela visão consensual da natureza da ciência para a educação científica descrita nos trabalhos de MCCOMAS; ALMAZROA; CLOUGH, 1998, p. 513 e LEDERMAN *et al*, 2002.

Acredita-se que a visão consensual fornece aos pesquisadores um instrumento para mensurar a aprendizagem de alguns aspectos da natureza da ciência. Além disso, pode, segundo MATTHEWS, 2012, proporcionar aos professores e alunos refletir sobre algumas questões da natureza da ciência. A visão consensual representou um esforço dos cientistas e filósofos para estabelecer conteúdos significativos para ensinar aspectos da construção do conhecimento e não deve ser abandonado.

Todavia existem algumas críticas como a de ALTERS, 1997; RUDOLPH, 2000; IRZIK & NOLA, 2011; VAN DIJK, 2011; MATTHEWS, 2012; DUSHL & GRANDY, 2013 e MARTINS e RYDER, 2014 sobre alguns tópicos do consenso. Reconhecemos, no entanto, que a análise apresentada nesse trabalho não pode ficar alheia às críticas supracitadas.

Neste sentido analisamos os dados considerando a incompletude de alguns tópicos da visão consensual, adotando assim uma postura crítica no que tange a análise das respostas dos professores.

Visões inadequadas da ciência as concepções ingênuas da ciência descrita por GIL-PÉREZ *et al*, 2001; FERNÁNDEZ *et al*, 2002; LEDERMAN, 1992, 2007.

Algumas atividades da 2ª etapa do estudo de caso 3 também foram analisadas.

## 7.1- Conceitos

As respostas dos professores foram agrupadas em dois conjuntos de unidades empíricas que se referem: a) ao tipo de alavanca; b) ao funcionamento das alavancas.

Diante dessa divisão, construímos a categoria emergente “Os tipos de alavancas e seu funcionamento na visão dos professores de física do Ensino Médio do Sul do Espírito Santo”

Participaram da pesquisa dez professores de física e foi utilizado um código para identificar-los, ocultando assim suas identidades. As citações dos docentes aparecem em “ipsis litteris” e estão em itálico.

### 7.1.1- Metatexto: Os tipos de alavancas e seu funcionamento na visão dos professores de física do Ensino Médio do Sul do Espírito Santo.

Na 1ª etapa do estudo de caso 3 solicitou-se aos alunos que descrevessem o funcionamento da alavanca e caracterizassem seus três tipos.

Sete professores relataram que a principal função da alavanca é *multiplicar forças* (AM). Dessa forma, a alavanca é um elemento de “transmissão de forças” (BARBIERI, 2011). Para que a força seja multiplicada, ela precisa ser transmitida de uma extremidade à outra da alavanca, assim, consideramos corretas as respostas dos professores supracitados para as alavancas interfixa e inter-resistente.

Dois professores reportaram que a alavanca serve para *girar em torno de um ponto fixo* (CS) ou *ponto de apoio* (MR). Já uma professora atribui como função para a alavanca *movimento ou equilíbrio* (CM). O giro em torno de um ponto fixo ou de apoio caracteriza uma situação em que a alavanca não está em equilíbrio de rotação. Neste caso, de acordo com o paradigma vigente, o torque proveniente da força aplicada em uma extremidade da alavanca é maior que o torque causado pela força aplicada na outra extremidade. Assim, a alavanca entra em movimento de rotação. A situação de equilíbrio de uma alavanca, ao contrário, é atingida quando a soma vetorial dos torques for igual a zero (HALLIDAY *et al*, 1996, p.3). Percebe-se que as respostas dos professores CM, CS e MR estão corretas e coerentes com a literatura. O professor CR não fez a atividade.

Sobre os tipos de alavanca, nove dos dez os professores as descreveram e as caracterizaram corretamente como *interfixa* [...], *interpotente* [...] e *inter-resistente* (AP). As definições fornecidas pelos professores sobre cada tipo de alavanca foram muito semelhantes

e por isso destacamos uma unidade empírica para cada tipo de alavanca: a) Interfixa: *quando o ponto de apoio está situado entre os pontos de aplicação de força e o objeto a ser movimentado. Exemplos: Alicates, tesouras (MM)*; b) Interpotente: *“a força potente está entre o ponto de apoio e a força resistente. Ex. Pinça (EA)* e c) Inter-resistente: *o ponto de aplicação da força resistente fica situado entre o ponto de apoio e o ponto de aplicação da força potente. Ex: abridor de lata (MR)*. As alavancas se caracterizam por: “interfixa, com o fulcro entre a potência e a resistência; [...] interpotente, com o ponto de aplicação da Potência entre o ponto de aplicação da resistência e o fulcro e [...] inter-resistente, com a resistência entre o ponto de aplicação da potência e o fulcro” (PRASS, 2008). Os professores supracitados (EA, MM e MR) apresentaram respostas corretas (e coerentes com a literatura) em relação à classificação e explicação dos tipos de máquinas simples.

Na 3ª etapa do estudo de caso, solicitamos os professores que descrevessem o entendimento deles em cada excerto dos trechos do livro de Inácio Monteiro

Assim como na 1ª etapa do estudo de caso 3, esta pergunta, feita na 3ª etapa do estudo de caso 3, tinha como objetivo verificar o entendimento do professor em relação ao funcionamento da alavanca e à classificação dos seus tipos. Optou-se por perguntar de forma indireta para evitar que o professor repetisse (intencionalmente) a mesma resposta na 1ª e 3ª etapas como acontecera em algumas questões do estudo de caso 2.

Acreditamos, dessa forma, que o professor ficaria mais envolvido com os excertos e, teria que lê-los, se quisessem responder a questão.

Os professores classificaram os tipos de alavanca presentes nos excertos e explicaram o seu funcionamento. A *alavanca interfixa (MM)*, ou de 1º gênero, tem o *hypomoclio entre a potência e o peso (AM)*. A *alavanca inter-resistente*, ou de 2º gênero, tem o *hypomoclio e a potencia nas extremidades e o peso no meio*. “A *“alavanca interpotente” (WS)*, ou de 3º gênero, tem a *potencia entre o hypomoclio e o peso (AM)*. Para os três tipos de alavancas supracitados, o *hypomoclio é o ponto de apoio (MR)*, a *potência é a força potente (MR)* e o *peso é a carga que queremos levantar (CM)*. Os trechos selecionados utilizam de *equações matemáticas (CM, WS)* para descrever situações de *equilíbrio (MM)* da alavanca ou de *deslocamentos (EA)* de uma das suas extremidades. As alavancas interfixa (alicate, por exemplo) e inter-resistente (carrinho de mão, por exemplo) são máquinas simples que podem *ampliar forças (CM)*. Assim, pode-se cortar ou erguer uma carga aplicando uma *força menor (EA)* em uma das extremidades da alavanca. Na alavanca interpotente a distância do ponto de aplicação da força potente ao ponto de apoio é sempre menor que a distância da carga resistiva a este mesmo ponto de apoio (pinça, por exemplo). Assim *é preciso executar uma*

*força maior do que a resistência. Essa alavanca não amplia a força. A vantagem aqui está na distância. Um pequeno deslocamento da força potente provoca um deslocamento maior da força resistente* (MR).

A alavanca é uma máquina simples entendida como “[...] aquela que somente é formada por um corpo, como a alavanca, ou pela associação de poucos corpos como, a roda com seu eixo” (MONTEIRO, 1754, p. 259- tradução nossa). Ainda segundo esse autor as alavancas podem ser classificadas em três espécies: “as que possuem o hypomoclio entre a potência e o peso; as que possuem o peso entre a potência e o hypomoclio e as que possuem a potência entre o hypomoclio e o peso” (MONTEIRO, 1754, p.260).

Numa definição moderna, a alavanca é “uma barra rígida, que pode ser reta ou curva, móvel em torno de um de seus pontos chamado fulcro ou ponto de apoio” (PRASS, 2008). As alavancas se caracterizam por: “Interfixa, com o fulcro entre a potência e a resistência; Interpotente, com o ponto de aplicação da Potência entre o ponto de aplicação da resistência e o fulcro e Inter-resistente, com a resistência entre o ponto de aplicação da potência e o fulcro” (PRASS, 2008).

A classificação das alavancas escritas por Monteiro (1754) são as mesmas que encontramos atualmente, apesar da necessidade de atualização de alguns termos.

Sete dos dez professores tiveram suas unidades empíricas selecionadas para a análise da 3ª etapa do estudo de caso. Um professor não respondeu a atividade e não foi possível entender a resposta de dois deles.

A partir da análise realizada, percebemos que os professores compreenderam o funcionamento da alavanca e caracterizaram seus três tipos, ainda na 1ª etapa do estudo de caso 3. As definições apresentadas pelos docentes nesta etapa se mostraram padronizadas como, por exemplo, a idéia de que as máquinas simples é um instrumento para multiplicar forças. Com a atividade envolvendo fonte primária, os professores aprenderam que a alavanca de 3º gênero (interpotente) “mais serve para diminuir do que para aumentar a potencia” (MONTEIRO, 1754, p.259- tradução nossa).

A partir das unidades empíricas dos professores na 3ª etapa do estudo de caso percebemos que os professores conseguiram associar os conceitos científicos descritos no excerto aos conceitos científicos atuais. Isso ficou evidente nas respostas dos docentes relacionadas aos tipos de alavancas e seu funcionamento.

A despeito de algumas mudanças de termos provenientes da diferença de períodos dos séculos XVIII e XXI, a classificação das alavancas escritas por Monteiro em 1754 são as mesmas que encontramos atualmente. Acreditamos que esse fator tenha contribuído para o

aprendizado dos professores porque eles conseguiram associar ao seu cotidiano os conceitos descritos pela fonte primária. Para Pierson (1997) o cotidiano é um local privilegiado para a construção de significados dos conhecimentos e compreensões edificadas a partir das experiências e vivências das pessoas.

A opção de direcionar a pergunta da 3ª etapa para os excertos contribuiu para o aprendizado e envolvimento dos docentes nessa questão do estudo de caso 3, porque evitou que o professor repetisse (intencionalmente) a mesma resposta na 1ª e 3ª etapas como acontecera em algumas questões do estudo de caso 2, o que poderia comprometer o aprendizado do docente.

Notamos que a estratégia adotada para estudar conceitos científicos relacionados às máquinas simples, via fonte primária, se mostrou enriquecedora e trouxe mais significado para os professores, ultrapassando as respostas mecânicas relatadas na 1ª etapa.

## 7.2- Análise de algumas atividades da 2ª etapa do estudo de caso 3

Apresentamos, a seguir, a análise de uma atividade desenvolvida na 2ª etapa do estudo de caso 3. Essa atividade consistiu na interpretação de alguns excertos sobre máquinas simples, retirados do livro escrito por Monteiro em 1754. A finalidade dessa tarefa foi verificar o aprendizado do professor em relação aos conceitos físicos e aspectos da natureza da ciência. Os professores responderam algumas questões das figuras 15, 16, 17 e 18:

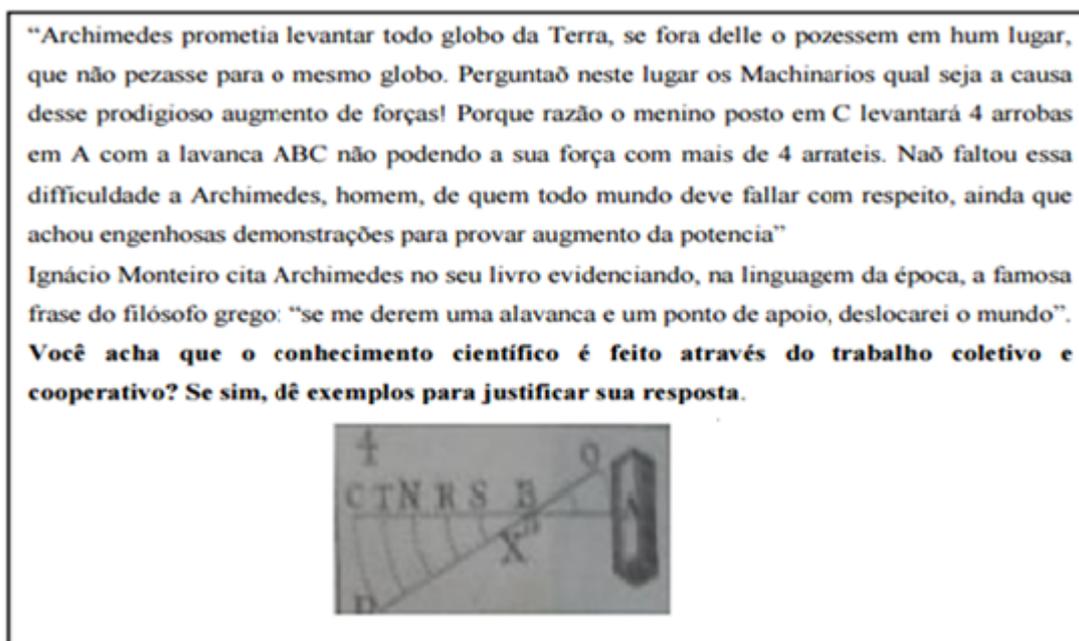


Fig. 15: Excerto 1: questão que propõe uma reflexão sobre a natureza da ciência por meio de fonte primária do século XVIII

Conforme descrito na figura 15, solicitamos aos docentes que respondessem a questão: Você acha que o conhecimento científico é feito através do trabalho coletivo e cooperativo? Se sim dê exemplos para justificar sua resposta.

A partir das respostas dos professores, emergiu um conjunto de unidades que se referem ao empreendimento coletivo da ciência. A partir desse conjunto, construímos a categoria emergente “a visão dos professores de física do ensino médio do sul do Espírito Santo em relação às atividades coletivas na ciência” o que suscitou na produção de um metatexto.

7.2.1- Metatexto: A visão dos professores de física do Ensino médio do sul do Espírito em relação às atividades coletivas na ciência obtidas através da leitura do excerto 1

Oito professores consideram a ciência como um empreendimento coletivo (AM, AP, CM, CS, MM, MR, TL e TS). Os professores CR e EA não responderam essa atividade.

O professor AP acredita que o trabalho cooperativo da ciência *possibilita a discussão de problemas sócio-ambientais* (AP). Ele traz a preocupação com os malefícios que o desenvolvimento científico e tecnológico pode suscitar à sociedade e ao ambiente (movimento, conhecido como Ciência Tecnologia e Sociedade- CTSA) e entende que as discussões e o trabalho coletivo dos cientistas podem minimizar esse problema. “A

conciliação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Preservação Ambiental é uma possibilidade real, capaz inclusive, de incrementar a produção científica e tecnológica com a redução do consumo de recursos naturais e dos impactos ambientais” (BORGES *et al*, 2010)

Os demais professores (AM, CM, CS, MM, MR, TL e TS) trazem exemplos relacionados à História da ciência, especificamente declarações que se referem à contribuição dos trabalhos dos cientistas antecessores ao paradigma vigente da época.

O trabalho de algumas pessoas foi influenciado por outras. Aristóteles *se inspirou nos ensinamentos de Platão* (TL, MM), aceitando a proposta adotada por Platão de que toda a matéria era formada pelas combinações dos elementos terra, água, ar e fogo (PIRES, 2008, p. 33). Newton no século XVII, *por ocasião da publicação de seu livro “Princípios Matemáticos de Filosofia Natural” disse que se apoiou em ombros de gigantes* (MR). Os gigantes a quem Newton se referia eram Galileu e Kepler, que foram contemporâneos um do outro e que pertenceram à geração anterior à de Newton. Ainda no livro “Princípios Matemáticos de Filosofia Natural”, Newton fez referência ao experimento realizado por Couplet na Paraíba para comprovar a hipótese sobre a *forma da terra* (CS). Existia uma controvérsia sobre o formato da Terra no século XVII. Os franceses acreditavam que a Terra era alongada nos pólos e os Ingleses acreditavam que a Terra era alongada no equador. Couplet verificou na Paraíba que um relógio de pêndulo retardava seu movimento em regiões próximas do equador (MOREIRA, 1991, p.28), o que falsificava a teoria dos seus compatriotas franceses. O século XVII é conhecido como o século da *revolução científica*, [...] *que não ocorreu por acaso* (CM) e teve contribuições de outras pessoas. O aspecto da nova compreensão do espaço, por exemplo, que a revolução científica passou a seguir, não se desenvolveu dentro da filosofia natural por indivíduos como Descartes, Galileu e Newton; foi adquirido dos artistas da renascença que, com as técnicas da perspectiva (representação tridimensional no plano), fizeram um novo espaço (BRAGA *et al*, 2004, v.2, p.38). O episódio da nova concepção espacial elucida o caráter coletivo da ciência.

A construção coletiva da ciência também ocorreu no século XX, na mecânica quântica e na relatividade. Como exemplo, extraído da história da mecânica quântica, têm-se a influência da quantização de energia de Planck nos trabalhos de Einstein para explicar *efeito fotoelétrico em 1905* (AM):

A idéia de Planck consistiu essencialmente no ajuste fenomenológico de uma curva aos dados experimentais do espectro da radiação emitida por um corpo negro. Subsequentemente ele mostrou que se considerasse como fonte da radiação osciladores harmônicos, em equilíbrio térmico com a radiação, ele poderia explicar a

lei da radiação ao fazer suposição de que os osciladores podiam absorver e emitir energia somente em quantidades discretas  $\epsilon$  [...] a idéia de Planck foi uma tentativa para dar uma explicação de seu sucesso ao ajuste da curva e ele não estendeu o conceito de quantização à radiação eletromagnética [...]. Pouco tempo depois da primeira publicação de Planck, Einstein propôs, para explicar o efeito fotoelétrico (que consiste na emissão de elétrons por uma superfície metálica quando essa é atingida por radiação eletromagnética, principalmente luz ultravioleta) a idéia de que a própria radiação era quantizada (PIRES, 2008, p.373-374)

Na segunda metade do século XX, no período corresponde à Guerra Fria, a contribuição coletiva de várias pessoas, conseguiu desenvolver a tecnologia para *levar o homem à lua* (WS). A Apollo 11, nave espacial que conduziu o homem à lua, foi um empreendimento tecnológico impressionante, e também o triunfo de um projeto com uma grande infraestrutura que teve a cooperação e dedicação de milhares de pessoas (BRANDÃO, 2014).

A visão da ciência como uma atividade coletiva evita a concepção deformada individualista e elitizada ciência no qual “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes” GIL PÉREZ *et al* (2001).

Observamos que, embora os professores tenham apresentado a visão adequada sobre a construção coletiva do conhecimento científico não houve relato nas respostas deles sobre as contribuições dos cientistas que viveram na mesma época.

Sete das oito respostas dos docentes trazem exemplos de episódios da história da física para justificar que acreditam na construção coletiva da ciência. Acredita-se que essas respostas foram influenciadas pela leitura do excerto do quadro 1 extraído do Compendio. O Pe Ignácio Monteiro se reporta a Arquimedes para descrever o funcionamento da alavanca interfixa (1º gênero). Nesse sentido a fonte primária foi eficaz para sensibilizar os professores no tocante ao fornecimento de exemplos da história da física para ilustrar a visão coletiva da ciência. A seguir os professores responderam o excerto 2 da figura 16:

SCHOLIO

“[...]Seja na lavanca ABC, ( Fig. 4) B o centro do movimento, ou hypomoclio; C a potencia; A o peso; AB hum pé; BC 4: em quanto A corre o arco AO, corre C o arco CD, quádruplo; logo tem C mais movimento, do que A: logo A terá uma diminuição de resistencia; C augmento de força.”

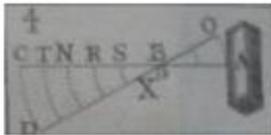
PROP I. THEOREMA

“A potencia, ou força de dous moveis, he o producto da massa de cada hum pela sua velocidade. O mesmo se entenda á proporção das suas resistencias; porque também esta são o producto da massa, e velocidade. Seja A [...] dous; (arráteis, v.g.) a sua velocidade 2: B também 2, a velocidade 4: a força de  $A=2 \times 2$ : a força de  $B=2 \times 4$ .”

COROLLARIO I

“Aqueles moveis A, B. São iguaes em forças, que tem as massas, e as velocidades reciprocas: isto He:  $A.B ::$  velocidade B. velocidade A.[...]

Explic. Seja na balança C B;  $A=2$  ( Fig.4)  $S=6$ ; porem  $B A=3$ ;  $S B=1$ . Digo, q<sup>a</sup> a força A he igual a força S: e neste cazo averá equilibrio: porque sendo B o centro do movimento, serão AB, BS os raios dos círculos, que A, S descreveriaõ: ora: em quanto A descreve AO, descreve S o arco SX: porem A O é o triplo de S X: [...] logo movidos A, e S; teria A velocidade tripla, e seria a sua força  $=A \times 3=2 \times 3$ ; e a de  $s=S \times 1=6 \times 1$ : porem  $2 \times 3=6 \times 1$ : logo A, S teriaõ forças iguais, e consequentemente hum não moveria o outro



O trecho destacado do livro de Ignácio Monteiro, mostra o Scholio ( comentário) um teorema e uma proposição inferida a partir dele ( corolário). **Destaque o assunto abordado no texto, aponte dificuldades de leitura e entendimento e apresente sugestões para facilitar o seu entendimento.**

Obs: Na linguagem de Monteiro, assim como conhecemos hoje, o (x) representa sinal de multiplicação

Fig. 16: Excerto 2- questão que propõe discussão dos conceitos físicos por meio de fonte primária do século XVIII

Conforme descrito no excerto 2 da figura 16, solicitamos aos docentes para destacar o assunto abordado no texto, apontar suas dificuldades de leitura e entendimento e apresentar sugestões para facilitar seu entendimento.

As respostas dos professores em relação ao excerto 2 foram agrupadas em três conjuntos de unidades que se referem: a) ao assunto abordado b) às dificuldades de leitura e entendimento dos professores c) às sugestões apresentadas pelos professores para facilitar a sua leitura e entendimento.

Diante dessa divisão, construímos a categoria emergente “a visão dos professores de física do Ensino médio do Sul do Espírito Santo em relação ao excerto do quadro 2”

7.2.2- Metatexto: a visão dos professores de física do Ensino médio do Sul do Espírito Santo em relação ao excerto 2.

Sobre o assunto abordado no excerto 2, um professor acredita que as grandezas físicas *potência ou força* (CM) são tópicos discutidos no excerto. Dois professores escreveram que *força e movimento* (CS, TL) são os assuntos presentes no trecho do quadro 2. Três professores acreditam que o funcionamento da *alavanca* (MM, MR, WS) é o tópico discutido no quadro 2. Quatro professores não fizeram a atividade (AM, AP, CR, EA). Embora apareça no quadro 2 as grandezas potencia, força e movimento, o foco principal da discussão é o funcionamento das alavancas como relataram 30% dos professores.

Em relação dificuldades de leitura do excerto 2, 80% dos docentes acreditam que a *linguagem antiga* (AM, AP, CM, CS, MM, MR, TL, WS) dos excertos é um empecilho para a compreensão da leitura (20%) não responderam a questão (CR, EA). A professora (MM) apresentou dificuldade para entender a condição de equilíbrio da alavanca de acordo com os conceitos presentes no excerto. *A dificuldade de leitura e entendimento é a explicação que foi dada para chegar a conclusão que A e S tem forças iguais e conseqüentemente não se moveria* (AM). A grandeza força apresentada pelo Pe Ignácio Monteiro para explicar o equilíbrio da Alavanca interfixa é o momento de força ou torque no qual concebemos atualmente.

Sobre as sugestões para facilitar a leitura e o entendimento do professor, uma professora confundiu a questão proposta achando que a pergunta requisitava sugestões para facilitar o entendimento dos alunos. No entanto queríamos colher às sugestões do professor. A professora então relatou a estratégia de ensino que utilizaria com os estudantes dizendo que *o ideal seria a apresentação do conteúdo para o aluno anteriormente ao texto do Compendio* (AM). Não fica evidente, todavia, na resposta da professora, os tipos de estratégias que ela usaria para a apresentação desse conteúdo (aula expositiva, aula experimental, filme, animação, etc).

As estratégias de ensino para trabalhar com fonte primária estão presentes em vários trabalhos da literatura. Pode-se usar atividades que envolvam “leitura, elaboração de cartazes e encenação” (SILVEIRA *et al*, 2010) ou a utilização da multimídia, com a exposição de excertos da história da ciência que “permitiram aos alunos comparar os textos que fazem parte da multimídia com os dos livros didáticos (RODRIGUES *et al*, 2012); ou a aula expositiva dialogada sobre conteúdos de história da ciência (BRICCIA e CARVALHO, 2011).

Não aparece na fala da professora AM, como que o conteúdo seria trabalhado: de acordo com o paradigma vigente? Ou, com os conceitos do século XVIII? Époça em que o trecho do quadro 2 foi escrito.

Acreditamos que os conteúdos podem ser trabalhados de acordo com os conceitos originais descritos pelo Padre Ignácio Monteiro, para evitar disseminar a visão anacrônica da ciência, ou seja, ver o passado com o olhar do presente (FORATO, 2009). Além disso, trabalhar com os conceitos da época evitam que o aluno despreze o conhecimento histórico e valorizem apenas o paradigma vigente. Assim, acreditamos que explicar inicialmente os conceitos aceitos atualmente como corretos, pode induzir no aluno uma visão de que as idéias do Pe Ignácio Monteiro são erradas revelando assim que a história da ciência é apenas uma sucessão de idéias ou eventos que progride linearmente da mais equivocada para a mais correta. Dessa forma evita-se que o estudante entenda que a ciência como um processo de evolução linear ou positivista, de crescimento contínuo e cumulativo (BORGES, 1996).

Dois professores manifestaram que é preciso *atualizar o vocabulário* (CM e CR) para melhorar o entendimento deles. Isso nos parece salutar porque favorece o aprendizado do aluno que está acostumado com as definições e terminologias modernas (JANKVIST, 2013). No entanto devemos manter a discussão dos conceitos físicos presentes nos trechos do compêndio, evitando assim, conforme FORATO *et al*, 2011, enaltecer conceitos e teorias “similares” aos aceitos no presente.

Um professor chamou a atenção para a *inserção de imagens* (AP) como recurso para a melhoria do seu entendimento. Numa perspectiva discursiva “os significados para uma imagem surgem na interação do sujeito leitor com a imagem, a partir das particularidades e restrições de um contexto” (TOMIO *et al*, 2013). Nessa direção, Zimmermann e Evangelista (2004) defendem que o uso de imagem no ensino de ciências pode facilitar a compreensão de conceitos científicos desde que estas imagens estejam associadas com textos, e os alunos recebam orientações do professor sobre como visualizá-las.

Boss *et al* (2011) identificou algumas dificuldades dos licenciandos em física, quanto à leitura e entendimento das traduções de fonte primária. Uma das etapas de trabalho desse autor consistiu na aplicação de um excerto de fonte primária de duas formas distintas: a) sem figura e sem comentários b) com figuras e com comentários. O resultado indicou que a presença de figuras com os comentários facilitou o entendimento dos docentes.

A professora (MM) que tinha relatado a dificuldade de entender a condição de equilíbrio a partir da linguagem do Pe Ignácio Monteiro, apresentou como sugestão para o seu entendimento, a descrição o equilíbrio da alavanca à luz do paradigma vigente:

$F_p \cdot A = F_r \cdot B$ . Onde  $F_p$ =força potente;  $F_r$ =reação normal de apoio;  $F_r$ = força resistente;  $A$ = distância entre  $F_p$  e  $PF$ ;  $B$ = distância entre  $F_r$  e  $PF$ . Em seguida a professora MM apresenta a figura abaixo para justificar o argumento apresentado por ela:

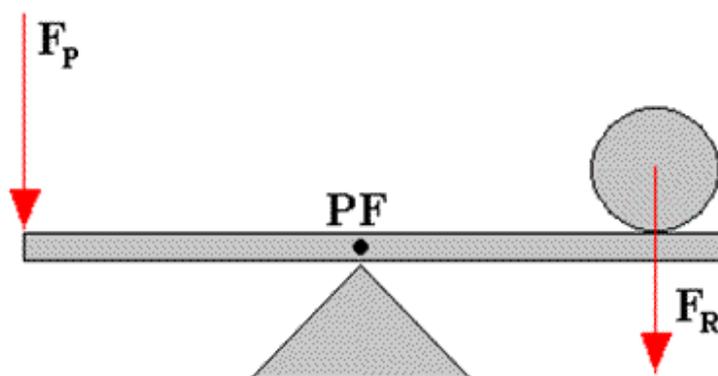


Fig. 17: Imagem apresentada pela professora MM para explicar a condição de equilíbrio de um corpo.

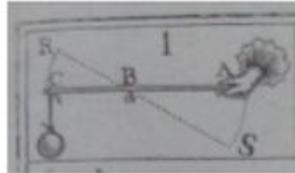
Entendemos, neste caso, que professora MM possui uma visão anacrônica da ciência porque ela quer explicar os fenômenos antigos à luz dos conceitos atuais. Concepção considerada equivocada da construção do conhecimento científico (FORATO, 2009).

Seis professores (CS, CR, EA, MR, TL, WS) não responderam a essa questão.

A seguir os professores o excerto 3 (figura 18):

## DEFIN.II

Vecte, ou lanca he huma vara de ferro ABC ( Fig. I.) ou de outra matéria dura, e forte, na qual distinguimos três pontos: hum é o sustentáculo B, em que se sustenta a machina: no 2 A se applica a potencia e no 3 C o pezo. O ponto de sustentação se chama hypomoclio, e he o centro do movimento, ou arcos S, R, que descrevem as extremidades, ou pontos da lanca, próprios da potencia, e da resistência.



COROLLARIO II: Na lanca ABC (Fig I) se  $A.C :: BC$ . AB: averá equilibrio, e por isso se sustentarão horizontalmente, o pezo, e potencia, ou os dous pezos oppostos.

Demonst. Como os arcos semelhantes são entre si como os rayos dos seus círculos em lugar dos arcos podemos usar dos rayos para calculo das forças: Ora: sendo  $A.C :: BC$ . AB : será  $A \times AB = C \times BC$ ; [...] e consequentemente sendo as forças iguaes averá equilibrio.

COROLLARIO III: Se  $T.A > AB$ . BT, a potencia T poderá levantar o pezo A.

Demonst. Suponha-se a potencia N, mais perto, de tal modo, que seja  $N.A :: AB$ . NB, averá equilibrio: porém a força  $T > N$ ; porque tem mais velocidade T, do que N: logo T será mais poderosa, e levantará o pezo A.

COROLLARIO IV: Se  $BT$ .  $BA > A.T$ , a potencia T levantará o pezo A.

Demonst. Neste cazo  $BT \times T > AB \times A$ : logo em T há mais força, do que em A resistência.

COROLLARIO V: Se  $C.A > AB$ . BC: descera o pezo C ( Fig.1.) por ser mais forte, do que a potencia B.

Demonst. Seja C 4 arrobas: A possa elevar duas:  $AB=4$  pez; BC 3 pez de comprimento: terá C para A maior razão, do que AB para BC: e a força, ou resistência C será  $3 \times 4 = 12$ : a força  $A = 2 \times 4 = 8$ : porém 12. Resistência > 8 força.

O trecho destacado do livro de Ignácio Monteiro mostra a definição de alavanca e quatro corolários (conseqüências do teorema I do quadro 2): **Destaque o assunto abordado no texto, aponte dificuldades de leitura e entendimento e apresente sugestões para facilitar o seu entendimento.**

Obs: 1) Em notação moderna a fórmula  $A.C :: BC$ . AB significa  $\frac{A}{C} = \frac{BC}{AB}$

2) Em notação moderna a inequação  $T.A > AB$ . BT significa  $\frac{T}{A} > \frac{AB}{BT}$

3) Resumindo: o ponto (.) na linguagem de Monteiro significa o sinal de divisão (/); o (::) significa sinal de igualdade, o (x) significa sinal de multiplicação e o (>) sinal de maior.

Fig.18: Excerto 3- questão que propõe discussão dos conceitos físicos por meio de fonte primária do século XVIII

Conforme descrito no excerto 3 da figura 18, solicitamos aos docentes para destacar o assunto abordado no texto, apontar suas dificuldades de leitura e entendimento e apresentar sugestões para facilitar seu entendimento.

As respostas dos professores em relação ao excerto 3 foram agrupadas em três conjuntos de unidades que se referem: a) ao assunto abordado b) às dificuldades de leitura e entendimento dos professores e c) às sugestões apresentadas pelos professores para facilitar a sua leitura e entendimento.

Diante dessa divisão, construiu-se a categoria emergente “a visão dos professores de física do Ensino médio do Sul do Espírito Santo em relação ao excerto do quadro 3” o que resultou no seguinte metatexto:

7.2.3.- Metatexto: a visão dos professores de física do Ensino médio do Sul do Espírito Santo em relação ao excerto 3.

Para cinco professores, a *alavanca* (AP, CM, MM, MR, WS) é o assunto discutido no quadro 3. As *máquinas simples* (CS, MM, TL) é o tópico do quadro 3, na visão de três professores. Três professores não descreveram o assunto do quadro 3. Um trecho do livro do Pe Ignácio Monteiro define e exemplifica as máquinas simples: “[...] chamamos máquina simples aquela que somente é formada por um corpo, como a alavanca, ou pela associação de poucos corpos como, a roda com seu eixo” (MONTEIRO, 1752, p. 259- tradução nossa). Percebe-se que a alavanca é um tipo de máquina simples. Assim, consideramos corretas as respostas dos professores que citaram esses dois tópicos.

Em relação dificuldades de leitura dos trechos do quadro 3, 60% dos docentes acreditam que a *linguagem antiga* (AP, CM, CS, MR, TL, WS) dos excertos é um empecilho para a compreensão da leitura. (30%) não responderam a questão (AM, CR, EA). Os professores (MM, WS) apresentaram dificuldade em relação ao conteúdo do quadro 3: A professora MM não entendeu a frase: *Se  $C.A > AB$ .  $BC$ : descera o pezo  $C$  ( Fig 1) por ser mais forte, do que a potencia  $B$*  (MM) e o professor WS não compreendeu o significado da *medida arroba* (WS).

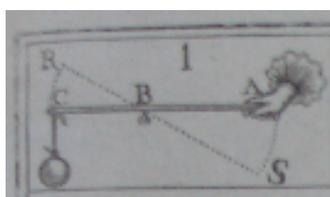


Fig. 19 - Alavanca de 1º gênero (interfixa)

Na notação moderna  $C.A > AB$ .  $BC$  equivale a  $C/A = AB/BC$  e uma arroba equivale a 14.645 Kg (LOPES, 2005).

Sobre as sugestões para facilitar a leitura e o entendimento do professor, uma professora confundiu a questão proposta achando que a pergunta requiritava sugestões para facilitar o entendimento dos alunos. No entanto queríamos colher às sugestões do professor. A professora então relatou a estratégia de ensino que utilizaria com os estudantes dizendo que antes da leitura do aluno, o professor deveria explicá-los sobre os três tipos de alavanca: *aquelas que apresentavam o hipomoclio entre a potência e o peso. As que possuíam o hipomoclio e a potência nas extremidades, situando-se o peso no meio. As que tinham potência entre o hipomoclio e o peso* (AM). A professora AM propõe explicar aos discentes a classificação das alavancas de acordo com os conceitos da época. Em linguagem moderna, o “hipomoclio” descrito pela professora AM se refere ao ponto de apoio, a “potência” se refere a força potente e o “peso” é a força resistente.

Seis professores manifestaram que é preciso *atualizar o vocabulário* (AP, CM, CS, MR, TL, WS) para melhorar o entendimento deles. Isso nos parece salutar porque favorece o aprendizado do aluno que está acostumado com as definições e terminologias modernas (JANKVIST, 2013). No entanto devemos manter a discussão dos conceitos físicos presentes nos trechos do compêndio, evitando assim, conforme FORATO *et al*, 2011, enaltecer conceitos e teorias similares aos aceitos no presente.

Um professor chamou a atenção para a *inserção de imagens* (AP) como recurso para a melhoria do seu entendimento. Numa perspectiva discursiva “os significados para uma imagem surgem na interação do sujeito leitor com a imagem, a partir das particularidades e restrições de um contexto” (TOMIO *et al*, 2013). Nessa direção, Zimmermann e Evangelista (2004) defendem que o uso de imagem no ensino de ciências pode facilitar a compreensão de conceitos científicos desde que estas imagens estejam associadas com textos, e os alunos recebam orientações do professor sobre como visualizá-las.

Boss *et al* (2011) identificou algumas dificuldades dos licenciandos em física, quanto à leitura e entendimento das traduções de fonte primária. Uma das etapas de trabalho desse autor consistiu na aplicação de um excerto de fonte primária de duas formas distintas: a) sem figura e sem comentários b) com figuras e com comentários. O resultado indicou que a presença de figuras com os comentários facilitou o entendimento dos docentes.

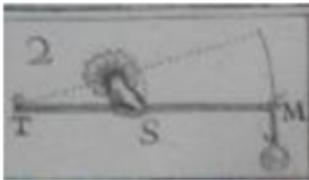
A professora (MM), que tinha relatado a dificuldade de entender o conteúdo de física a partir da linguagem do Pe Ignácio Monteiro, apresentou como sugestão para o seu

entendimento, explicar o trecho do quadro à luz do paradigma vigente: *aplicar condição de equilíbrio, isto é produto da força resistente pelo seu braço é igual ao produto da força potente pelo seu braço* (MM).

Entendemos, neste caso, que professora MM possui uma visão anacrônica da ciência porque ela quer explicar os fenômenos antigos à luz dos conceitos atuais. Concepção considerada equivocada da construção do conhecimento científico (FORATO, 2009).

A seguir os professores responderam o excerto 4 (figura 20):

“A lanca do terceiro gênero MST (Fig2) mais serve para diminuir, do que para aumentar a potencia; porque, sendo T o centro do movimento, S, a potencia, M o pezo, sempre neste haverá mais movimento do que em S, e consequentemente cresce a resistência, diminui a força. Todas essas leis confirmaõ as experiências, [...]”.



Esta afirmação de Ignácio Monteyro ( século XVIII) ilustra bem a explicação do funcionamento de um tipo de alavanca, bem como revela uma concepção sobre a natureza da ciência da época. **Destaque o assunto abordado no texto, aponte dificuldades de leitura e entendimento e apresente sugestões para facilitar o seu entendimento. Dê exemplos do nosso cotidiano desse tipo de alavanca. Você concorda com a afirmação do padre Ignácio Monteyro de que “Todas essas leis confirmaõ as experiências, [...]”? Justifique**

Fig. 20: Excerto 4- questão que propõe uma reflexão sobre a natureza da ciência por meio de fonte primária do século XVIII

Conforme descrito no excerto 4 da figura 20, solicitamos aos docentes para destacar assunto abordado no texto, apontar dificuldades de leitura e entendimento e apresentar sugestões para facilitar o seu entendimento. Pedimos ainda para os professores apresentarem exemplos do nosso cotidiano do tipo de alavanca descrita. Além disso, os docentes teriam que responder e justificar se concorda com a afirmação do padre Ignácio Monteyro de que “Todas essas leis confirmaõ as experiências, [...]”

As respostas dos professores em relação ao quadro 4 foram agrupadas em cinco conjuntos de unidades que se referem: a) ao assunto abordado, b) às dificuldades de leitura e

entendimento dos professores c)às sugestões apresentadas pelos professores para facilitar a sua leitura e entendimento d) aos exemplos do cotidiano do professor e)à visão dos professores sobre a natureza da ciência.

Diante dessa divisão, construiu-se a categoria emergente “a visão dos professores de física do Ensino médio do Sul do Espírito Santo em relação ao excerto do excerto 4”

7.2.4- Metatexto: a visão dos professores de física do Ensino médio do Sul do Espírito Santo em relação aos excerto do excerto 4

60% dos professores responderam corretamente que o assunto descrito no quadro 4 é a *alavanca* (AM, CS, MM, MR, TL, WS), mas somente três deles reconheceram que o tipo de alavanca presente no quadro 4 é a *interpotente* (AM, MM, MR). Três professores não responderam a questão proposta e a professora CM confundiu o comando da questão e escreveu sobre a função da alavanca interpotente dizendo que a *alavanca serve mais para diminuir do que para aumentar a potência* (CM).

Uma alavanca de 3º gênero (interpotente, na linguagem atual), conforme explica o Pe Ignacio Monteiro, “possui a potência no meio e, o peso e o hipomoclyo, nas extremidades” (MONTEIRO, 1754, p.261). Uma definição moderna para a alavanca do 3º gênero ou interpotente é: “a força potente está entre o ponto de apoio e a força resistente” (MENDES, 2015, BRASIL ESCOLA). A pinça e o cortador de unhas são exemplos desse tipo de alavanca. Os professores AP, CR e EA não fizeram a atividade.

Sobre as dificuldades de leitura e entendimento dos trechos do quadro 4, 60% dos professores acreditam que a *linguagem* (CS, MR, TL, WS) da época ou a *grafia antiga* (CM) é o principal entrave para *entender o que está escrito* (AM). A professora MM não encontrou dificuldade para entender os trechos e os professores AP, CR e EA não fizeram a atividade.

Sobre as sugestões para facilitar a leitura e o entendimento do professor, 50% dos professores sentem a necessidade de atualizar o vocabulário, conforme declarações a seguir: *redigir o texto com vocabulário atualizado* (CM); *atualizar os termos* (CS, TL); *traduzir para a linguagem de hoje* (MR); *trazer para o português nativo* (WS). As falas dos professores nos parecem pertinentes porque favorece o aprendizado do aluno que está acostumado com as definições e terminologias modernas (JANKVIST, 2013). No entanto devemos manter a discussão dos conceitos físicos presentes nos trechos do compêndio, evitando assim, conforme FORATO *et al*, 2011, enaltecer conceitos e teorias “similares” aos aceitos no presente.

Um professor chamou a atenção para a *inserção de imagens* (AP) como recurso para a melhoria do seu entendimento. O estudo das representações nas ciências ganhou espaço entre os historiadores da ciência nas últimas décadas. Segundo Pataca (2011), nesse período, os historiadores da ciência começaram a se preocupar com “outros aspectos das ciências como as imagens, práticas e instrumentos”. Ainda sobre as representações no campo científico a autora cita a coletânea de trabalho elaborada por Lynch & Woolgar (1990). Segundo Pataca (2011): “nesta coletânea de trabalhos, os significados das representações são considerados integrados ao complexo de atividades (científicas, comunicativas, políticas e sociais) em que são produzidas”.

Uma professora acredita que para o seu entendimento faz-se necessário a *apresentação de exemplos desse tipo de alavanca, (cortador de unhas, pegador de macarrão, pinça)* (AM). O tipo de alavanca que a professora se referiu é a interpotente. Os professores AP, CR e EA não fizeram a atividade.

Outros professores citaram exemplos de alavancas interpotentes presentes no seu cotidiano, não como sugestão para melhoria do seu entendimento, mas apenas para atender ao comando da questão proposta. São exemplos relatados pelos docentes: “*pinça*” (MM, MR); *pegador de gelo* (MM); *vassoura* (MM, MR); *nosso braço, uma pá [...], grampeador* (MR). Dois professores não conseguiram identificar o tipo de alavanca descrito no excerto 4 e apresentaram exemplos de outros tipos de alavanca presentes no seu dia-a-dia como *o carrinho de pedreiro, o nosso próprio pé* (CS, TL), que são exemplos de alavancas inter-resistentes; e *alicates e tesouras* (CS, TL), que são exemplos de alavancas inter-fixas. Quatro professores (AP, CM, CR e WS) não responderam a questão.

Os exemplos descritos pela professora AM e demais docentes estão relacionados ao cotidiano deles. Para Pierson (1997) o cotidiano é um local privilegiado para a construção de significados dos conhecimentos e compreensões edificadas a partir das experiências e vivências das pessoas.

Em relação à visão dos professores sobre a natureza da ciência a partir do excerto, cinco professores concordam com a concepção do Pe Ignácio Monteiro, de que as leis são confirmadas pela experiência: *sim, as leis são confirmadas pela experiência* (CS, TL); *sim, porque todas as leis estão bem explicadas dentro das máquinas simples através da condição de equilíbrio que podemos confirmar através de cálculos e experimentos simples do nosso dia-a-dia* (MM); *na época deveriam confirmar, [...], uma vez que esses cientistas estavam começando a realizar experimentos para comprovar seus estudos* (MR); *concordo com o padre que as leis confirmam as experiências* (WS). A professora AM acredita que *um*

*experimento pode ou não comprovar uma lei, mas para tal é preciso fazer por diversas vezes o mesmo experimento e colher dados (AM).*

As leis não podem ser confirmadas ou provadas, de forma definitiva através de um experimento. Isto estaria em “contradição com a afirmação de que o conhecimento científico é provisório” (FERREIRA e MARTINS, 2008)

A professora AM utiliza de argumentos indutivos para compor seu raciocínio ao dizer que uma lei pode ser comprovada somente a partir de um número muito grande de dados.

### 7.3- Natureza da Ciência.

O segundo foco de nossa análise consiste em investigar, a partir do estudo de caso 3 (máquinas simples e as controvérsias do ensino português do século XVIII). Desejamos analisar a construção das concepções dos professores em relação à natureza ciência. Para essa investigação sugeriu-se aos professores que respondessem uma questão baseada nesse estudo de caso. Na tabela 15 apresentamos a finalidade da questão aplicada à nossa amostra.

Tabela 15- Finalidade da questão referente à natureza da ciência do estudo de caso 3

<b>Questão</b>	<b>Finalidade da questão</b>
Como você acredita que leis e teorias são elaboradas?	Investigar a compreensão dos professores em relação ao processo de construção das leis e teorias.

Identificamos nas respostas dos docentes unidades que se referem: a) às concepções adequadas dos professores em relação à construção do conhecimento científico e b) às inadequadas dos professores em relação à construção do conhecimento científico.

Essas unidades resultaram na construção de duas categorias emergentes relacionadas às a) visões adequadas sobre a natureza da ciência e b) visões equivocadas sobre a natureza da ciência.

Depois de construídas as categorias, devemos produzir argumentos aglutinadores que sustentem a tese proposta por cada categoria (MARCELINO, 2012). Cada categoria, então, foi subdividida em subcategorias para facilitar a construção do metatexto no qual corresponde análise do pesquisador.

7.3.1: Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões adequadas sobre a Natureza da Ciência, construídas a partir do estudo de caso3.

São apresentadas na tabela 16 a seguir as subcategorias que guiará a construção do metatexto que se refere às visões adequadas da natureza da ciência. Os números representam a quantidade de unidades empíricas (UE) encontradas na 1ª e na 3ª etapas do estudo de caso 1. Alerta-se que o número total de unidades empíricas pode ser menor ou igual que a soma das unidades empíricas da 1ª com a 3ª etapa porque existem unidades empíricas repetidas.

Tabela 16- Quantidade de unidades empíricas sobre as visões adequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 3.

	<b>Subcategorias</b>	<b>1ª etapa (UE)</b>	<b>3ª etapa (UE)</b>	<b>Total</b>
<b>Visões Adequadas</b>	O processo de construção das leis e teorias relaciona com as necessidades da época.	1	2	2
	A elaboração das leis e teorias é um processo dinâmico e mutável.	2	2	4
	A construção das leis e teorias é uma atividade de cooperação.	2	1	2
	As leis e teorias científicas também são obtidas a partir das experiências.	3	2	3
	As leis e teorias admitem divergências de pensamento entre os cientistas.	1	2	2
	As leis e teorias científicas podem ser provadas experimentalmente.	1	2	2
	<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>15</b>

Apontamos que podem existir UE em maior ou menor número que a quantidade de professores da pesquisa, uma vez que as respostas de alguns docentes poderiam ser agrupadas em mais de uma subcategoria ou o professor pode não ter se manifestado sobre o tema. Foi criado um código para os dez professores participantes desta etapa da pesquisa com o objetivo de preservar suas identidades. Denominamos os docentes por: AM, AP, CM, CR, CS, EA, MM, MR, TL, WS.

Em relação às unidades empíricas da 1ª etapa: todas as unidades empíricas da 1ª etapa (10) sobre as concepções adequadas da natureza da ciência estavam coerentes com a finalidade da questão do estudo de caso 3: uma unidade empírica (10%) mostrou a relação do processo de construção das leis e teorias com a necessidade da época; essa unidade foi citada pela professora AM. Duas unidades empíricas (20%) mostraram que a elaboração das leis e teorias é um processo dinâmico e mutável; essas unidades foram citadas por três professores (CM, CS e TL). Duas unidades empíricas (20%) mostraram que a construção das leis e teorias

é uma atividade de cooperação; essas unidades foram citadas por dois professores (MR e CM). Três unidades empíricas (30%) mostraram que as leis e teorias científicas também são obtidas a partir das experiências; essas unidades foram citadas por três professores (AP, CR e MM). Uma unidade empírica (10%) mostrou que as leis e teorias admitem divergências de pensamento entre os cientistas; essa unidade foi citada por um professor (MR). Uma unidade empírica (10%) mostrou que as leis e teorias podem ser provadas experimentalmente; essa unidade foi citada pela professora MM.

Em relação às unidades empíricas da 3ª etapa: todas as unidades empíricas da 3ª etapa (11) sobre as concepções adequadas da natureza da ciência estavam coerentes com a finalidade da questão do estudo de caso 3: duas unidades empíricas (18%) mostraram a relação do processo de construção das leis e teorias com a necessidade da época; essas unidades foram citadas por três professores (AM, CS, TL). Duas unidades empíricas (18%) mostraram que a elaboração das leis e teorias é um processo dinâmico e mutável; essas unidades foram citadas por quatro professores (AM, MM, CS e TL). Uma unidade empírica (9%) mostrou que a construção das leis e teorias é uma atividade de cooperação; essa unidade foi citada pela professora MR. Duas unidades empíricas (18%) mostraram que as leis e teorias científicas também são obtidas a partir das experiências; essas unidades foram citadas por dois professores (AP e MM). Duas unidades empíricas (18%) mostraram que as leis e teorias admitem divergências de pensamento entre os cientistas; essas unidades foram citadas pela professora (MR). Duas unidades empíricas (18%) mostraram que as leis e teorias podem ser provadas experimentalmente; essas unidades foram citadas por dois professores (MM e EA).

Percebemos então, que as unidades empíricas dos professores em relação às visões consideradas adequadas da natureza da ciência, tanto na primeira etapa do estudo de caso quanto na terceira, estavam coerentes com a finalidade da questão do estudo de caso 3. No entanto, o estudo de caso 3 contribui mais para a incorporação das subcategorias: a) O processo de construção das leis e teorias relaciona com as necessidades da época (houve um aumento de uma unidade empírica na 1ª etapa para duas, na 3ª etapa); b) As leis e teorias admitem divergências de pensamento entre os cientistas (houve um aumento de uma unidade empírica na 1ª etapa, para duas, na 3ª etapa); c) As leis e teorias científicas podem ser provadas experimentalmente (houve um aumento de uma unidade empírica na 1ª etapa para duas, na 3ª etapa).

A seguir serão discutidas as respostas fornecidas pelos professores para cada subcategoria da tabela 16.

### **A construção das leis e teorias relaciona com as necessidades da época.**

De acordo com os professores as leis e teorias são criadas *a partir das necessidades humanas de se adaptar ao meio e assim melhorar sua qualidade de vida* (CS, TL). Dessa forma, a elaboração das leis e teorias é influenciada pela *necessidade de cada época* (AM).

As crenças dos cientistas e os contextos aos quais eles estão inseridos influenciam em seu trabalho científico (EFLIN *et. al.*, 1999, p. 108-09). Como exemplo, temos o contexto de construção da ciência moderna. Como as máquinas já se faziam presentes no mundo antes mesmo da revolução científica do século XVII era desejável construir outra ciência, com enfoque mais experimental, mais quantitativa e mais analítica (THUILLIER, 1994, p.27).

No entanto a origem e impacto desses fatores na construção das leis e teorias ainda é motivo de divergências entre os filósofos da ciência. “Enquanto alguns afirmam que o conhecimento científico está totalmente relacionado com as posturas e ideologias da época em que foi construído, outros alegam que a Ciência é livre e não sofre influências desse tipo” (MOURA, 2008, p.8).

A concepção de que a elaboração das leis e teorias é influenciada pela necessidade humana de cada época, é considerada adequada por nós, por acreditar numa tendência mais construtivista da construção do conhecimento científico. No entanto é importante entender a ciência como uma construção racional, valorizando a importância das observações, das hipóteses e das experiências para a construção do conhecimento científico, porém, deve-se evitar perpetuar a visão neutra da ciência. (FORATO *et al*, 2011)

### **A elaboração das leis e teorias é um processo dinâmico e mutável.**

Segundo os docentes os cientistas *criam e recriam* (AM) as leis e teorias científicas que são elaboradas através da *continuidade que um cientista dá ao trabalho feito por um pesquisador* (CM). Assim, as leis e teorias científicas podem sofrer *adaptações e aperfeiçoamentos* (CS e TL) conforme *novos estudos* (MM).

Os conceitos que envolvem a lei do equilíbrio de um corpo sofreram alterações. No século XVIII a condição para o equilíbrio de rotação de uma barra era explicada utilizando forças e não torques como concebemos atualmente. Veja um exemplo extraído da obra *Compendio dos elementos de Matemática*. Se “a força A he igual a força S: e neste cazo averá equilíbrio”( MONTEIRO, 1754, 263-264). Ver figura.

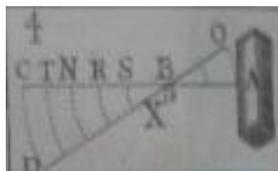


Fig. 21: Ilustração para representar o equilíbrio rotacional de um corpo

Atualmente, os conceitos para explicar a lei do equilíbrio rotacional modificaram bastante. Em linguagem matemática moderna, o enunciado descrito por Monteiro poderia ser: Se o módulo do torque produzido por  $F_A$ , for igual ao módulo do torque produzido por  $F_S$ , o sistema estará em equilíbrio de rotação.

Como se pode notar, a ciência é dinâmica e mutável. Novas interpretações para os fenômenos já conhecidos emergem na história da ciência e não podemos assegurar que a explicação considerada correta hoje não seja abandonada no futuro (FERREIRA e MARTINS, 2008)

Segundo Matthews (1995) a visão adequada da mutabilidade e instabilidade da ciência elucida a idéia de que o pensamento científico atual está sujeito à transformações.

### **A construção das leis e teorias é uma atividade de cooperação**

Segundo os docentes à ciência é um empreendimento coletivo porque os cientistas podem *dá continuidade ao trabalho feito por um pesquisador* (CM). Isso pode acontecer em *épocas diferentes e, em locais diferentes* (MR)

O padre Ignácio Monteiro, ao descrever o funcionamento das máquinas simples, em 1754 retoma os conhecimentos de Arquimedes do século II a.c. Monteiro deixa evidente no seu livro *Compendio dos elementos de Matemática* que concorda com Arquimedes que as máquinas simples permitem erguer enormes pesos com uma força pequena (MONTEIRO, 1754)

Essa descrição ilustra bem o fato de que o conhecimento científico é coletivo. A visão da ciência como uma atividade de cooperação evita a concepção deformada individualista e elitizada ciência no qual “os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes” (GIL PÉREZ *et al*,2001).

### **As leis e teorias científicas também são obtidas a partir da experiência.**

De acordo com os professores as leis e teorias são criadas *para interpretar e descrever fenômenos naturais* (MM). Assim, *o homem busca modelos teóricos que possam explicar e prever* (CR) tais fenômenos.

As leis da termodinâmica, por exemplo, enunciadas pelo engenheiro Sadi Carnot dentre outros, foram elaboradas a partir de experiências com sistemas aplicados na engenharia, em especial as máquinas térmicas.

Assim, as leis e teorias científicas também são obtidas a partir da experiência e é considerada por nós uma visão adequada do conhecimento científico porque a ciência também é empírica.

Mas, destacamos que as leis e teorias não emergem dos dados brutos da natureza. Nesse sentido concordamos com Bagdonas e Silva (2013) ao defenderem um empirismo moderado. Segundo os autores a elaboração do conhecimento científico envolve a observação e o registro minucioso de dados experimentais, mas os experimentos não são o único caminho para o conhecimento e são dependentes de teorias, já que construção das leis e teorias inicia-se com uma *indagação a respeito de um dado fenômeno* (AP). As interpretações de evidências empíricas são complexas e permitem múltiplas interpretações.

### **As leis e teorias admitem divergências de pensamento entre os cientistas.**

Para uma professora, antes de propor uma lei ou teoria *os cientistas devem mostrar os resultados a seus colegas, compartilhar idéias com outros, a fim de se certificar de que suas idéias estejam corretas ou no caminho certo* (MR). A troca de informações entre eles é importante *uma vez que visões diferentes sobre o mesmo tema tende a enriquecer o trabalho* (MR). Esta última unidade foi escrita pela professora nas 1ª e 3ª etapas do estudo de caso 3.

O intercâmbio de informações entre os cientistas ocorriam, segundo Stumpf (1996) através de cartas, atas das reuniões científicas, livros e revistas científicas (a partir do século XVII)

A divergência de pensamento entre os cientistas está presente na crítica do padre Monteiro à teoria de Newton ao dizer que “a doutrina do Cavaleiro Newton tem mais cálculos do que conclusões” (MONTEIRO, 1754, prólogo- tradução nossa).

Inicialmente a dinâmica de Newton foi amplamente rejeitada porque “não explicava a causa das forças de atração entre partículas de matéria” (KUNH, 2009, p.190).

Essas descrições ilustram bem o fato de que existe a possibilidade de desacordo entre os cientistas.

### **As leis e teorias científicas podem ser provadas experimentalmente.**

As leis e teorias científicas podem ser *comprovadas experimentalmente* (EA, MM) ou verificadas através de *evidências naturais* (MM).

Acredita-se que as leis e teorias científicas podem ser provadas experimentalmente (pelo menos, provisoriamente). Segundo a teoria geral da relatividade de Einstein, um campo gravitacional intenso como o sol seria capaz de desviar a trajetória da luz e deformar o espaço ao seu redor. Para comprovar esse efeito seria necessário obter duas fotografias:

[...] uma do campo de estrelas durante a passagem do corpo maciço (por exemplo, o Sol) diante dele e outra do mesmo campo de estrelas sem a presença desse corpo, e comparar, nas duas imagens, as posições das estrelas mais próximas da borda desse corpo. Se o efeito existisse, a posição dessas estrelas estaria ligeiramente modificada. Caso o Sol fosse usado como ‘corpo teste’ para as idéias de Einstein restaria uma outra dificuldade, causada pela luminosidade do Sol, já que esta impediria que as estrelas mais próximas da sua borda fossem fotografadas. Obter as fotografias com o Sol no céu, mas sem a sua luz, seria possível em apenas uma única circunstância: durante um eclipse solar total (VIDEIRA, 2005)

Para a realização dos experimentos os astrônomos fizeram duas expedições uma na Ilha do Príncipe localizada na África e outra em Sobral no Ceará. Em ambas as expedições os astrônomos fotografaram as estrelas durante o eclipse do sol e também sem a presença do sol:

Para o eclipse previsto para 1919, foram organizadas expedições para a Ilha do Príncipe e para Sobral, no interior do nosso velho Ceará, ambos escolhidos como locais mais favoráveis para a realização das observações. Quando a reunião conjunta da Royal Society e da Royal Astronomical Society, em Londres, 6 de novembro de 1919, analisou os resultados obtidos e concluiu que eles confirmaram a teoria da relatividade geral de Einstein, em detrimento a teoria gravitacional de Newton, a repercussão da opinião pública mundial foi imediata (FREIRE Jr, 2011, p.293)

Os dois experimentos realizados para comprovar a teoria da relatividade contribuíram para uma visão mais real da ciência porque ajudou a refletir sobre o método empírico-indutivo no qual parte sempre de um grande número de observações para obter as leis e conceitos por indução.

A experiência continua sendo relevante para a ciência. Segundo FREIRE Jr (2011) o próprio Einstein sobre a física teórica, dissera que a experiência o auxiliou a sugerir conceitos, mas estes conceitos podem “permitir livres criações do intelecto humano que devem naturalmente passar depois pelo crivo da experiência” (FREIRE Jr, 2011, p.295).

### 7.3.2- Metatexto: Os professores de física do sul do Espírito Santo e suas visões inadequadas sobre a Natureza da Ciência, construídas a partir do estudo de caso 3

Apresenta-se na tabela a seguir as subcategorias que guiará a construção do metatexto. Essa primeira parte se refere às visões inadequadas da natureza da ciência. Os números representam a quantidade de unidades empíricas (UE) encontradas na 1ª e na 3ª etapas do estudo de caso 1. O total de unidades empíricas é menor que a soma da 1ª com a 3ª etapa, porque existem unidades empíricas repetidas.

Tabela 17- Quantidade de unidades empíricas sobre as visões inadequadas da natureza da ciência obtidas através do estudo de caso 3.

Visões Inadequadas	Subcategorias	1ª etapa (UE)	3ª etapa (UE)	Total
	Leis e teorias se constroem maneira linear.		2	1
A elaboração das leis e teorias segue um método único.		1	1	2
É possível uma teoria se transformar em lei.		1	0	1
Total		4	2	5

Apontamos que podem existir UE em maior ou menor número que a quantidade de professores da pesquisa, uma vez que as respostas de alguns docentes poderiam ser agrupadas em mais de uma subcategoria ou o professor pode não ter se manifestado sobre o tema. Foi criado um código para os dez professores participantes desta etapa da pesquisa com o objetivo de preservar suas identidades. Denominamos os docentes por: AM, AP, CM, CR, CS, EA, MM, MR, TL, WS.

Na 1ª etapa do estudo de caso 3 houve quatro unidades empíricas relacionadas às concepções inadequadas da natureza da ciência: duas unidades empíricas (50%) mostraram que leis e teorias se constroem de maneira linear; essas unidades foram citadas por dois professores (MR e CM). Uma unidade empírica (25%) mostrou a elaboração de leis e teorias seguem um método único; essa unidade foi citada por dois professores (EA e WS). Uma unidade empírica (25%) mostrou que é possível uma teoria se transformar em lei, essa unidade foi citada pelo professor EA.

Na 3ª etapa do estudo de caso 3 houve duas unidades empíricas relacionadas às concepções inadequadas da natureza da ciência: uma unidade empírica (50%) mostrou que leis e teorias se constroem de maneira linear; essa unidade foi citada pela professora MR. Uma unidade empírica (50%) mostrou a elaboração de leis e teorias seguem um método

único; essa unidade foi citada pelo professor EA. Não encontramos unidades empíricas que retratasse a visão equivocada de que seria possível uma teoria se transformar em lei.

Percebemos então, que o estudo de caso 3 foi eficiente para reduzir a concepção equivocada de que leis e teorias se constroem de maneira linear e a visão inadequada de que seria possível uma teoria se transformar em lei. Todavia o estudo de caso 3 não contribui para reduzir a visão de que a elaboração das leis e teorias segue um método único.

A seguir discutimos as respostas fornecidas pelos professores para cada subcategoria da tabela 17.

### **Leis e teorias se constroem de maneira linear.**

Muitas pessoas em *épocas diferentes e em locais diferentes trabalham para desvendar os segredos do universo* (MR). Assim, um cientista dá *continuidade ao trabalho feito por um pesquisador* (CM).

Percebe-se que os professores entendiam que as teorias científicas do presente são provenientes de teorias científicas do passado. Essa concepção de que a ciência evolui de forma linear demonstrou que os alunos possuíam uma visão acumulativa do trabalho científico (HYGINO *et al*, 2013), a qual negligencia as crises e revoluções oriundas da atividade científica (GIL-PEREZ *et al*, 2001).

Essa tendência linear e cumulativa refletem até mesmo no pensamento de alguns cientistas que distorcem a história da ciência “em parte porque os resultados da pesquisa científica não revelam nenhuma dependência óbvia com relação ao contexto histórico da pesquisa e em parte porque, exceto durante as crises e as revoluções, a posição contemporânea do cientista parece muito segura (KUNH, 2009, p.178)”

Dessa forma alguns cientistas não se encontram interessados em pesquisar e escrever sobre complexas discussões da história da ciência.

### **A elaboração das leis e teorias segue um método único.**

As leis e teorias científicas são *elaboradas através de experimentos seguindo o método científico* (EA) e, pela *observação rigorosa dos fenômenos* (EA, WS). Ambos os processos são guiados pelo método científico.

As respostas dos professores estão alinhadas ao método empírico-indutivo de Francis - Bacon (1561-1626). Esse método se apresenta como uma sequência rígida de etapas que o cientista deve seguir para fazer a investigação científica: observação dos fenômenos (neutra e objetiva) – acumulo de dados- geração de hipóteses- comprovação/ verificação- resultados-

conclusões. Caso a hipótese não seja confirmada, o cientista volta a seguir, na sequência, os mesmos passos anteriores.

Segundo Bacon, a investigação científica “consiste no saltar-se das sensações e das coisas particulares aos axiomas mais gerais” [...] (BACON, 1997, p.9). Comenta ainda que “a constituição de axiomas por meio dessa indução, é necessário que se proceda a um exame ou prova [...] (BACON, 1997, p. 63)

Percebemos assim que o método científico descrito por Bacon baseia-se na indução, ou seja, os resultados (leis e teorias) obtidos com as observações ou experimentos (dados empíricos) são translados de um caso particular para um caso geral.

O método empírico- indutivo foi criticado por Karl Popper (1902-1994). Ele acredita que às hipóteses assume um papel essencial na construção do conhecimento científico e antecede as observações ou experimentos. O método proposto por Popper é conhecido como método hipotético- dedutivo. Zannetic (2008, p.33) resume as etapas desse método: a) existência de um problema a ser resolvido; b) procura de soluções para o problema através da elaboração de várias hipóteses tentativas e a escolha de uma delas segundo o critério de aceitar aquela que apresenta maior grau de possibilidades de refutação; c) dedução de consequências dessa hipótese; d) critério de refutabilidade em ação: a hipótese é testada, isto é, procura-se refutá-la buscando contraexemplos significativos; e) passando por esse teste, isto é, na ausência de refutação, a hipótese se transforma na nova teoria; f) em caso de uma descoberta refutadora ou de uma dedução não confirmada, voltamos ao estágio inicial.

Popper além de atribuir a importância às hipóteses, fala em refutação ao invés de indução. Para ele o processo indutivo não existe e as experiências científicas servem para falsificar determinadas teorias:

[...] só reconhecerei um sistema como empírico ou científico se ele for passível de comprovação pela experiência. Essas considerações sugerem que deve ser tomado como critério de demarcação não a *verificabilidade*, mas a *falseabilidade* de um sistema. Em outras palavras, não exigirei que um sistema empírico seja suscetível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: *deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico*. (POPPER, 1972, p. 42)

Constata-se que não existe um método único para a elaboração de leis e teorias, conforme nos revelou as respostas de alguns professores que participaram da nossa pesquisa. O método empírico- indutivo nos parece problemático na medida em que sugere que as observações são neutras, objetivas e isentas de pressupostos teóricos.

Numa postura mais radical Paul Feyerabend (1924-1994) afirma que existe uma pluralidade de métodos. No seu livro contra o método ele afirma que: “unanimidade de opinião pode ser adequada para uma igreja, para as vítimas temerosas ou ambiciosas de algum mito (antigo ou moderno) ou para os fracos e conformados seguidores de algum tirano” (FEYERABEND, 1977, p.57).

### **É possível uma teoria se transformar em lei.**

Para um professor, *quando uma teoria é comprovada experimentalmente ela torna-se uma lei física* (EA).

Leis e teorias assumem funções diferentes na ciência e uma não se transforma na outra. Enquanto as leis descrevem uma regularidade observada na natureza, a teoria propõe uma explicação para os fenômenos (FERREIRA e MARTINS, 2008).

#### 7.4- Análise do planejamento dos professores sobre o tema máquinas simples

Na terceira questão do estudo de caso 3 solicitou-se aos professores que respondessem a questão: Conhecendo algumas das contribuições ao entendimento das máquinas simples, como a do padre Inácio Monteiro. Como você elaboraria uma aula a respeito do tema máquina simples?

A partir das respostas dos docentes emergiram unidades relacionadas a) ao uso de atividades práticas e b) história do desenvolvimento das máquinas simples.

Esses dois grupos de unidades originaram a categoria “Os professores de física do Sul do Espírito Santo e seus planejamentos de aula sobre o tema Máquinas simples”

A partir dessa categoria construímos o seguinte Metatexto:

7.4.1- Metatexto: O planejamento de aula apresentado pelos professores de física do Sul do Estado em relação ao tema máquinas simples.

Os professores elaborariam uma aula a respeito do tema máquinas simples levando instrumentos como *alicate* (AP), *roldana* (MR), *martelo e abridor de garrafas* (CM). Enfim, para explicar as máquinas simples aos seus alunos, os professores utilizariam *atividades práticas* (CS, TL) com instrumentos do *nosso dia-a-dia* (MM) para despertar inicialmente o *interesse dos alunos* (CR).

Percebemos que os professores reconhecem a importância de associar as máquinas simples ao cotidiano do aluno, entendido por Pierson (1997) como um local privilegiado para a construção de significados dos conhecimentos e compreensões edificadas a partir das experiências e vivências das pessoas.

As estratégias didáticas para explicar o tema máquinas simples, na visão dos professores, envolveram o uso de atividades práticas demonstrativas e também atividades investigativas para colher os conhecimentos prévios dos alunos.

Dois professores reportaram que utilizariam *atividades práticas para levar o aluno a compreender a física* (CS, TL). Outro professor comentou que *faria algumas experiências utilizando* (EA) as máquinas simples. O professor WS relatou que explicaria as máquinas simples *levando ferramentas manuais* (WS) para a sala de aula.

As respostas dos professores indicam uma preocupação em relacionar a física com o dia-a-dia através de aulas demonstrativas de experimentos; nesse caso, as máquinas simples. Porém a forma de apresentação desses instrumentos se aproxima do modelo didático tradicional descrito em Porlán e Rivero (1998) porque o professor é o centro do processo de ensino aprendizagem uma vez que é ele quem apresenta os experimentos aos alunos, ao invés de sugerir sua construção ou que os alunos tragam os instrumentos de casa. As expressões “levar”, “faria” e “levando” indicam uma “valorização da assimetria do conhecimento [...] que mostram um caminho unívoco de transmissão e recepção do conhecimento” (VIGGIANO e MATTOS, 2009).

No modelo tradicional o aluno é passivo e seu conhecimento prévio sobre o assunto não é considerado.

Encontramos também planejamentos dos professores que foram construídos para avaliar as idéias prévias dos alunos:

- 1) Escreva com suas palavras o que é uma máquina simples.
- 2) A alavanca pode ser considerada uma máquina simples?
- 3) Faça um esquema para cada alavanca escrevendo os nomes de cada componente da alavanca.
- 4) Escreva dois exemplos para cada alavanca
- 5) Apresentar para os colegas pelo menos uma alavanca do nosso dia-a-dia explicando o seu funcionamento como uma máquina simples (MM).

- 1) Antes de iniciar a aula sobre alavancas, pediria aos alunos que pesquisassem sobre as alavancas
- 2) Demonstração prática de máquinas simples coletadas pelos alunos (martelo, alicate, abridor de garrafas), mostrando onde se dá o apoio e a ação das forças potente e resistente
- (3) exposição oral e resolução de problemas sobre as máquinas simples (CM)

Percebemos que a valorização do conhecimento prévio do discente aparece no planejamento do professor ao sugerir que o aluno escrevesse com suas palavras a definição de máquinas simples e que pesquisasse sobre as alavancas.

A valorização do conhecimento prévio do discente é uma característica do modelo investigativo de Pórlan e Rivero (1998) porque incentiva a participação dos alunos e permite identificar as dificuldades dos alunos e promover reflexões sobre a construção do conhecimento dos estudantes.

Uma professora iniciaria sua aula mostrando o *desenvolvimento histórico das máquinas simples* (AM) e a *contribuição de Inácio Monteiro* (AM). Logo em seguida a professora explicaria *os conceitos físicos* (AM) envolvidos nas máquinas simples.

Percebe-se que a professora AM prioriza a história da ciência em seu planejamento. Para Martins (2007) o uso da história e da filosofia da ciência no ensino é importante porque a) mostra o desenvolvimento histórico da ciência, como ela realmente evoluiu, como ela é feita; b) ajuda a entender melhor os conteúdos, a origem dos conceitos; c) facilita o aprendizado das leis, princípios e conceitos; d) dá sentido ao conhecimento, contextualiza-o; e) ajuda a despertar a curiosidade dos alunos e o seu interesse pela ciência; é interessante; f) torna o ensino mais prazeroso g) contribui para desmistificar a ciência, mostrando erros dos grandes pensadores; h) contribui para uma “visão crítica”, i) mostra a importância da ciência na sociedade; j) faz parte da cultura; h) Ajuda a mostrar semelhanças entre as idéias históricas e as concepções (alternativas) dos alunos e g) contribui para a interdisciplinaridade.

A professora AM relatou que abordaria em suas aulas a contribuição de Ignácio Monteiro. A contribuição desse jesuíta para a física foi a obra *Compêndio dos Elementos de Matemática*, escrita em 1754. Este livro explica o funcionamento das máquinas simples entendida como “[...] aquela que somente é formada por um corpo, como a alavanca, ou pela associação de poucos corpos como, a roda com seu eixo” (MONTEIRO, 1754, p. 259-tradução nossa).

#### 7.4.2- Reflexões sobre o planejamento dos professores sobre o tema máquinas simples.

Os professores apresentaram o mesmo planejamento na 1ª e na 3ª etapa do estudo de caso. Nove dos dez professores apresentaram planejamentos associados ao uso de experimentos na sala de aula, procurando relacionar as máquinas simples ao cotidiano do aluno. Uma professora ressaltou que começaria explicando a contribuição do padre Ignácio Monteiro no ensino de Máquinas Simples.

Acreditamos que os excertos sobre as máquinas simples do Padre Ignácio Monteiro precisa sofrer adaptações antes de ser usado com alunos do Ensino Médio.

Uma alternativa seria atualizar o vocabulário que está em português antigo para o português atual.

Outra maneira seria construir narrativas históricas (textos histórico- pedagógicos) baseadas nos trechos da obra desse jesuíta com o objetivo de facilitar sua leitura do aluno. Segundo Drummond *et al* (2015), a construção das narrativas históricas precisa levar em consideração vários aspectos como a extensão e profundidade dos textos, quantidades de informações contempladas, a falta de pré- requisitos dos estudantes em relação aos conhecimentos históricos, filosóficos e conceituais e a preparação do professor para utilizar esse material.

#### 7.5- Análise do fórum da aula 7.

Apresentamos aos professores o seguinte enunciado do fórum para o estudo de caso 3:

Olá colegas coloque aqui comentários sobre o texto: “Entre os antigos e os modernos: as querelas sobre o ensino de ciências que antecederam a reforma pombalina da Universidade” **IMPORTANTE:** para garantir a pontuação desse fórum, você deve postar seu comentário e interagir/dialogar com as idéias de pelo menos um dos outros participantes do curso. Para isso você vai interagir com os argumentos propostos reconstruindo-os, ampliando-os, num exercício de integrar as suas próprias idéias com as do seu colega seja por contraposição, por inclusão, etc.

Quadro 12- Enunciado do fórum para o estudo de caso 3

Em seguida pedimos aos docentes que destacassem elementos do texto “Entre os antigos e os modernos: as querelas sobre o ensino de ciências que antecederam a reforma pombalina da Universidade”, escrito por Azevedo (2011) que comprovassem a relação entre o desenvolvimento científico a aspectos sociais, econômicos, religiosos ou artísticos (caso existissem). Posteriormente perguntou-se aos professores se eles consideravam que o desenvolvimento científico ocorrera sem controvérsias. Sugeriu-se ainda que os docentes apresentassem exemplos de controvérsias científicas de acordo com o texto, caso houvesse.

A seguir apresentamos a discussão realizada pelos professores no fórum. Os professores estão identificados por um código para ocultar suas identidades.

*-Gostei muito do texto, pois acho que essa controvérsia entre "antigos" e "modernos" existe até hoje, e sempre vai continuar. Se não acontece mais, hoje em dia, com o debate sobre quem está certo, Aristóteles ou Newton e Descartes, ainda acontece com o uso de experimentos para o ensino da Física, pois conheço alguns professores que ainda hoje, desprezam a experimentação e são a favor da decoreba de fórmulas e resolução de exercícios. Adorei a parte do texto que falava sobre tornar as aulas de Física mais atraentes para os alunos, para que eles não deixassem o Colégio. Isso não lhe parece familiar hoje em dia, caros colegas professores? (MR)*

*- Com certeza, nos é muito familiar! (AM)*

*- Podemos observar no texto, MR, que os Jesuítas não desconheciam, nem tão pouco eram indiferentes, às novidades de âmbito científico. A errada interpretação dos seus textos bíblicos, que eram a base das doutrinas difundidas, motivo de indeferimentos ao desenvolvimento científico.*

*- Este curso de História da Ciência no Ensino da Física vem atender nossos anseios de tornar nossas aulas mais atraentes para fazer com que nossos alunos se tornem mais interessados no estudo da Física e descobriram que Física não é apenas decorar fórmulas e resolver problemas numéricos, mas que antes tem que haver todo um aprendizado contextual para entender a Física no nosso dia a dia (EA)*

*- Com certeza MR, muito familiar! (TL)*

*- Gostei muito do texto, nele podemos viajar no tempo, fazendo com que nos faça repensar nossos métodos de ensino. Além de mostrar o envolvimento da religião com o ensino e a experimentação nessa época. (AM)*

*- AM, assim como o Jesuíta Inácio Monteiro, mesmo nos dias atuais devemos estar atentos às teorias não admitidas por nós. Nestas, podem ser encontradas aspectos verdadeiros e falsos. A sociedade deve reconciliar a ortodoxia da fé com a necessidade de se abrirem a novas idéias (AP).*

*- O texto vem nos mostrar como o aspecto religioso influenciou na época o ensino de Ciências, principalmente a física, onde os Jesuítas da Companhia de Jesus fazia uma interpretação baseada no Aristotelismo com uma visão bíblica não aceitando as novas interpretações advinda de Galileu, Newton, Descartes e outros, já os padres da Congregação do Oratório tinha uma visão mais moderna e a mudança culmina com a expulsão do Jesuítas pelo Marques de Pombal com uma reforma com caráter econômico e social. Hoje vemos que muitas das novas descobertas no campo da física vem atender principalmente aspectos econômicos (EA).*

*- Concordo plenamente com o colega EA como demorou a expulsão dos Jesuítas um aspecto totalmente religioso para uma nova visão em aprender a ciência como fato social ampliando assim o campo normativo das ciências (MM).*

*-Concordo com o colega, pois o texto enfatizou muito bem o domínio que a religião tinha sobre a educação, e não aceitava os avanços que vinham ocorrendo (TL).*

*- O texto por sinal muito interessante apresenta o que envolve e envolve a história da ciência. O antigo e o novo, que por ano, séculos... vem sofrendo mudanças e mais importante, o aprimoramento das descobertas, que fornece as informações as técnicas científicas. Também nos permite, compreender que o homem evolui e esta sempre buscando por algo que muitas vezes começa em sua imaginação, como um sonho (CS)*

*- As descobertas científicas vivenciadas no texto geravam controvérsias que afastavam da explicação do mundo dada pelo aristotelismo, proporcionando nova visão ao desenvolvimento científico da época (AP).*

*- Achei o texto muito interessante pois desconhecia todos esses embates do Século XVIII entre antigos e imodernos. O texto também reforça que um avanço tecnológico, para conseguir chegar nesse avanço, precisou passar pelas antigas teorias e experimentações, logo, um completa o outro. (TL)*

A partir das respostas dos professores no fórum construímos o seguinte metatexto:

7.5.1- Metatexto: O entendimento dos professores de física do Sul do Espírito Santo em relação às controvérsias do ensino português do século XVIII.

As respostas dos professores apresentaram elementos que justificassem as querelas entre os padres jesuítas (considerados antigos) e os oratorianos (considerados modernos) em Portugal no século XVIII. As controvérsias reportadas pelos professores dizem respeito a influência de aspectos religiosos na educação portuguesa e, também ao uso dos experimentos nas aulas de ciências daquele País naquela época.

Os professores destacaram o *envolvimento da religião com o ensino* (AM) em Portugal. Os padres *da Companhia de Jesus* (EA) interpretavam o mundo segundo as concepções Aristotélicas enquanto que *os padres da congregação do Oratório tinham uma visão mais moderna* (EA).

Enquanto os antigos buscavam ajustar a interpretação dos fatos da natureza aos dogmas previamente aceitos, os modernos respeitavam os princípios inalteráveis da igreja católica como verdades absolutas, todavia procuravam distanciar-se deles sem os desprezar, quando questionavam a natureza através da experiência (AZEVEDO, 2011, p.120)

Na primeira metade do século XVIII “os jesuítas manifestavam um quase completo domínio sobre a cultura e o ensino de Portugal” (AZEVEDO, 2011, p.120).

Segundo Azevedo (2011), apesar dos avanços tecnológicos provenientes da revolução científica, o ensino em Portugal ministrado pela maioria dos jesuítas ainda era predominantemente escolástico sendo, portanto muitas vezes explicado através de especulações metafísicas. Assim:

A poderosa Companhia de Jesus, desde sua fundação em 1541, adotou como um de seus princípios de ação a disputa intelectual contra os protestantes e contra os “desvios” religiosos. Com isso, os jesuítas se deram a pesada tarefa da missionação, da formação cultural e da educação daquela parcela da juventude com possibilidades de enfrentar os debates mais intensos (CAMENIETZKI, 2005).

Os padres oratorianos tinham interesse em mudar o cenário das aulas em Portugal e eram favoráveis à utilização de atividades experimentais nas aulas de ciências, para, a partir delas, construir uma explicação racional para os fenômenos da natureza.

Embora a maioria dos padres jesuítas *não aceitasse os avanços que vinham acontecendo* (TL), provenientes da revolução científica, o padre Jesuíta Inácio Monteiro tinha idéias que convergiam com o pensamento dos Oratorianos. Para Inácio Monteiro “a natureza é estudada “pela observação e pelo cálculo” (MONTEIRO, 1754 apud AZEVEDO, 2011, p.122). Nesse sentido “não existia generalizações que afirmem a existência de um fosso

absoluto entre Jesuítas e Oratorianos” (AZEVEDO, 2011, p. 121) no que tange as explicações racionais dos fenômenos da natureza. Alguns Jesuítas até defendiam o uso de experimentos em sala de aula como forma de atrair o interesse dos alunos:

Se deixarmos a parte amena da Física<sup>20</sup> e nos encerramos nas especulações metafísicas, afugentaremos de nossas escolas os estudantes, que já costumam queixar-se de que dirigimos todo o estudo de Filosofia exclusivamente à Teologia especulativa [...] (CARVALHO, 1986 apud AZEVEDO, 2011, p.124)

Influenciados positivamente pela leitura do artigo escrito por Azevedo (2011), uma professora relatou que adorou *a parte do texto que falava sobre tornar as aulas de Física mais atraentes para os alunos, para que eles não deixassem o Colégio* (MR), ela se referia à importância dos experimentos na sala de aula para evitar a evasão dos estudantes. Para essa professora a controvérsia entre o uso ou não de experimentos na sala de aula, ainda ocorre nos dias atuais, pois *alguns professores desprezam a experimentação e são a favor da decoreba de fórmulas e resolução de exercícios* (MR).

Acreditamos que o debate atual sobre a utilização do experimento de física não se debruça mais sobre dogmas religiosos, como no século XVIII, e muito menos sobre a importância do ensino experimental. Os embates atuais ocorrem sobre os obstáculos enfrentados pelos professores para utilizarem aulas práticas de física no ensino médio. Segundo Oliveira e Castilho (2010) os professores até reconhecem a importância das aulas experimentais, porém não dispõem de tempo para elaboração e montagem dos equipamentos e não tem apoio financeiro e logístico das escolas para a capacitação permanente. Os autores comentam ainda, que são muito incipientes as políticas públicas para capacitar os docentes a utilizarem experimentos na sala de aula.

A forma de abordagem desses experimentos ainda continua sendo objeto de investigação. Acredita-se, no entanto, que a estratégia adequada para ensinar com experimentos deve transcender aulas demonstrativas para simples verificação das teorias. Uma abordagem mais adequada e que converge com as tendências modernas da pesquisa em ensino de física utiliza o experimento “com uma postura realista crítica, tratando as teorias como modelos e os experimentos como instrumentos didáticos auxiliares no processo de problematização dos conteúdos em sala de aula” (AZEVEDO *et. al.*, 2009).

---

<sup>20</sup> Para Azevedo (2011) a parte amena da física trata-se do recurso à experimentação nas aulas de Física.

### 7.5.2-Reflexões sobre as respostas dos professores no fórum do estudo de caso 3.

O fórum do estudo de caso 3 foi eficaz para a reflexão de aspectos relacionados à natureza da ciência como a influencia de aspectos religiosos na educação portuguesa e, também ao uso dos experimentos nas aulas de ciências em Portugal do século XVIII.

O fórum do estudo de caso 3 propiciou o intercâmbio de informações entre os participantes do curso. O número de vezes (frequência) que os alunos postaram seus comentários nesse fórum foi registrado no ambiente virtual e pode ser visualizado na tabela 18:

Tabela 18- Frequência das respostas dos professores no fórum do estudo de caso 3

<b>Dia da semana</b>	<b>Data- fórum estudo de caso 3</b>	<b>Aluno (frequência)- fórum estudo de caso 3</b>
Sábado	20/09/2014	MR (1)
Domingo	21/09/2014	AM (2); AP (3); EA (2); MM (2); TL (3); CS (1)
Total		14

Oito dos onze professores participaram do fórum do estudo de caso 3 com pelo menos um comentário. Os docentes que mais interagiram com os colegas nesse fórum foram os professores AP e TL com três comentários cada um. A professora MR não interagiu com os colegas, porém ela foi a primeira a postar o seu comentário, incentivando e provocando a participação dos outros professores. Veja a mensagem significativa que professora MR postou após a leitura do texto escrito por Azevedo (2011) que falava sobre a importância do ensino experimental de física na escola para evitar a evasão dos alunos das escolas de Portugal do século XVIII:

*“Adorei a parte do texto que falava sobre tornar as aulas de Física mais atraentes para os alunos, para que eles não deixassem o Colégio. Isso não lhe parece familiar hoje em dia, caros colegas professores?”(MR)*

Em seguida os professores corroboram com a mensagem postada por MR:

*-com certeza, nos é muito familiar! (AM)*

*- com certeza MR, muito familiar!!! (AP)*

Percebemos assim a influência que a professora tem com os colegas. Uma análise do perfil dessa professora, obtido através da ficha de inscrição do curso revelou que ela é uma professora experiente, com licenciatura em física e pós- graduação *latu- senso* em

planejamento educacional. Além disso, nos encontros presenciais ela se mostrou uma professora interessada em compartilhar seus conhecimentos, principalmente aqueles relacionados à história da ciência e as atividades experimentais no ensino de física.

Os professores tiveram uma semana pra postar seus comentários no fórum de estudo do estudo de caso 3. Todavia, a maior parte dos comentários (93%) ocorrera no domingo (último dia para postar as mensagens nesse fórum). Acredita-se que os professores participaram desse fórum no último dia devido à complexidade da atividade da aula 7 que envolveu o uso de fontes primárias e que, portanto, exigiu muito tempo dos professores.

## **Capítulo 8- Um estudo de caso histórico sobre o experimento de Foucault no Brasil, elaborado por uma professora que participou da pesquisa.**

Neste capítulo apresentamos os resultados da pesquisa obtidos na aula 8. Nessa aula analisamos um estudo de caso elaborado por uma professora que participou da pesquisa e um recorte de uma gravação em vídeo no qual ela mostra a sequência didática utilizada na 2ª etapa do estudo de caso. Informações adicionais sobre essa sequência didática foram obtidas através do planejamento de aula, que a professora entregou pelo ambiente virtual. As análises contidas neste capítulo culminaram na produção de um artigo científico que será publicado na revista *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, no volume 33, nº 3, 2016.

### 8.1- O desenvolvimento da aula 8.

Na aula 8 solicitamos aos docentes que planejassem uma aula com estudo de caso histórico, incluindo uma sequência didática que seria iniciada com essa estratégia de ensino. Para isso disponibilizamos no ambiente virtual alguns episódios históricos sobre a história da ciência no Brasil:

- Minas Gerais e a História do Ferromagnetismo (PIMENTEL e YAMAMURA, 2006)
- Theodoro Ramos e os primórdios da Física Moderna no Brasil (STUDART *et al.*, 2004).
- John Archibald Wheeler e a física brasileira (FREIRE Jr e BASSALO, 2008)
- A Terra Gira! 1851: A primeira experiência com o pêndulo de Foucault no Brasil (MOREIRA, 2001)
- Henrique Morize, os raios-X e os raios catódicos (MOREIRA, 2003).

Segundo Santos- Neto (2007) os episódios da história no Brasil produz uma maior valorização no que diz respeito à importância do país na produção e desenvolvimento do conhecimento científico universal, como uma ampla rede social.

Pedimos aos professores que escolhessem um desses episódios ou pesquisassem outros diferentes dos discutidos no curso para realizar a tarefa proposta nessa aula.

Os professores postaram seus estudos de caso no ambiente virtual e apresentaram presencialmente no último encontro presencial.

Os estudos de casos apresentados pelos professores foram: “O magnetismo terrestre, o funcionamento da bússola e a sua utilidade social” (AP); “A controvérsia em relação à teoria corpuscular da luz” (EA, MM); “Novas estratégias de divulgação científica e de revitalização do ensino de ciências nas Escolas: Movimentos” (CS, TL); “A energia elétrica em Mimoso do Sul” (AM, CR); “A Terra gira! 1851, a primeira experiência com o pêndulo de Foucault no Brasil (MR)”

A maioria dos professores apresentou um estudo de caso utilizando temas da sua escolha (que não estavam disponíveis na plataforma virtual). Acreditamos as escolhas estavam relacionadas com familiaridade dos professores em relação aos conteúdos de cinemática (CS, TL), óptica (EA e MM) e eletricidade com história local (AM, CR).

A professora MR escolheu um dos episódios do ambiente virtual para montar o seu estudo de caso.

Apresentaremos aqui a análise do estudo de caso escolhido pela professora MR porque ele foi o que estava mais alinhado ao referencial teórico Stinner *et al.*(2003). Em seguida mostraremos a análise do vídeo de apresentação da professora MR em que a mesma explica a sequência didática que ela pretende usar com os seus alunos do 1º ano do ensino médio.

#### 8.1.1- O Estudo de caso histórico elaborado pela professora de física MR.

##### ***A Terra gira! 1851, a primeira experiência com o pêndulo de Foucault no Brasil.***

*Desde tempos imemoriais, o homem é fascinado pelas estrelas. O físico e astrônomo norte-americano Carl Sagan disse certa vez que nosso encanto pelas estrelas é uma espécie de reconhecimento e homenagem às nossas origens, uma vez que todos os átomos que nos constituem e a tudo que nos rodeia, vieram do interior de uma estrela.*

*Os gregos da Antiguidade criaram um modelo para descrever e explicar o movimento das estrelas e dos outros astros: imaginaram que a Terra estaria fixa no centro do Universo e envolvido por uma esfera negra, incrustada de estrelas que giravam continuamente em torno da Terra – modelo geostático.*

*Embora este modelo tenha sido aceito como verdade durante muitos séculos, e aparentemente estava em acordo com os textos bíblicos, notadamente no livro de Josué, atualmente ele está abandonado. Mas a troca desse modelo por outro, o modelo heliocêntrico, não foi nada fácil.*

*Em 1600, o padre Giordano Bruno foi condenado à morte na fogueira por um Tribunal do Santo Ofício por apregoar a ideia de que a Terra se movia, em torno de seu próprio eixo e em torno do Sol.*

*Alguns anos depois, o físico italiano Galileo Galilei, que também defendia essa mesma ideia – que a Terra não é imóvel – só não foi condenado pela Inquisição por ser amigo do Papa Urbano, e também porque abjurou de suas convicções científicas acerca desse tema.*

*Mas, ainda não havia uma demonstração astronômica definitiva em favor do sistema heliocêntrico. O silêncio sobre o tema, que a Igreja Católica procurava impor, ainda limitava seriamente os debates científicos. Já em meados do século 19, os astrônomos haviam acumulado evidências numerosas da rotação da Terra.*

*Porém, faltava uma prova terrestre, uma experiência feita na Terra que pudesse demonstrar seu movimento.*

*Como a rotação da Terra é muito lenta, era difícil comprovar experimentalmente esse movimento.*

*Em 1851, o astrônomo francês Jean Bernard Leon Foucault realizou uma experiência capaz de demonstrar esse movimento de rotação da Terra: fixou, no teto do Panteon de Paris, uma corda de 67 metros, onde prendeu uma esfera de ferro de 28 quilogramas, oscilando-a como um pêndulo.*

*Este pêndulo começou a apresentar uma lenta rotação no sentido horário. Além disso, durante o movimento areia ia escorrendo da esfera, com a intenção de marcar no chão a trajetória do pêndulo.*

*O que se verificou foi que o rastro deixado pela areia não se sobrepunha um ao outro, mas sim existia um espaçamento entre um e outro a cada período do pêndulo completado.*

*Este movimento foi explicado a partir da hipótese de que a Terra gira em torno do seu próprio eixo – movimento de rotação da Terra.*

*Este experimento ficou mundialmente conhecido como o pêndulo de Foucault. Este experimento de Foucault iria cumprir um papel importante junto ao público em geral, junto às pessoas que não se dedicavam o suficiente aos estudos astronômicos para bem compreender e calcular paralaxes de estrelas e problemas semelhantes.*

*O grande papel desse experimento não foi o seu resultado propriamente dito, pois os astrônomos já estavam convencidos de que a Terra não era imóvel.*

*A explicação fornecida por Foucault era muito simples e ligava de forma clara o movimento da Terra ao movimento do pêndulo. Uma ideia genial acompanhada de uma análise simples e de um espetáculo para o público leigo.*

*A partir da divulgação dos resultados desse experimento, cientistas de várias nacionalidades passaram a reproduzi-lo.*

*Um dos primeiros a fazê-lo foi Cândido Batista de Oliveira, no Rio de Janeiro, ainda no ano de 1851, e suas publicações foram publicadas no Comptes Rendus da Academia de Ciências de Paris e também nas revistas Cosmose Poggendorff Annalen.*

*Com base no texto, convidamos você a refletir sobre as seguintes questões:*

- a) Por que o experimento de Foucault foi importante para o desenvolvimento da ciência?*
- b) Qual a importância do fato de Cândido Batista de Oliveira ter reproduzido o experimento de Foucault no Brasil, com êxito?*
- c) O movimento do pêndulo proposto por Foucault aqui no Brasil e em Paris é exatamente igual? Por quê?*

Para a análise do estudo de caso histórico elaborado pela professora MR, optamos pela categoria *a priori* “[...] quando a opção é trabalhar com categorias *a priori*, o pesquisador deriva suas categorias de seus pressupostos teóricos [...]” (MORAES e GALIAZZI 2011, p.117). Assim, a escolha pelas categorias *a priori* fundamentou-se nas orientações publicadas em Stinner *et al.* (2013, p.620). As categorias escolhidas *a priori* foram: “contexto histórico”, “o experimento e as principais idéias” e “as implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências”. As falas da professora no metatexto, que correspondem às unidades empíricas, estão em *itálico*.

#### *Metatexto- contexto histórico.*

Para Stinner *et al.* (2003), o contexto histórico apresenta as idéias científicas do período histórico e mostra como esse período está conectado ao tema de estudo.

O contexto histórico que antecedeu a primeira experiência do pêndulo de Foucault começa no primeiro parágrafo com a expressão “*Desde tempos imemoriais, o homem é fascinado pelas estrelas [...]*” e vai até o sétimo parágrafo com a palavra “[...] *movimento*”.

Usando de expressão poética, a professora escreve sobre a beleza das estrelas como forma de introduzir a concepção de mundo aristotélico no qual as estrelas fixas na esfera celeste giram em torno da terra imóvel (modelo geostático). Posteriormente, a professora comenta sobre o contexto histórico (especificamente o religioso) que antecedeu a transição do

modelo geocêntrico para o modelo heliocêntrico no qual a Terra e os demais corpos celestes estão em movimento em relação ao sol (que também é uma estrela).

Os modelos cosmológicos descritos por Ptolomeu usavam a formulação Aristotélica ao considerar a Terra *fixa no centro do Universo*. Esses modelos chamados de geostático e geocêntrico estavam coerentes com as observações de senso comum:

[...] se um corpo pesado busca com tanta urgência o seu lugar natural, é mais do que razoável supor que este ponto seja o centro do universo e não um ponto aleatório do espaço sideral. Por outro lado ao atirmos uma pedra diretamente para cima, observamos que esta sempre volta para nossas mãos. Se a terra se movesse para leste, a pedra fatalmente cairia a oeste de nossas mãos. Não é o que se observa. Assim, pela mecânica aristotélica, se a terra se movesse, deveria haver um movimento violento (e, portanto um agente externo) para fazer a pedra retornar às nossas mãos. Como vemos cair natural e verticalmente (e só pode haver um movimento de cada vez), é obrigatório, por esta concepção, acreditar-se que a terra não se move (PONCSEK, 2011, p.65-66).

Percebemos assim que os modelos cosmológicos estão relacionados com o pensamento intuitivo das pessoas. Segundo Dewitt (2005), os pressupostos de Aristóteles estão presentes nas evidências diretas de observação, porque não percebemos o movimento da Terra. Na verdade, quando você está em repouso e olha pela janela do seu quarto, percebe a Terra como se ela fosse estacionária. Assim, o entendimento dos modelos cosmológicos descritos por Aristóteles, mesmo considerados atualmente obsoletos, auxilia o professor no entendimento das concepções prévias dos discentes e reconhecimento das suas dificuldades, possibilitando ao docente trilhar caminhos para efetuar a transição entre o conhecimento de senso comum, apresentado pelo aluno, e o conhecimento científico.

Segundo a professora MR os gregos da antiguidade consideravam que o universo era *envolvido por uma esfera negra, incrustada de estrelas que giravam continuamente em torno da Terra*. Os corpos celestes se encontravam fixos em esferas concêntricas:

[...] todos os corpos celestes estavam presos a esferas cristalinas. A primeira era a da lua, e a última, a das estrelas fixas. O universo dessa forma concebido era finito, limitado e eterno, sem uma origem. Além do limite das estrelas fixas não havia nada, nem mesmo lugar, visto que, para Aristóteles, um lugar não poderia se apresentar separado do corpo (BRAGA *et al.*, 2011 p.24)

Os corpos celestes seriam constituídos de um quinto elemento, ou “quinta essência”<sup>21</sup> e descreveriam um movimento circular e uniforme “pois como seres imutáveis e perfeitos,

---

<sup>21</sup> Na concepção de mundo aristotélica a quinta essência é o elemento éter que comporia dos corpos celestes (BRAGA *et al.* 2011, p. 21)

deveriam seguir trajetórias igualmente perfeitas (os gregos sem exceções idolatravam o círculo)” (PONCSEK, 2011, p.64)

Após o modelo geocêntrico descrito por Aristóteles/ Ptolomeu, surge o modelo heliocêntrico de Copérnico. No modelo heliocêntrico a terra se move em torno do sol que se encontra fixo; os planetas descrevem órbitas circulares e concêntricas (PONCSEK, 2011, p.72). Segundo a professora MR a troca do primeiro modelo pelo segundo *não foi nada fácil* e teve várias conseqüências. Os defensores da teoria heliocêntrica sofreram retaliações da Igreja Católica: *Giordano Bruno foi condenado à morte na fogueira por um Tribunal do Santo Ofício* enquanto que *Galileo Galilei [...] só não foi condenado pela Inquisição por ser amigo do Papa Urbano, e também porque abjurou de suas convicções científicas acerca desse tema.*

O modelo geocêntrico tinha sido adotado pela Igreja católica porque, segundo os defensores desse modelo, estavam coerentes com os textos bíblicos. A teoria de Copérnico avançava para discussões religiosas porque “o homem não estava mais situado num lugar adequado à natureza ímpar como imagem de Deus, no centro de todas as coisas, mas banido para um mero planeta entre tantos outros” (PONCSEK, 2011, p.75).

Assim, a professora MR traz no seu estudo de caso histórico exemplos de controvérsias científicas entre duas teorias. Controvérsia científica pode ser entendida “como uma disputa conduzida publicamente e mantida persistentemente, sobre um assunto de opinião considerado significativo por um número de cientistas praticantes” (NARASIMHAN, 2001, p. 299).

Para que as controvérsias científicas se transformem em uma discordância científica os cientistas devem publicar os seus trabalhos em artigos científicos, livros ou outras fontes confiáveis; como aconteceu em 1510, num curto texto manuscrito chamado *Commentariolus* e, em 1543, na obra “As Revoluções das Orbes Celestes”, no qual Nicolau Copérnico apresentou sua teoria heliostática (FERREIRA e MARTINS AULA 4, 2008), criticando a teoria aristotélica, dando início a uma duradoura controvérsia científica.

Episódios históricos controversos são importantes para o ensino porque insere o aluno no contexto da transição de uma teoria para outra. Dessa forma, o aluno entende que o processo de construção da ciência ocorre gradualmente, através de debates e críticas (MARTINS, 2006).

*Metatexto- experimento e as principais idéias*

O experimento e as principais idéias oferecem o suporte empírico do estudo de caso. No estudo de caso apresentado pela professora o pêndulo de Foucault é o experimento que a professora pretende discutir com os seus alunos.

O experimento e as principais idéias iniciam no oitavo parágrafo com a frase: *Em 1851, o astrônomo francês Jean Bernard Leon Foucault realizou uma experiência capaz de demonstrar esse movimento de rotação da Terra [...]* e termina no décimo segundo parágrafo com a frase “[...] *pêndulo de Foucault.*”

Após alguns séculos de debates entre os defensores das teorias geocêntrica e heliocêntrica, no ano de 1851, *o astrônomo francês Jean Bernard Leon Foucault realizou uma experiência capaz de demonstrar esse movimento de rotação da Terra.* Esse experimento conhecido como pêndulo de Foucault comprovou o movimento da Terra.

O pêndulo de Foucault possui uma massa pendurada em um fio que pode oscilar livremente no plano vertical. O pêndulo oscila no plano vertical definido “podendo-se observar o movimento de precessão do plano de oscilação em torno do eixo vertical após um período de várias horas” (SYMON, 1996, p. 314).

O movimento de precessão desse plano é causado pela força de Coriolis<sup>22</sup> que é perpendicular a velocidade da massa pendurada e ao plano de oscilação. Esta força tende a torcer o plano do movimento. Quando o sentido da velocidade se altera, o sentido da força de Coriolis também se modifica.

Para um referencial no solo, o plano de oscilação do pêndulo se movimenta. No entanto, para um referencial localizado no espaço absoluto, o plano de oscilação do pêndulo de Foucault fica estático:

[...] de fato o plano de oscilação do pêndulo fica fixo no espaço, mas não em relação ao solo. Em particular, supõe-se que o plano de oscilação do pêndulo fique fixo em relação ao espaço absoluto de Newton, que é um referencial inercial. A Terra é que estaria girando com uma velocidade angular  $w_d$  em relação ao espaço absoluto [...]. Esta rotação seria ao redor do eixo Norte- Sul terrestre, no sentido anti- horário quando visto por alguém que está parado no espaço absoluto, olhando do Norte terrestre para o Sul (ASSIS, 2013, p.149).

A figura abaixo representa a Terra em movimento de rotação em relação ao espaço absoluto;  $w_p$  representa a frequência angular de rotação do pêndulo:

---

<sup>22</sup> A força de Coriolis é uma força fictícia  $\mathbf{F} = -2m\mathbf{w} \times \mathbf{v}$ , onde  $m$  representa a massa da partícula,  $\mathbf{w}$  é a velocidade angular do sistema de referência não inercial em relação ao sistema de referência inercial e  $\mathbf{v}$  é a velocidade da massa  $m$  em relação ao referencial não inercial (ASSIS 2013, p.174)

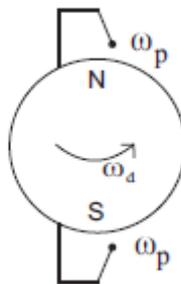


Fig. 22- Terra girando em relação ao espaço absoluto. Fonte: ASSIS (2013, p.149)

*Metatexto- as implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências.*

As implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências iniciam-se no décimo terceiro parágrafo: “*Este experimento de Foucault iria cumprir um papel importante junto ao público em geral [...]*” e termina com o questionamento proposto para os alunos no último parágrafo do estudo de caso: “*O movimento do pêndulo proposto por Foucault aqui no Brasil e em Paris e exatamente igual? Por quê?*”

Segundo Sasseron *et al.* (2013) a natureza da ciência é um dos eixos estruturantes para a alfabetização científica. Forato *et al.* (2011) explica que o aluno deve reconhecer a importância das observações, das hipóteses e das evidências experimentais na ciência, porém, deve-se evitar perpetuar a concepção visão empírico- indutivista.<sup>23</sup>

Nesse sentido, o experimento do pêndulo de Foucault ajuda o estudante a reconhecer a importância dos experimentos na ciência.

O experimento do pêndulo de Foucault permite que o aluno entenda a ciência como um empreendimento coletivo porque *a partir da divulgação dos resultados desse experimento, cientistas de várias nacionalidades passaram a reproduzi-lo*, reforçando assim “o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes” (GIL PEREZ *et al.*, 2001). Evidentemente que a questão do trabalho coletivo não se reduz apenas a “reproduzir o experimento”.

<sup>23</sup> A visão empírico- indutivista é considerada uma visão equivocada da natureza da ciência, considera que os dados emergem naturalmente da experiência e que a teoria surge destes dados por indução. Foi originalmente proposto por Francis Bacon no século XVII.

Ludwig Fleck (1896-1961) explica que a ciência é um empreendimento coletivo, porém o trabalho em equipe não acontece simplesmente pela sobreposição das contribuições individuais:

O trabalho em equipe pode apresentar duas formas: pode ser simplesmente aditivo, como, por exemplo, o levantar em comum um peso, ou pode ser um trabalho coletivo propriamente dito que consiste em criar, mediante o esforço conjunto, uma estrutura especial que não é igual à soma dos trabalhos individuais e é comparável a uma partida de futebol, a uma conversação ou o atuar de uma orquestra. Como poderia considerar-se a atuação de uma orquestra, passando por alto o significado e as regras de cooperação, como a mera soma do trabalho dos instrumentos individuais? (FLECK, 1986, p.145)

Fleck, então, caracteriza os tipos de trabalho em equipe. Mas como acontece o processo de coletivização da ciência?

Reis (2014) comenta que a “coletivização não é somente ciência feita de forma coletiva, mas uma impossibilidade de se fazer ciência de forma individual” (REIS, 2014, p. 224). A autora mostra que principalmente a partir da segunda metade do século XX a ciência ganhou um *ethos* mais gerencial do que acadêmico devido à dependência da ciência com as atividades industriais.

Sobre a construção dos conhecimentos dos estudantes, orientamos que ela pode ser analisada através das três questões propostas do estudo de caso histórico sobre o experimento de Foucault. Seguindo os passos de resolução do estudo de caso histórico descrito em Linhares e Reis (2008) os estudantes podem expor suas concepções prévias respondendo as três questões do estudo de caso histórico. Em seguida, num segundo passo eles podem ser encaminhados para leituras, discussões, vídeos ou outras atividades que o professor desejar. Na terceira etapa, o aluno responderá novamente as questões iniciais, o que dará um parâmetro para o professor analisar as respostas do aluno. Assim o aluno será avaliado através do modelo investigativo no qual se almeja detectar a evolução dos seus conhecimentos. O modelo investigativo permite também que o professor reflita sobre sua *práxis* docente, buscando analisar o processo de ensino de forma sistemática e possibilitando assim reformulações na sua intervenção didática (PORLÁN e RIVERO, 1998, p. 56-57).

#### 8.1.2 - Análise do vídeo da apresentação do estudo de caso histórico da professora MR.

Nesta seção, apresentamos a análise de um recorte de gravação de vídeo que registrou a sequência didática utilizada pela professora MR para explicar o experimento de Foucault. Alertamos que a sequência didática apresentada pela professora envolve uma série de

conteúdos que podem ser trabalhados no 1º ano do ensino médio tais como: queda livre, formação de imagens por lunetas, etc. Apresentamos aqui a análise dos excertos do vídeo que registraram a sequência didática que envolve apenas os conteúdos diretamente relacionados o experimento de Foucault. Algumas informações foram obtidas também do planejamento da aula da professora entregue pelo ambiente virtual.

O vídeo foi gravado no segundo encontro presencial do curso de história da ciência no ensino de física, que aconteceu no dia 04/10/2014.

A ATD aplicada nos trechos da transcrição do vídeo nos permitiu diagnosticar o aparecimento de unidades empíricas relacionadas ao procedimento para explicar o experimento de Foucault. Essas unidades empíricas deram origem a uma categoria emergente denominada: “uma sequência didática para explicar o movimento do pêndulo de Foucault nos hemisférios norte e sul”. A partir dessa categoria construímos um metatexto. As falas da professora no metatexto, que correspondem às unidades empíricas, estão em *itálico*.

8.1.2.1- Metatexto: Uma sequência didática elaborada por uma professora do Ensino Médio para explicar a o movimento do pêndulo de Foucault nos hemisférios norte e sul.

Segundo o planejamento elaborado pela professora MR, o público alvo para se aplicar a sequência didática do pêndulo de Foucault são alunos do 1º ano do Ensino Médio. As atividades envolvendo esse experimento estão programadas para as duas primeiras aulas. Nas outras três aulas a professora pretende explicar outros assuntos de astronomia que foge do escopo desse trabalho.

Na primeira aula, antes de começar a leitura do estudo de caso histórico, a professora MR relata no vídeo, que começaria desafiando o seu estudante para provar que a Terra gira:

*Eu peço que eles provem para mim, sem usar fotos, vídeos, nada disso com o que tinha lá no século XVI e XVII que a Terra gira, provar pra mim que a Terra gira. Deixo a vontade, só não pode foto, nem vídeo, que isso não existia nessa época então prova que a Terra Gira, até hoje nenhum aluno conseguiu (MR- transcrição do vídeo).*

A fala da professora nos revela o desejo dela de evitar a propagação de uma visão anacrônica da ciência, ou seja, ela quer evitar que os alunos entendam os fenômenos antigos a partir de conceitos atuais (FORATO, 2009). Assim ela sugere aos seus alunos uma explicação sobre o movimento de rotação da Terra, à luz dos conhecimentos que se tinha na época.

Após desafiar os alunos a provar que a Terra gira, a professora mostraria um vídeo sobre o pêndulo de Foucault montado no Panteão em Paris (localizado no hemisfério Norte):

*Mostraria um videozinho sobre o pêndulo de Foucault, tem até o endereço aí direitinho. Mostraria o pêndulo de Foucault, tem uma historiazinha sobre o pêndulo até ele mostrando o que tem lá em Paris tá? (MR- transcrição do vídeo).*

Ainda na primeira aula, a professora propõe uma atividade síncrona com um professor de física na Suécia (seu afilhado):

*Uma das propostas é que na mesma aula, ele por Skype mostra o pêndulo no museu em Estocolmo que fica a uns três ou quatro quarteirões da escola onde ele trabalha. Aí ele mostra o de lá e aí vai ver o daqui, na Argentina. (MR- transcrição do vídeo).*

A professora MR apresentaria aos seus alunos um vídeo que mostra o movimento do pêndulo de Foucault na Argentina para comparar com o movimento de um mesmo pêndulo localizado no museu em Estocolmo, na Suécia.

*Na Argentina agente tem (o vídeo do pêndulo de Foucault), aí ele mostra porque você vê nitidamente eles girando no sentido anti-horário e horário [...] ele se propôs a ir lá (no museu da Suécia) é só marcar a hora ele falou que leva até os alunos dele e ele faz a mesma coisa que eu tiver fazendo aqui (no Brasil), ele faz. (MR- transcrição do vídeo).*

Assim como o Brasil, a Argentina situa-se no hemisfério sul e, portanto um pêndulo de Foucault oscila nesses dois países, no mesmo sentido.

Os cálculos da velocidade angular e do período de oscilação do pêndulo de Foucault podem ser extraídos através da teoria de Coriolis, explicação contemporânea para o movimento do pêndulo de Foucault. Para este trabalho, porém, não se justifica uma comparação entre os diferentes deslocamentos angulares para diferentes latitudes<sup>24</sup>, pois se entende que essa discussão não pertence ao objeto de análise, a sequência didática proposta pela professora MR.

De acordo com o planejamento de aula apresentado pela professora MR no ambiente virtual, a leitura do estudo de caso que envolve o episódio histórico sobre o experimento de Foucault no Brasil seria realizada na 2ª aula com seus alunos do 1º ano do Ensino Médio.

Ainda de acordo com esse planejamento, os alunos da professora MR fariam uma leitura individual do estudo de caso histórico, para suscitar um debate sobre a importância do experimento feito no Brasil. Segundo Santos- Neto (2007), conhecer os experimentos realizados no Brasil permite uma maior valorização no que diz respeito à importância do país na produção e desenvolvimento do conhecimento científico universal, como uma ampla rede social.

---

<sup>24</sup> Os cálculos dos deslocamentos angulares para diferentes latitudes podem ser encontrados em Assis (2013, p.150)

## 8.2- Reflexões sobre o estudo de caso histórico elaborado pela professora MR.

Por ser uma pesquisa voltada à inclusão da história da ciência nas práticas didáticas do ensino médio, tem o mérito de sugerir e motivar o estudo de casos históricos da ciência no Brasil, colocando assim, os professores em contato com experimentos e contextos nacionais ao invés de focar apenas a ciência européia e/ou norte-americana.

As atividades propostas aos professores na aula 8 ficaram disponíveis no ambiente virtual entre os dias 15 de setembro de 2014 a 04 de outubro de 2014. Este período foi necessário para que os professores lessem outros trabalhos sobre o ensino de episódios da história da ciência no Brasil (ver, por exemplo, Hygino *et al.*, 2012 e Hygino *et al.*, 2013) e, assim, adquirir conhecimentos para montar seus estudos de caso históricos e desenvolver suas sequências didáticas.

O estudo de caso histórico apresentado pela professora MR estava alinhado com as orientações descritas em Stinner *et al.* (2003) porém, no “contexto histórico” que antecedeu o experimento de Foucault, a professora não menciona o astrônomo e matemático Nicolau Copérnico (1473- 1543) que desenvolveu a teoria heliocêntrica.

Nossa análise sobre o estudo de caso histórico da professora MR contribui para a produção de três metatextos que pode ser usado pelo professor para explicar aspectos controversos da natureza da ciência como, por exemplo, os debates provenientes entre as teorias geocêntrica e heliocêntrica. Para Sasseron (2013) o entendimento da natureza da ciência constitui um dos pilares da alfabetização científica e, para Martins (2006), o estudo da natureza da ciência auxilia a compreensão do processo de desenvolvimento do conhecimento científico como um processo que ocorre de forma lenta e gradativa, com erros, dúvidas, discussão e debates essenciais para a edificação de teorias e leis.

A professora MR aprendeu a montar um estudo de caso histórico. Acreditamos que o seu aprendizado seja reflexo da sua participação na pesquisa sobre a formação continuada em história da ciência no ensino de física. Dessa forma verificamos que a professora MR incorporou subsídios teóricos – metodológicos relacionados ao estudo de caso histórico.

A sequência didática elaborada pela professora MR contribui para o aluno não desenvolver a visão anacrônica da ciência, isto é, conforme Forato (2009), analisar o passado com as lentes do presente. Ao sugerir aos alunos para explicar o movimento da Terra à luz dos conhecimentos do século XVIII, a professora está querendo evitar tal concepção anacrônica.

Nossa análise sobre a sequência didática possibilitou produzir um metatexto que pode auxiliar o professor a elaborar outras, com outros públicos, em outros contextos.

Esperamos que a professora aplique com seus alunos a sequência didática do estudo de caso histórico sobre o experimento do pêndulo de Foucault no Brasil, porque somente a participação da professora no curso de formação continuada e a realização das tarefas propostas pelo mediador, podem não ser suficientes para promover a mudança da qualidade das aulas de física. É preciso ir a campo, trabalhar de forma empírica e analisar as vantagens e os principais obstáculos encontrados na aplicação do estudo de caso histórico com os alunos do ensino médio.

Sabemos que a estratégia do estudo de caso histórico não é suficiente para melhorar totalmente os problemas que circunscrevem o ensino de física (baixa carga horária, falta de material adequado de história da ciência, para citar alguns). Todavia, a estratégia do estudo de caso histórico contribui para um processo de ensino de física dinâmico e investigativo. A mudança no ensino de física inicia-se com as pessoas, e, se “o professor tem arraigada convicção para a mudança, ela acontece, lenta e com pequenas atitudes que, inevitavelmente, se irradiam para o macrossistema” (MASSONI e MOREIRA, 2014).

## Capítulo 9 – A avaliação do curso

Neste capítulo apresentamos a análise da avaliação do minicurso feita pelos docentes que participaram da pesquisa. Para coletar as respostas dos professores aplicamos um questionário final com nove questões dissertativas e que foi respondido por sete participantes no último encontro presencial que aconteceu no dia 04/10/2014. O objetivo foi avaliar as impressões dos professores sobre alguns aspectos abordados no minicurso. As respostas foram analisadas através da análise textual discursiva.

### 9.1- Análise do questionário.

Apareceram nas respostas dos professores unidades empíricas relacionadas à abordagem dos conteúdos programáticos, à estratégia de ensino e recursos didáticos utilizados, aos métodos avaliativos e o prazo de entrega das atividades, a interação do pesquisador no ambiente virtual, ao planejamento de uma aula de história da ciência e, a auto-avaliação do docente e seu nível de satisfação em relação ao curso.

A partir desse conjunto de unidades emergiram duas categorias:

#### **Categoria 1: Unidades referentes ao planejamento e implementação das aulas.**

Pertencem à categoria 1 as unidades empíricas extraídas das questões de um a cinco do questionário aplicado aos professores. Essas questões estavam relacionadas as à abordagem dos conteúdos programáticos, à estratégia de ensino e recursos didáticos utilizados, aos métodos avaliativos e o prazo de entrega das atividades

#### **Categoria 2: Unidades referentes à interação no ambiente virtual, à prática docente e ao nível de satisfação dos professores com o curso .**

Pertencem à categoria 2 as unidades empíricas extraídas das questões de seis a nove. Essas questões estavam relacionadas à interação do mediador no ambiente virtual, ao planejamento de uma aula de história da ciência e, à auto-avaliação do docente e seu nível de satisfação em relação ao curso

A análise foi comunicada através de dois metatextos que buscou relacionar as unidades empíricas (as respostas dos professores) com as unidades teóricas (unidades extraídas da literatura).

Não era necessária a identificação do professor no questionário, esse procedimento foi feito para que os professores tivessem mais liberdade em escrever suas impressões sobre o curso. As respostas dos professores no metatexto estão em *itálico*.

9.1.1- Metatexto 1: As impressões dos professores de física em relação ao planejamento e implementação das aulas.

A primeira questão visava verificar as impressões dos docentes em relação aos conteúdos programáticos de história da ciência trabalhados no curso. Todos os professores responderam que os conteúdos priorizados contribuíram para o aprendizado deles. As justificativas mais expressivas apresentadas pelos professores foram que os conteúdos trabalhados no curso:

a) Promoveu *a integração entre as disciplinas de física e história* o que proporcionaria seu aluno do ensino médio *aulas mais dinâmicas e significativas*. A interdisciplinaridade é uma alternativa para promover uma aliança entre diferentes conteúdos com o objetivo de “produzir uma visão menos mutiladora do real” (GIUSTA, 2000, p.2). No entanto a conexão entre esses conteúdos não pode ficar no plano superficial porque não “atingem o fundo das coisas” (JAPIASSU, 1976, p.31). A história da ciência pode ser um caminho para a conexão profunda entre os conteúdos provenientes das diferentes disciplinas. Pode-se, por exemplo, explicar a revolução industrial relacionando conteúdos de física, história, arte, economia, etc.

b) Incentivou a *leitura* sobre a história da ciência

A segunda etapa para solução de um estudo de caso histórico descrita em Reis e Linhares (2011) incentiva não somente a leitura de textos da história da ciência, mas também a elaboração de resenhas ou outras atividades que o pesquisador desejar realizar.

c) Proporcionou a aquisição de argumentos para convencer a *pedagoga* da escola onde o professor trabalha de que a história da ciência *não é perda de tempo*. Percebe-se na fala do professor a revelação de um conflito com a pedagoga. Esse conflito tem origem no final da década de 1960. Segundo Brabo e Sousa (2004) com a reformulação dos cursos de licenciatura e pedagogia das universidades do Brasil, que passaram a formar especialistas que a escola precisava, os pedagogos que não estavam envolvidos diretamente com as atividades docentes passaram a controlar os professores, colaborando para uma redução do Status profissional do professor. A interferência acrítica do pedagogo na sala de aula limita a autonomia do trabalho do professor.

A segunda questão visava colher a avaliação dos professores em relação à importância da estratégia de ensino (estudo de caso histórico) para a prática docente deles. Novamente todos os professores responderam que a estratégia do estudo de caso histórico está

adequada para as suas necessidades profissionais. Os comentários expressivos apresentados pelos professores foram que: a despeito de algumas dificuldades de adaptação inicial ao método eles já *conseguem aplicar na sala de aula*; os estudos de caso *são bons textos para reflexão* e apresenta *contextualização histórica* dos conteúdos de física. Outro comentário importante foi o de uma professora ao relatar que a filha dela, que é secretária em um hospital revelou que o estudo de caso é uma prática corriqueira no trabalho: *Em conversa com minha filha vi que o mesmo (o método do estudo de caso) é utilizada no serviço dela, secretária no hospital infantil.*

O método de Estudos de Caso é baseado no método de Aprendizado Centrado em Problemas, que também é conhecido como *Problem Based Learning* (Aprendizado Baseado em Problemas – PBL). O PBL originou-se na Escola de Medicina da Universidade de McMaster no Canadá e logo obteve sua crescente por diversas faculdades de medicina (SÁ e QUEIROZ, 2009, p. 11).

A terceira questão buscou avaliar as impressões dos professores sobre os recursos didáticos trabalhados no curso para o aprendizado do docente e também para a aplicação em sala de aula. Todos os professores concordaram que os recursos didáticos utilizados no ambiente virtual (simulação, fontes primárias, questionários, vídeos, slides, textos, fóruns) estavam adequados para o aprendizado deles, porém dois professores (28%) relataram que seria complicado usar simulações com seus alunos do ensino médio devido às dificuldades *de acesso à internet* nas escolas em que lecionam. É importante observar que tão preocupante quanto os problemas de conexões com a rede de computadores nas escolas é a adoção acrítica das simulações. A simulação deve ser usada com cautela no ambiente educacional porque elas são “baseadas em modelos que contém necessariamente simplificações e aproximações da realidade” (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002).

Outros dois professores (28%) responderam que os textos apresentados no ambiente virtual pode ser um obstáculo para a utilização na sala de aula porque os alunos têm *resistência à leitura*.

Os textos apresentados no ambiente virtual foram construídos para trabalhar com professores de física em exercício e talvez necessite de adaptações para que os alunos do ensino médio superem essa resistência à leitura. Uma alternativa para melhorar o interesse dos alunos é trazer na 2ª etapa do estudo de caso informações curtas sobre a vida pessoal dos cientistas sem estabelecer (inicialmente), conforme Seker e Guney (2011), conexões com o conteúdo da ciência ou sobre a natureza da ciência. O professor pode trabalhar com os estudantes pequenos textos que retratem, por exemplo, a biografia de Newton como o

episódio da morada dele na casa da sua avó quando o seu pai morreu e a sua mãe o abandonou para se casar novamente.

A quarta questão pretendeu colher as respostas dos professores sobre os métodos avaliativos utilizado pelo pesquisador no ambiente virtual. Todos os professores relataram que a avaliação contribuiu para mensurar a evolução do conhecimento deles. As justificativas mais significativas apresentadas por eles foram sobre a eficácia da estratégia do estudo de caso histórico como instrumento avaliativo. Para os professores essa estratégia permitiu resgatar o *conhecimento prévio* deles e posteriormente analisar a construção do conhecimento deles. O conhecimento prévio dos docentes “indicará a concepção do aprendiz em relação a uma questão” (Reis e Linhares, 2008). Essas concepções iniciais dos professores foram obtidas durante a primeira etapa dos estudos de caso históricos. Após as leituras e execução de outras atividades o professor poderá voltar as suas questões iniciais da primeira etapa, tendo a oportunidade de refazê-las, se achar conveniente.

A quinta questão visava descobrir se o prazo de entrega das atividades foi adequado. Quatro professores (57%) acharam que o prazo para a entrega das atividades foi *adequado*, enquanto que três professores (43%) acharam que o curso *poderia ter um tempo maior*.

Assim, alguns professores consideraram satisfatório o prazo de entrega das atividades, outros não. Segundo Gatti (2008) a educação à distância permite ao aluno “estudar nas horas que se dispõem, não precisando ter horários fixos, o que permitiria compatibilização com diversos tipos de jornadas de trabalho” (GATTI, 2008 p.5). Acredita-se, portanto que o prazo para a entrega das atividades foi adequado porque o minicurso foi realizado na modalidade do ensino à distância, sendo, portanto, uma opção para auxiliar o docente na busca de sua qualificação profissional, permitindo transpor algumas dificuldades relacionadas ao tempo e ao deslocamento dos participantes da pesquisa. Isso também foi constatado, pois este prazo foi considerado satisfatório para a maioria dos professores.

9.1.2- Metatexto 2: As impressões dos professores de física sobre a interação no ambiente virtual, suas *práxis* e seus níveis de satisfação com as aulas.

A sexta questão tinha como objetivo verificar a auto-avaliação da aprendizagem do professor em relação à participação e a interação com os colegas. Quatro professores (57%) relataram *interagiram pouco com os colegas*, dois professores (28%), relataram que interagiram satisfatoriamente, porém, *poderia ter interagido mais* visto que o *grupos tem muito a trocar as experiências e práticas na sala de aula*. Os professores disseram que *a falta de tempo* durante a semana contribuiu para a baixa *interação* com os colegas. Um professor

(14%) disse que a *troca de experiências foi positiva*, revelando implicitamente que interagiu bem com os colegas.

A interação entre os professores era exigida apenas nos fóruns de discussão, porque o curso também teve atividades individuais. Um fórum é um “elemento assíncrono de envio de mensagens em rede, destinadas, na maioria das vezes, a um grupo de pessoas habilitadas ao acesso das mesmas [...]” (OLIVEIRA, 2005). O professor WS, com três comentários, foi quem mais participou do fórum 1 enquanto que a professora MM foi quem mais participou do fórum 2 (com três comentários). A interação entre os professores no fórum é importante e foi incentivada pelo pesquisador. Todavia, não é somente o número de mensagens postadas que foi avaliada e sim, a qualidade dessa mensagem. A professora MR, por exemplo, não interagiu muito com os colegas; mas na maioria das vezes era a primeira a postar um comentário incentivando os outros professores a participarem das discussões. O número de comentários postados pelos docentes foi suficiente para essa pesquisa na formação continuada.

A questão sete visava avaliar as impressões dos professores sobre a interação do pesquisador com eles no ambiente virtual. Dois professores (28%) responderam que a interação foi ótima, dois professores (28%) disseram que a interação do pesquisador com eles foi muito boa, dois (28%) foi boa e apenas um (14%) disse que foi razoável. Os professores disseram que o pesquisador esteve *sempre comentando as questões e tirando dúvidas* não somente *na plataforma, mas também por email*. Relataram ainda que o pesquisador fora flexível em relação a alguns prazos, compreendendo assim, as *dificuldades da rotina docente*. Um professor, no entanto, revelou que sentiu falta de alguns *comentários na avaliação*. Acredita-se que essa reclamação tenha ocorrido principalmente com as atividades referentes à primeira etapa do estudo de caso. Essa etapa existe para colher os conhecimentos prévios dos docentes e não há necessidade da intervenção do pesquisador.

Na questão oito solicitamos aos professores que descrevessem como seria um planejamento de aula com a história da ciência. Ele não precisava detalhar a sequência didática como foi feito na Aula 8 bastava relatar, em poucas linhas, como seria uma aula de história da ciência. Queríamos saber se eles reportariam ao modelo de ensino investigativo utilizado nesse curso. Quatro (57%) dos professores descreveram implicitamente que usaria o modelo de ensino investigativo, sabemos disso porque os professores disseram que iniciaria a aula com um estudo de caso, *onde colheria o senso comum do aluno* a respeito de determinado *assunto* (1ª etapa do estudo de caso) e depois a partir de algumas leituras,

*questionamentos e experimentos* (2ª etapa do estudo de caso) comparava *as idéias que se tinha com a idéia atual* (3ª etapa do estudo de caso)

Assim, as etapas do planejamento descritas pelos quatro professores estão de acordo com o modelo de ensino investigativo de Pórlan e Rivero (1998) que propõe um modelo de ensino no qual tanto alunos quanto professores exercem um papel ativo. Enfatizam-se as situações-problema que exigem dos alunos posturas investigativas, nas quais, devem elaborar hipóteses e propor soluções.

Na visão de três professores (43%), a história da ciência deve ser utilizada na sala de aula quando o professor pretende: a) *introduzir um novo conceito* mostrando como esse conceito foi construído b) *despertar o conhecimento teórico da disciplina* c) *mostrar os fatos que ocorriam na época*.

Para esses três professores a história da ciência pode ser explicada através de um modelo mais tradicional, com aulas expositivas, porque não relataram que usariam instrumentos para obter os conhecimentos prévios dos alunos e analisar a construção do conhecimento desses discentes. É importante salientar, no entanto, a iniciativa desses professores para trazer a história da ciência na sala de aula porque muitas vezes os conceitos de física transmitidos aos alunos são apromáticos e ahistóricos, ou seja, os conhecimentos científicos são explicados, conforme alerta Gil Pérez, *et al* (2001), como produtos acabados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem e a sua evolução.

Para Martins (2007) o uso da história e da filosofia da ciência no ensino é importante porque a) ajuda a entender melhor os conteúdos, a origem dos conceitos; b) facilita o aprendizado das leis, princípios e conceitos; c) dá sentido ao conhecimento, contextualiza-o; d) ajuda a despertar a curiosidade dos alunos e o seu interesse pela ciência; é interessante; e) torna o ensino mais prazeroso f) contribui para desmistificar a ciência, mostrando erros dos grandes pensadores; g) contribui para uma “visão crítica”, h) mostra a importância da ciência na sociedade; i) faz parte da cultura; j) Ajuda a mostrar semelhanças entre as idéias históricas e as concepções (alternativas) dos alunos e k) contribui para a interdisciplinaridade.

Percebemos assim uma cumplicidade entre as respostas dos sete professores obtidas na pesquisa e algumas idéias descritas em Martins (2007), sobre a relevância da história e filosofia da ciência no ensino.

Na questão nove sugerimos aos professores que descrevessem o nível de satisfação deles em relação ao curso de formação continuada à distância de história da ciência no ensino de física. Três professores (43%) disseram que ficaram muito satisfeitos com o curso e quatro

docentes (57%) disseram que ficaram satisfeitos. Esses últimos apontaram algumas sugestões para melhorá-lo: requisitaram a presença de *algumas vídeo-aulas* e sugeriram que à *carga horária* do curso poderia ser maior.

A requisição sobre a utilização de vídeos- aula nos parece pertinente pelos menos até certo ponto.

O minicurso não tinha vídeo- aulas. Sabe-se que a utilização de “temas específicos do planejamento do professor por meio de vídeo-aulas pode tornar o assunto abordado atraente” (MENEZES JÚNIOR, 2013, p.17), podendo servir também para reduzir a distância geográfica existente entre os participantes da pesquisa, uma vez que o minicurso foi ministrado na modalidade do ensino à distância.

A opção por não utilizar vídeo-aula no minicurso ocorreu por três motivos: a) o minicurso teve dois encontros presenciais, o que propiciou um contato mais próximo entre o pesquisador e os professores, diminuindo a distância geográfica entre o pesquisador e o professor b) o IFES- Campus Cachoeiro de Itapemirim não dispõe de infra-estrutura física para a gravação das vídeo-aulas; c) o terceiro motivo, de cunho pedagógico, diz respeito ao modelo de ensino utilizado no minicurso. Ele foi construído através de um modelo investigativo, onde os professores tiveram a oportunidades de refazer suas idéias prévias obtidas na 1ª etapa do estudo de caso histórico. Assim acreditamos que as vídeos- aulas reforçariam a passividade dos professores.

Sobre a carga horária do minicurso, uma professora relatou queo problema não foi o tempo do curso, é “*nossa vida como professores é que está com o tempo livre cada vez mais curto para a formação*”. Nesse sentido a formação continuada a distância representou uma alternativa eficaz para “transpor dificuldades de tempo e espaço [...], características que podem representar soluções importantespara professores que enfrentamcondições profissionais pouco favoráveis à formação continuada” (REZENDE e OSTERMANN, 2004). O minicurso, com 80 horas<sup>25</sup> de duração foi ministrado durante dois meses. Acredita-se que esse tempo foi suficiente para a participação do professor nas atividades dessa pesquisa.

---

<sup>25</sup>Na educação a distância a carga horária representa o tempo mínimo de estudo dedicado a cada disciplina. Para esse curso tivemos 16 horas presenciais e 64 horas à distância

## Capítulo 10 – Síntese dos resultados da pesquisa e considerações finais.

### 10.1 - Síntese dos resultados da pesquisa

Os professores reconheceram que o minicurso promoveu a integração entre as disciplinas de física e história e incentivou a leitura sobre a história da ciência.

A maioria dos professores considerou que o prazo de entrega das atividades foi adequado.

A pesquisa contribuiu para a construção do conhecimento dos professores em relação: aos fatores que influenciam o movimento do pêndulo, tais como latitude, comprimento, aceleração gravitacional; ao funcionamento das alavancas; aos aspectos da natureza da ciência, como a dependência social, política, econômica, artística na construção de uma teoria científica, a visão coletiva da ciência, mutabilidade da ciência, dentre outros; à tópicos da cultura local, como os fatores que influenciaram o desenvolvimento da ferrovia na cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES. Além disso, os professores construíram conhecimentos sobre teorias e estratégias de ensino para a aplicação da história da ciência na sala de aula.

Nos três estudos de caso históricos apareceram respostas dos professores que relacionam o conhecimento científico à algum contexto externo. Por exemplo, no estudo de caso histórico 1 (Oscilações e medições no Brasil Colonial) os professores consideraram que o raciocínio científico se conecta com fatores sociais; no estudo de caso histórico 2 (O desenvolvimento das máquinas térmicas), os professores consideraram que o raciocínio científico se conecta com fatores externos (que inclui o fator social) e no estudo de caso histórico 3 (As máquinas simples e as controvérsias no ensino português do século XVIII), os docentes compreenderam que o processo de construção das leis e teorias relaciona com as necessidades da época.

O marco dessa visão externalista da ciência, que mostra a conexão da ciência com as necessidades da época, aconteceu no ano de 1931 quando Boris Hessen, em Londres proferiu uma palestra no II congresso de história da ciência e da Técnica mostrando que a ciência está “socialmente orientada e voltada para os interesses da classe economicamente dominante” (GOMES, 2014, p.41). Segundo esse autor, Hessen explicou que a obra de Newton (Princípios Matemáticos da Filosofia Natural) surgiu para atender as forças produtivas da época, como por exemplo, a indústria militar.

Nos três estudos de caso históricos apareceram respostas dos professores relacionadas ao caráter dinâmico e provisório do conhecimento científico.

Nos três estudos de caso históricos apareceram respostas dos professores que consideram a ciência uma atividade coletiva ou de cooperação.

Ainda considerando as visões consideradas adequadas da natureza da ciência apareceram pontos convergentes nas respostas dos professores somente nos estudos de caso 1 e 3. Em ambos os estudos de casos históricos, os professores consideraram que a teoria científica pode ser verificada experimentalmente.

As leis e teorias científicas podem ser provadas experimentalmente. Segundo a teoria geral da relatividade de Einstein, um campo gravitacional intenso como o sol seria capaz de desviar a trajetória da luz e deformar o espaço ao seu redor.

A experiência continua sendo relevante para a ciência. Segundo Freire Jr (2011, p. 295) o próprio Einstein sobre a física teórica, dissera que a experiência o auxiliou a sugerir conceitos, mas estes conceitos podem “permitir livres criações do intelecto humano que devem naturalmente passar depois pelo crivo da experiência”.

Na nossa pesquisa apareceram respostas dos professores que caracterizaram uma polarização entre as visões internalista e externalista da ciência. No entanto, segundo Shapin (2005, p.87), no final da década de 1980, os historiadores já estavam assimilando uma concepção eclética entre as concepções internalistas e externalistas da ciência. Assim, a separação entre estas duas visões ciência não fazem sentido. Concordamos que essas visões são complementares.

Sobre as visões consideradas inadequadas da natureza da ciência apareceram pontos convergentes nas respostas dos professores somente nos estudos de caso 1 e 2. Em ambos os estudos de casos emergiu a subcategoria que considera que o conhecimento científico é estático.

Para um professor que participou da pesquisa, *os conceitos envolvidos no Ciclo de Carnot não sofreram alteração* (WS). No entanto Carnot utilizava a teoria do calórico para explicar o funcionamento da máquina térmica (PIRES, 2008 p.239). Atualmente a teoria do calórico não é aceita para explicar os fenômenos térmicos.

Os três estudos de caso trabalhados contribuíram para a redução das concepções equivocadas da natureza da ciência. As nove unidades empíricas das visões consideradas inadequadas encontradas na 1ª etapa foram reduzidas para três, na 3ª etapa (ver o gráfico 3)

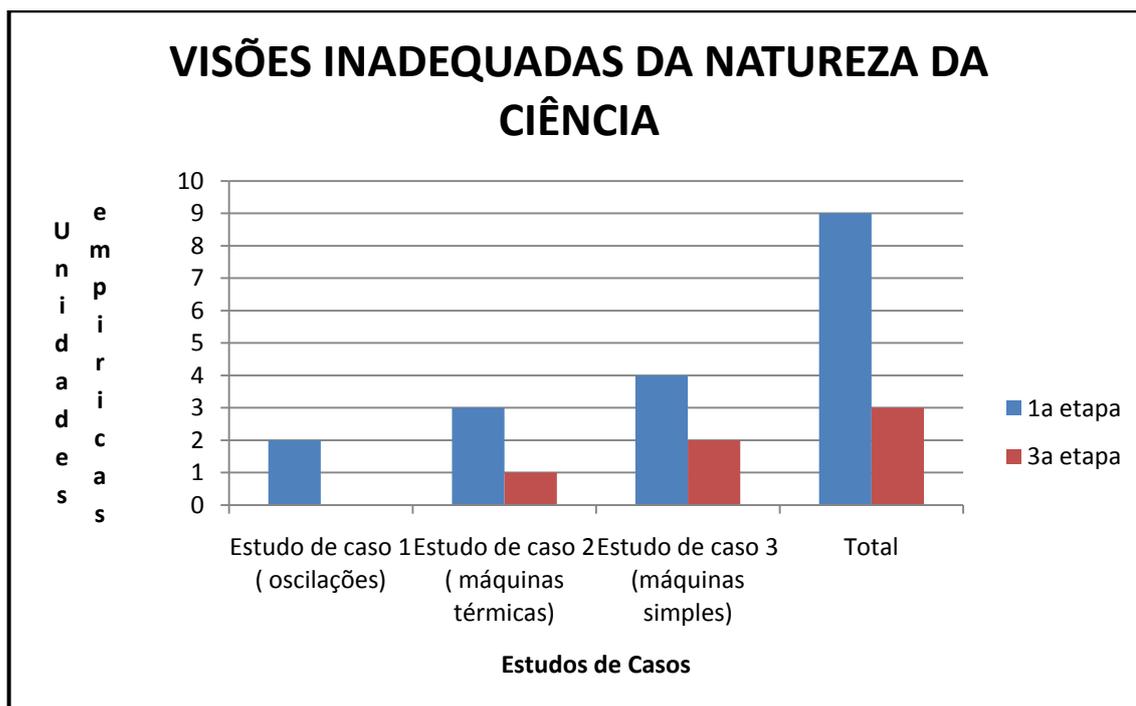


Gráfico 3: Comportamento das unidades empíricas sobre as visões inadequadas da natureza da ciência da 1ª etapa e da 3ª etapa dos estudos de casos

Sobre o aspecto do desenvolvimento da cultura local, a pesquisa propiciou uma reflexão dos professores sobre a cultura científica do Brasil e permitiu tornar a ciência mais próxima da realidade dos docentes ao tratar de um acontecimento realizado em seu próprio município (o desenvolvimento da ferrovia em Cachoeiro de Itapeirimir- ES).

Um professor de história participou da elaboração de algumas atividades da 2ª etapa do estudo de caso histórico do desenvolvimento das máquinas térmicas. As questões elaboradas por esse professor de história propiciaram um entendimento de que a micro-história representada pelos motivos da construção da ferrovia no Espírito Santo se encontra dentro de um contexto da macro-história advinda da divisão internacional do trabalho e da produção.

Observamos que os professores de física compreenderam que a construção da ferrovia em Cachoeiro do Itapemirim- ES ocorreu principalmente para escoar o café produzido nesse município para os portos do Rio de Janeiro e Vitória. Através desses portos, o café seguia para o exterior.

Os docentes planejaram uma aula com estudo de caso histórico, incluindo uma sequência didática que seria iniciada com essa estratégia de ensino.

Os professores postaram seus estudos de caso históricos no ambiente virtual e apresentaram no último encontro presencial.

A maioria dos professores apresentou um estudo de caso histórico utilizando temas da sua escolha (que não estavam disponíveis na plataforma virtual). Acreditamos as escolhas estavam relacionadas com familiaridade dos professores em relação aos conteúdos de cinemática, óptica e eletricidade com história local.

Concluimos que nossa pesquisa favoreceu a compreensão dos professores em relação aos conceitos científicos, aos aspectos da natureza da ciência e aos impactos da ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim e região. Os professores compreenderam elementos da historiografia da ciência e estratégias de ensino para utilizar a história da ciência na sala de aula.

## 10.2- Considerações finais

O foco principal do nosso trabalho consistiu em planejar, aplicar e avaliar uma proposta de formação continuada em história da ciência para professores de física do ensino médio. Ministrado na modalidade do ensino a distância para transpor dificuldades relacionadas ao tempo do professor para participar da formação, o curso buscou responder duas questões que nortearam toda pesquisa: *1) A abordagem da história da ciência na formação continuada à distância contribui para a incorporação de conceitos físicos, da natureza da ciência e de aspectos culturais? 2) A abordagem da história da ciência na formação continuada à distância contribui para a incorporação de subsídios teórico- metodológicos para a utilização em sala de aula?*

**A abordagem da história da ciência na formação continuada à distância contribui para os professores de físicas incorporarem conceitos físicos, aspectos da natureza da ciência e aspectos culturais?**

Sim.

A abordagem da história da ciência através do estudo de caso sobre as oscilações e medições no Brasil Colonial (estudo de caso 1) propiciou a incorporação dos professores em relação aos fatores que influenciam o movimento do pêndulo simples (comprimento, aceleração da gravidade e latitude). A pesquisa de Hygino e Linhares (2013) utilizou esse mesmo estudo de caso tendo como público alvo alunos da educação de jovens e adultos na formação profissional, e mostrou que os alunos citaram apenas o comprimento e a aceleração da gravidade como fatores responsáveis pelo movimento do pêndulo.

Concluímos então que nossa pesquisa contribui para que o professor associe a grandeza latitude ao movimento do pêndulo simples.

Sobre os aspectos da natureza da ciência, o estudo de caso 1 propicia a incorporação dos professores de que: a) o conhecimento científico não é estático e convergente, mas mutável e provisório, b) o conhecimento científico se conecta com fatores sociais. A pesquisa de Hygino e Linhares (2013) utilizou esse mesmo estudo de caso tendo como público alvo alunos da educação de jovens e adultos na formação profissional, e mostrou que os alunos desenvolveram a visão coletiva da ciência.

A visão de que o conhecimento sofre constantes transformações foi predominante na respostas dos professores.

O estudo de caso 1 contribuiu ainda para reduzir as concepções equivocadas da natureza da ciência. No passo final do estudo de caso não foram encontradas respostas dos professores que considerassem que a teoria emerge somente da experiência e que o conhecimento científico é estático, o que caracteriza uma diminuição dessas visões errôneas. Outras concepções equivocadas da natureza da ciência foram detectadas em Hygino e Linhares (2013) que utilizou esse mesmo estudo de caso tendo como público alvo a educação de jovens e adultos na educação profissional. O resultado mostrou que no passo final do estudo de caso não foram encontrados as concepções descritas no passo inicial (visão anacrônica da ciência, visão socialmente neutra da ciência e visão acumulativa da ciência.)

Nesse sentido nossa pesquisa realizada com professores não apresenta as mesmas concepções equivocadas da natureza da ciência descrita em Hygino e Linhares (2013), mas também contribui para reduzir visões errôneas.

A abordagem da história da ciência através do estudo de caso sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas (estudo de caso 2) não contribui para a incorporação dos conceitos relacionados à transformação adiabática. Sugerimos aos professores que calculassem a pressão final do vapor e o rendimento de uma locomotiva a vapor, considerando que o vapor efetuasse uma transformação adiabática. Os professores não conseguiram resolver corretamente essa questão. Talvez essa atividade não tenha feito muito sentido para os docentes porque eles não trabalham quantitativamente a transformação adiabática na sala de aula com seus alunos do ensino médio. Esperamos ofertar esse curso novamente e trabalhar questões qualitativas da transformação adiabática com os professores

Sobre os aspectos da natureza da ciência o estudo de caso 2 contribui para que os professores incorporem a concepção de que o raciocínio científico se conecta com fatores externos e que o conhecimento científico não é estático e convergente, mas mutável e

provisório. Também foi registrado na nossa pesquisa algumas respostas relacionadas ao caráter coletivo da ciência. A pesquisa de Alves (2012) utilizou um estudo de caso que envolvia o desenvolvimento das máquinas térmicas, tendo como público alvo alunos da licenciatura em física na educação presencial. O resultado alcançado por Alves (2012) mostrou que os alunos reconhecem a importância do trabalho coletivo e reconheceram que o conhecimento científico se conecta com aspectos sociais

Nesse sentido, nossa pesquisa corrobora com os resultados de Alves (2012) no que tange à incorporação do caráter coletivo da ciência e a influência de fatores externos ao desenvolvimento científico. No entanto, nossa pesquisa mostra que os professores incorporam também a concepção de que a ciência é dinâmica e mutável. Essa concepção não foi relatada em Alves (2012).

O estudo de caso 2 contribui ainda para reduzir as concepções equivocadas da natureza da ciência. No passo inicial do estudo de caso alguns professores relataram que o conhecimento era estático. No passo final desaparece tal concepção.

O estudo de caso 2 contribui para a incorporação de aspectos culturais. Partindo deste estudo de caso trabalhamos elementos do desenvolvimento da cultura local da cidade de Cachoeiro de Itapemirim, especificamente o desenvolvimento da ferrovia nessa cidade.

Sobre esse aspecto do desenvolvimento da cultura local, as atividades desenvolvidas a partir do estudo de caso contribuem para a reflexão dos professores sobre a cultura científica do Brasil, permite tornar a ciência mais próxima da realidade dos docentes ao tratar de um acontecimento realizado em seu próprio município. O estudo de acontecimentos locais na localidade não perde de vista “sua relação com um processo maior” (SOUSA, 2013) que, neste caso, foi a revolução industrial do século XIX.

Um professor de história participou da elaboração de algumas atividades da 2ª etapa do estudo de caso sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas. As questões elaboradas por esse professor de história propiciam um entendimento de que a micro-história representada pelos motivos da construção da ferrovia no Espírito Santo se encontra dentro de um contexto da macro-história advinda da divisão internacional do trabalho e da produção.

Através de um estudo de caso sobre o desenvolvimento das máquinas térmicas, Alves (2012) utiliza textos históricos para explicar aos alunos da licenciatura em física os impactos do desenvolvimento do barco a vapor na cidade de Campos dos Goytacazes- RJ. Os resultados encontrados pela autora mostram que os alunos entenderam a relação entre o conhecimento científico proveniente do barco a vapor e a sociedade local.

O resultado da nossa pesquisa apresenta pontos convergentes com a pesquisa de Alves (2012) porque mostra que os professores conseguiram incorporar elementos da sociedade local. Todavia, apresenta também pontos divergentes: Enquanto os alunos da licenciatura em física na pesquisa de Alves incorporaram sobre os impactos sociais do desenvolvimento do barco a vapor na cidade de Campos dos Goytacazes- RJ, os professores que participaram da nossa pesquisa incorporaram os impactos da locomotiva a vapor na cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES. Enquanto o barco a vapor em Campos foi criado para transportar principalmente cana de açúcar os professores de física que participaram da nossa pesquisa compreenderam que a construção da ferrovia em Cachoeiro do Itapemirim- ES ocorreu principalmente para escoar o café produzido nesse município para os portos do Rio de Janeiro e Vitória. Através desses portos, o café seguia para o exterior.

Esperamos que essas atividades possam ser um embrião para que o professor de física possa elaborar outras questões que transcendam os conteúdos de física, explicados muitas vezes, de forma descontextualizada da realidade do discente. Deseja-se também que as discussões aqui fomentadas, possam contribuir para a elaboração de um currículo mais flexível que ultrapasse a “perspectiva reducionista de currículo” (SOUSA, 2013) entendida por essa autora como uma lista de conteúdos a seguir mecanicamente.

Os estudos de casos 1 e 2 que utilizamos na nossa pesquisa são adaptações dos trabalhos de Hygino e Linhares (2013) e Alves (2012), respectivamente.

O estudo de caso sobre as máquinas simples e as controvérsias em torno do ensino de ciências em Portugal no século XVIII é inédito (estudo de caso 3). Ele foi construído a partir das leituras de dois materiais: a) um artigo que mostrava as controvérsias sobre o ensino das ciências que antecederam a reforma pombalina da universidade de Coimbra (Azevedo, 2011, p.119) b) um livro sobre máquinas simples do século XVIII, escrito pelo padre jesuíta Inácio Monteiro, um dos personagens responsável por essas controvérsias em Portugal.

A abordagem da história da ciência através do estudo de caso 3 contribui para que os professores associem os tipos e a classificação das alavancas, descritas do século XVIII, com os tipos e a classificação das alavancas que conhecem atualmente. Neste sentido os excertos do livro de Pe Ignácio Monteiro disponibilizados no ambiente virtual contribui para o professor entender que a alavanca interfixa, ou de 1º gênero, tem o hypomoclio entre a potência e o peso; a alavanca inter- resistente, ou de 2º gênero, tem o hypomoclio e a potência nas extremidades e o peso no meio e a alavanca interpotente, ou de 3º gênero, tem a potencia entre o hypomoclio e o peso. Para os três tipos de alavancas supracitados, o hypomoclio é o ponto de apoio, a potência é a força potente e o peso é a carga que queremos levantar.

A abordagem da história da ciência através do estudo de caso 3 contribuiu para que os professores incorporem aspectos das visões adequadas da natureza da ciência e reduzissem suas concepções inadequadas.

Sobre as concepções adequadas da natureza da ciência o estudo de caso 3 contribuiu para que os professores incorporem as concepções de que o processo de construção das leis e teorias relaciona com as necessidades da época; as leis e teorias científicas podem ser provadas experimentalmente e as leis e teorias admitem divergências de pensamento entre os cientistas.

O fórum desse estudo de caso 3 contribuiu para a discussão das controvérsias de pensamento entre os oratorianos e os jesuítas em relação ao ensino de ciências. Os padres oratorianos estavam mais alinhados com a revolução científica do século XVII e acreditavam na importância dos experimentos para o ensino. Já os padres Jesuítas eram mais tradicionais e resistentes em relação aos experimentos e queriam continuar ensinando dogmas religiosos aos seus alunos. O Padre Inácio Monteiro foi uma exceção. Embora jesuíta, ele estava alinhado também com as ideias modernas e acreditava na importância dos experimentos e das máquinas. Influenciados positivamente pela leitura do artigo escrito por Azevedo (2011), uma professora relatou que adorou *a parte do texto que falava sobre tornar as aulas de Física mais atraentes para os alunos, para que eles não deixassem o Colégio*, ela se referia à importância dos experimentos na sala de aula para evitar a evasão dos estudantes. Para essa professora a controvérsia entre o uso ou não de experimentos na sala de aula, ainda ocorre nos dias atuais, pois *alguns professores desprezam a experimentação e são a favor da decoreba de fórmulas e resolução de exercícios*.

Acreditamos que o debate atual sobre a utilização do experimento de física não se debrança mais sobre dogmas religiosos, como no século XVIII, e muito menos sobre a importância do ensino experimental. Os embates atuais ocorrem sobre os obstáculos enfrentados pelos professores para utilizarem aulas práticas de física no ensino médio.

Segundo Oliveira e Castilho (2010) os professores até reconhecem a importância das aulas experimentais, porém não dispõem de tempo para elaboração e montagem dos equipamentos e não tem apoio financeiro e logístico das escolas para a capacitação permanente.

O estudo de caso 3 contribuiu para reduzir a concepção equivocada de que leis e teorias se constroem de maneira linear e a visão inadequada de que seria possível uma teoria se transformar em lei.

**A abordagem da história da ciência na formação continuada à distância contribui para os professores de física incorporarem subsídios teóricos- metodológicos para a utilização em sala de aula?**

Sim.

A abordagem da história da ciência contribui para os professores incorporem aspectos da historiografia da história da ciência. Essa abordagem que aconteceu na 1ª aula foi embasada no material didático escrito por Ferreira e Martins (2008) e contribui para os professores de física incorporar a visão externalista da ciência que antes se resumia apenas concepções internalistas.

Em janeiro de 2015, a Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) ofertou oficinas de formação continuada em história da ciência, destinado a professores de física do ensino fundamental, médio e superior interessados nas interfaces entre história da ciência e Ensino. Estas oficinas, que foram ministradas na modalidade do ensino presencial, tinham como objetivo oferecer um espaço de reflexão sobre o processo de construção do conhecimento científico, tendo como finalidade várias possibilidades de interação entre os campos da história da ciência e da educação (vide: <https://historiadacienciaensino.wordpress.com/eventos/escoladeverao/>). Elaboradas de acordo com o livro História da ciência para a formação de professores (vide: Beltran *et al* , 2014), as oficinas eram constituídas por cinco módulos. O assunto historiografia da história da ciência foi discutido no módulo 2, com carga horária de quatro horas.

Percebemos, portanto, que os tópicos discutidos na aula 1 do nosso curso, são os mesmos que os discutidos no módulo 2 das oficinas da PUC-SP. Ambos mostram a como a história da ciência foi escrita ao longo do tempo. No entanto existem alguns pontos divergentes entre nossa pesquisa e o curso realizado PUC – SP.

A carga horária da aula 1 do nosso curso tinha uma semana de duração enquanto que o da PUC-SP tinha quatro horas. Assim, tive mais tempo para organizar atividades que considerassem os conhecimentos prévios dos discentes e dessem oportunidade para que eles refletissem e alterassem suas respostas anteriores, caso achassem conveniente. Ao que parece pelo menos de acordo com livro organizado por Beltran et al (2014), as oficinas não priorizavam a participação efetiva dos professores, dessa forma o curso ministrado pela PUC-SP se aproximava mais do modelo tradicional, descrito por Porlán e Rivero (1998) onde interação do aluno é mínima. A contribuição do nosso trabalho está justamente em diminuir esse ensino tradicional. Na aula 1 do nosso curso houve mais interação com os professores

participantes da pesquisa, pois priorizamos o modelo de ensino investigativo descrito em Porlán e Rivero (1998)), onde a participação dos professores é mais intensa. Conforme descrito no capítulo 5 nossa pesquisa contribui para que os professores incorporem a visão externalista da ciência às suas visões prévias interlanistas, levantadas através de um questionário diagnóstico.

A abordagem da história da ciência permitiu também que os professores discutissem a relevância da interface entre história da ciência e ensino. Essa abordagem que aconteceu na 2ª aula foi embasada no material didático escrito por Ferreira e Martins (2008) e contribui para entender as principais vantagens e os principais obstáculos que o professor pode encontrar para levar a história da ciência para a sala de aula. Conforme mencionado no capítulo 6, as principais vantagens da história da ciência no ensino relatada pelos professores foram: favorecimento desenvolvimento crítico do aluno, entendimento o caráter provisório da ciência, compreensão da influência da religião na ciência e da contextualização sócio-cultural dos conceitos científicos. Os principais obstáculos relatados pelos docentes foram: a falta de tempo, a falta de material adequado e os conflitos vivenciados com os pedagogos na escola que eles trabalham. Após resgatar os conhecimentos prévios dos professores através de um fórum, os docentes leram o material escrito por Ferreira e Martins (2008) e incorporaram novos argumentos favoráveis as suas idéias prévias como: a promoção da interdisciplinaridade, o aprendizado de conteúdos específicos, a compreensão das dificuldades de aprendizagem dos alunos e o entendimento de aspectos da natureza da ciência.

A oficina realizada pela PUC-SP em janeiro de 2015 traz no módulo 5, com carga horária de quatro horas, uma discussão sobre as interfaces entre a história da ciência e o ensino. No entanto mais uma vez parece não haver interação com os professores, ficando a discussão apenas no campo teórico sem procurar ouvir os professores. É importante observar que não assistimos tais oficinas, mas no livro que balizou a construção das oficinas não consta de nenhum instrumento utilizado para mensurar a incorporação dos professores dos conteúdos de história da ciência; ao contrário do material didático escrito por Ferreira e Martins (2008) que balizou nosso trabalho. Novamente as aulas ministradas nas oficinas PUC-SP parecem se aproximar do modelo de ensino tradicional enquanto que a aula 2 do nosso curso se aproxima do modelo investigativo, onde a participação dos professores é intensa.

O módulo 5 da oficina da PUC-SP que coincide com o capítulo 5 do livro organizado por Beltran *et al* (2014) traz discussões que não foram realizadas na nossa formação continuada. Os autores traçam um paralelo entre as tendências pedagógicas (tradicional,

renovada, tecnicista, centrada em preocupações sociais e políticas e, construtivistas) e a história da historiografia da ciência.

Em um trabalho futuro pretendemos trabalhar tal paralelo com professores de física em serviço.

Buscando conexões entre a teoria e a prática do professor, sugerimos aos professores que construíssem estudos de casos históricos baseados nos episódios históricos disponibilizados no ambiente virtual. Eles poderiam escolher também outros assuntos que não estavam no ambiente. Utilizamos esta postura flexível por acreditar que o professor é o próprio agente de sua formação e poderia montar estudos de casos de acordo com a realidade deles e também de seus alunos. A maioria dos professores apresentou um estudo de caso utilizando temas da sua escolha (que não estavam disponíveis na plataforma virtual). Acreditamos as escolhas estavam relacionadas com familiaridade dos professores em relação aos conteúdos de cinemática (CS, TL), óptica (EA e MM) e eletricidade com história local (AM, CR).

Allchin (2013) traz nas páginas 248 e 253 uma lista de *sites* que contém outros estudos de caso históricos.

A pesquisa contribuiu para os docentes elaborarem estudos de caso históricos para utilizá-los com os alunos do ensino médio. Os estudos de casos gerados pelos professores foram: “O magnetismo terrestre, o funcionamento da bússola e a sua utilidade social” (AP); “A controvérsia em relação à teoria corpuscular da luz” (EA, MM); “Novas estratégias de divulgação científica e de revitalização do ensino de ciências nas Escolas: Movimentos” (CS, TL); “A energia elétrica em Mimoso do Sul” (AM, CR); “A Terra gira! 1851, a primeira experiência com o pêndulo de Foucault no Brasil (MR)”. Estes estudos de casos, construídos pelos professores aumentam a lista de outros estudos de casos encontrados na literatura (ver Hygino *et al*, 2012; Hygino *et al*, 2013; Ducheyne, 2012 ; Paraskevopoulou e Koliopoulos, 2011).

Como perspectiva futura, desejamos acompanhar a aplicação destes estudos de casos nas escolas do ensino médio e escrever artigos científicos com estes professores mostrando os resultados da utilização dessa estratégia de ensino com os alunos do ensino médio.

Uma pesquisa realizada por Rezende e Oersterman (2004) também utiliza estudos de casos no ambiente virtual, mas os exemplos são voltados para a introdução da física moderna na escola sem levar os aspectos históricos. As autoras propõem um curso de formação para professores de física em exercício e também para licenciandos em física.

A pesquisa relatada nessa tese contribuiu para a formação de professores de física tendo como estratégia predominante os estudos de casos históricos trabalhados no ambiente virtual. Conforme discutimos o estudo de caso sobre as máquinas simples e as controvérsias no ensino de ciências em Portugal no século XVIII é inédito e contribui tanto para o aprendizado de conceitos científicos, aspectos da natureza da ciência e também para discutir as controvérsias em torno das aulas experimentais de ciências em Portugal no século XVIII e no Brasil, nos dias atuais.

### **Considerações sobre a modalidade do ensino adotada na pesquisa.**

A modalidade da educação a distância utilizada na nossa pesquisa com professores de física em exercício mostra-se tão eficiente quanto à modalidade do ensino presencial utilizada nas pesquisas de Hygino e Linhares (2013), com alunos da educação de jovens e adultos em formação profissional; Alves (2012), com alunos da licenciatura em física; Paraskevopoulou e Koliopoulos (2011) e Sasseron *et al* (2013), ambos com alunos do ensino médio. Comparando nossa pesquisa com às dos autores, houve incorporação de visões adequadas da natureza da ciência e redução das concepções inadequadas.

No entanto as atividades disponíveis no ambiente virtual da nossa pesquisa foram construídas para trabalhar com professores de física em exercício e talvez necessite de algumas adaptações a fim de evitar uma possível resistência à leitura por parte dos alunos do ensino médio.

Sobre os recursos didáticos utilizados no ambiente virtual, os professores que responderam ao questionário de avaliação do curso concordam que a simulação, fontes primárias, questionários, vídeos, slides, textos, fóruns estavam adequados para o aprendizado deles, porém dois professores (28%) relataram que seria complicado usar simulações com seus alunos do ensino médio devido às dificuldades para acessar a internet nas escolas em que lecionam. É importante observar que tão preocupante quanto os problemas de conexões com a rede de computadores nas escolas é a adoção acrítica das simulações. A simulação deve ser usada com cautela no ambiente educacional porque elas são “baseadas em modelos que contém necessariamente simplificações e aproximações da realidade” (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002).

Quatro dos sete professores que participaram da avaliação final do curso disseram que ficaram muito satisfeitos com o curso e três disseram que ficaram satisfeitos. Esses últimos

apontaram algumas sugestões para melhorá-lo como, por exemplo, a presença de algumas vídeo-aulas.

A requisição sobre a utilização de vídeos- aula nos parece pertinente pelos menos até certo ponto.

O minicurso não tinha vídeo- aulas (entendida aqui, como um vídeo em que o pesquisador aparece falando). Sabe-se que a utilização de “temas específicos do planejamento do professor por meio de vídeo-aulas pode tornar o assunto abordado atraente” (MENEZES JÚNIOR, 2013, p.17), podendo servir também para reduzir a distância geográfica existente entre os participantes da pesquisa, uma vez que o minicurso foi ministrado na modalidade do ensino à distância.

A opção por não utilizar vídeo-aula no minicurso ocorreu por três motivos: a) o minicurso teve dois encontros presenciais, o que propiciou um contato mais próximo entre o pesquisador e os professores, diminuindo a distância geográfica entre o pesquisador e o professor b) o IFES- Campus Cachoeiro de Itapemirim não dispõe de infra-estrutura física para a gravação das vídeo-aulas; c) o terceiro motivo, de cunho pedagógico, diz respeito ao modelo de ensino utilizado no minicurso. Ele foi construído através de um modelo investigativo, onde os professores tiveram a oportunidades de refazer suas idéias prévias obtidas na 1ª etapa do estudo de caso histórico. Assim acreditamos que as vídeo - aulas poderiam reforçar a passividade dos professores.

Esperamos que essa formação continuada possa servir de incentivo para a ampliação de parcerias entre as instituições de ensino superior e as secretarias regionais de ensino e que os professores possa utilizar a história da ciência em suas aulas.

## Referências Bibliográficas

ABD-EL-KHALICK, F. Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains, **Science & Education**, v. 22, n.9, p. 2087-2107, 2013.

ALLCHIN, D. From Rhetoric to Resources: New Historical Problem-Based Case Studies for Nature of Science Education, In: Primeira Conferencia Latino Americana do International History, Philosophy, and Science Teaching Group (IHPST-LA), 28., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2010.

\_\_\_\_\_. Values in Science: An Educational Perspective. **Science & Education**, v. 8, n.1, p. 1-12, 1999.

\_\_\_\_\_. Teaching the Nature of Science: Perspectives & Resources. Saint Paul, Ships, 2013. 303p.

ALONSO, A. V.; MAS, A. M.; BONINI, S.O. Análisis de materiales para la enseñanza de la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 243-268, 2013.

ALTERS, B.J. Whose nature of science? **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34, n.1, p. 39-55, 1997.

ALVES, L. Educação a distância: conceitos e história no Brasil e no mundo. **Associação Brasileira de educação à distância**, v.10, n. 7, 2011.

ALVES, V.L. **Recortes da história regional de campos dos goytacazes: uma abordagem da história da ciência aliada a cultura em aulas de física**. 2012. 148f. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais, Ensino de Ciências)- Programa de Pós Graduação em Ciências Naturais, UENF, Campos dos Goytacazes.

ARANHA, M. L.; MARTINS, M.H. **Filosofando: Introdução à Filosofia**. São Paulo: Moderna, 1993. Disponível em: <[http://www.famescbji.edu.br/famescbji/biblioteca/livros\\_filosofia/Filosofando.pdf](http://www.famescbji.edu.br/famescbji/biblioteca/livros_filosofia/Filosofando.pdf)> Acesso em: 02 dez.2014.

ARNOLD *et al.* Estudo do amortecimento do pêndulo simples: uma proposta para aplicação em laboratório de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 4, 2011.

ASSIS, A. K. **Mecânica relacional e implementação do princípio de mach com a força de Weber gravitacional**. Apeiron Montreal, 2013. 478p. Disponível em <<http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Mecanica-Relacional-Mach-Weber.pdf>>. Acesso em 05 jan. 2015.

AZEVEDO, A. Entre os «antigos» e os «modernos»: as querelas sobre o ensino das ciências que antecederam a reforma pombalina da universidade. In: FIOLHAIS, C.; SIMÕES, C.;

MARTINS, D. (Orgs): Congresso Luso-Brasileiro de História das Ciências, 2011, **Atas...** Coimbra, Universidade de Coimbra, 2011, p.119-128

AZEVEDO *et al.* O uso do experimento no ensino da física: tendências a partir do levantamento dos artigos em periódicos da área no Brasil. VII ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências- Florianópolis, 2009. Disponível em: <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienpec/pdfs/1067.pdf>>. Acesso em 09 abr.2015.

BACON, F. **Novum organum** - Coleção: Os Pensadores. São Paulo: Nova Cultural, 1997. Disponível em: <<http://www.psb40.org.br/bib/b12.pdf>>. Acesso em 07 out.2015.

BAGDONAS, A.; SILVA C. Controvérsias sobre a natureza da ciência na educação científica. In SILVA, C.C.; PRESTES, M. E (orgs). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. 1ª Ed, São Carlos: Tipografia Editora, 2013. cap.2, p.213-223.

BALDOW, R.; SILVA, A.P. Galileu, Kepler e suas descobertas: análise de uma peça teatral vivenciada com estudantes do ensino fundamental e médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.9, n. 2, 2014.

BARBIERI, P.F. Reavaliação e remomeração dos conceitos da mecânica geral com análises geométricas e/ou gráficas: máquinas simples- parte II. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.3, n.4, 2011.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. 229p.

BASTOS, F., KRASILCHIK, M., Pesquisas sobre a febre amarela (1881-1903): Uma reflexão visando contribuir para o ensino de ciências, **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 417-442, 2004.

BEAHR, P. A. **Modelos pedagógicos em educação a distancia**. Porto Alegre: Artmed, 2009. 309 p.

BELTRAN, M.H.R.; SAITO, F.; TRINDADE, L.S.P. **História da Ciência para formação de professores**. São Paulo: Livraria da física, 2014.128 p.

BLOWN, E. J.; BRYCE, T. G. Thought-Experiments About Gravity in the History of Science and in Research into Children's Thinking. **Science & Education** v. 22, n.3, p. 419-481, 2013.

BOAS, A. V. SILVA, M. R. PASSOS, M. M. ARRUDA, S.M História da ciência e natureza da ciência: Debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.

BOGDAN, R.C.; BIKLEN. **Investigação Qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994. 167p.

BORGES, C. O. et al.; Vantagens da utilização do ensino CTSA aplicado à atividades extraclasse. In ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 15, 2010, Brasília

**Atas...** Instituto de Química da UNB, 2010, ( sem paginação) Disponível em: < <http://www.xvенеq2010.unb.br/resumos/R0277-1.pdf>>. Acesso em 02 jul. 2015.

BORGES, R. M. **Em debate: Cientificidade e Educação em Ciências**. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1996. 75p.

BOSS, S.L.; FILHO, M.P; CALUZI, J. J. Traduções de fonte primária – algumas dificuldades quanto à leitura e o entendimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, **Atas...** Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2011, p.1-13 Disponível em <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0441-1.pdf>>. Acesso em 22 dez. 2014.

BRABO, J. C.; SOUSA, C. M. **Opiniões e atitudes de professores de ciências sobre pedagogia e pedagogos: buscando representações sociais sobre o tema**. II Encontro Iberoamericano sobre Investigação Básica em Educação em Ciências, Burgos, Espanha, setembro de 2004. Disponível em <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/viewArticle/112>>. Acesso 13 abr. 2015.

BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. **Breve história da Ciência Moderna**, v. 1, 2, 3 e 4. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.

\_\_\_\_\_. The Role of Historical-Philosophical Controversies in Teaching Sciences: The Debate Between Biot and Ampe`re, **Science & Education**, v. 21, n.6, p. 921-934, 2012.

BRANDÃO, S. **Vaz Tolentino Observatório Lunar**, 2014 Disponível em <<http://www.vaztolentino.com.br/secao/34-Missao-APOLLO-11>>. Acesso em 03 abr. 2015

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). **Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 ago. 1998.. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/res0398.pdf>>. Acesso em 29 ago. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília, 1996. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>>, acesso em 28 ago. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. (Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias). Brasília: MEC, 2002. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>> Acesso em: 05 set. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. (3º e 4º ciclos do ensino fundamental). Brasília: MEC, 1998. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/introducao.pdf>> Acesso em: 05 jul.2014.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio**. (Parte I- Bases Legais). Brasília, MEC, 2000.

Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>>. Acesso em 02 set. 2013.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** (Parte III- Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias). Brasília, MEC, 2000. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em: 02 set.2013.

\_\_\_\_\_. Parecer **CNE/CP 009/2001** Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena. 2001. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/009.pdf>> Acesso em: 02 set.2013.

BRENNI, P., The Evolution of Teaching Instruments and Their Use Between 1800 and 1930, **Science & Education**, v. 21, n.2, p. 191-226, 2012.

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. de, Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média, **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, p. 1-22, 2011.

BRUSH, S. G. History of Science and Science Education. **Interchange**, v. 20, n 2, p.60-70, Summer, 1989.

CAMENIETZKI, C. Z. Cientistas e religiosos . **Comciência**, Campinas, v. 65, 31 maio 2005.

CARNEIRO, D. V.; JÚNIOR, J. M.; NUNES, V. B.; NOBRE, I. A.; BALDO, Y.P. Umaproposta de planejamento para criação de salas no ambiente virtual de aprendizagem (AVA) - moodle: mapa de atividades adaptado. Disponível em <<http://www.abed.org.br/congresso2010/cd/252010145524.pdf>>. Acesso em 22 jun. de 2014.

CARSON, R. **Primavera Silenciosa**. São Paulo, Melhoramentos, 1962. 305p. Disponível em: <[https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/primavera\\_silenciosa\\_-\\_rachel\\_carson\\_-\\_pt.pdf](https://biowit.files.wordpress.com/2010/11/primavera_silenciosa_-_rachel_carson_-_pt.pdf)> . Acesso em 18 out.2015

CARVALHO, M.E. Modos de educação, gênero e relações escola–família. **Cadernos de Pesquisa**. v.34 n.121, p.41-58, 2004.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência Afinal?** 1 ed, Brasiliense, São Paulo, 1993.224p.

CHINELLI, M. V.; FERREIRA, M. V.; AGUIAR, L.E. 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.

CHRISTOFI, C. DAVIES, M. Science through Drama. **Education in Science**, Hartfield, n.141, p.28-29, 1991.

CIMBLERIS, B. Carnot e a evolução das máquinas térmicas. **Revista da SBHC**, n.6, p.39-45, 1991.

CLOUGH, M. P. Teaching the nature of science to secondary and postsecondary students: questions rather than tenets, 2007. **The PantanetoForum**, 25. Disponível em <<http://www.pantaneto.co.uk/issue25/front25.htm>>. Acesso em 03 jan. 2015.

\_\_\_\_\_. The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. **Science & Education**, v. 20, n.7, p. 701-717, 2011.

COELHO, R. L., On the Concept of Force: How Understanding its History can Improve Physics Teaching, **Science & Education**, v. 19, n.1, p. 91-113, 2010.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q., As Conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: A gênese da radioatividade no Ensino, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 473-514, 2010.

\_\_\_\_\_. 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.

\_\_\_\_\_. Consequências das descontextualizações em um livro didático: uma análise do tema radioatividade . **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 3602, 2013.

DAVIS, C. L. Formação continuada de professores: uma análise das modalidades e das práticas em estados e municípios brasileiros. **Textos FCC**, v.34, São Paulo, set. 2012.

DELLAJUSTINA, F.J; MARTINS, L.C.Poderia Arquimedes ter calculado \_ com areia e um bastão?**Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, 2014.

DEWITT, R.**Worldviews. An Introduction to the History and Philosophy of Science.** United Kingdom : Blackwell Publishing Ltd, 2004. 326p.

DOU- Diário oficial da União- **Decreto 5.622, de 19 de dezembro de 2005**. Regulamenta o art.80 da lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/dec\\_5622.pdf](http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/dec_5622.pdf)>. Acesso em 07 jan. 2013.

DRIVER, R., HILLARY, A., LEACH, J., MORTINER, E., SCOTT, P. Constructing Scientific Knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, v.23, n. 7, p.5-12, 1994

DRUMMOND, J.M *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, abr. 2015.

DUARTE, M. A História da Ciência na prática de professores Portugueses: Implicação para a formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v10, n.3, p.317-331, 2004

DUCHEYNE, S., The Cavendish Experiment as a Tool for Historical Understanding of Science, **Science & Education**, v. 21, n.1, p. 87-108, 2012.

DUSCHL, R. A.; GRANDY, R., Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. **Science & Education** ,v. 22, n.9. p. 2109-2139, 2013.

EFLIN, J.T.; GLENNAN, S.; REISCH, G. The nature of science: a perspective from the philosophy of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 1, p. 107- 116, 1999.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A evolução da física**. Rio de Janeiro, Zahar, 2008.244p.

EL-HANI, C.; Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior, **In: Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino**, organizado por C.C. Silva Livraria da Física, São Paulo, 2006. cap.1, p.3-21.

ESPÍRITO SANTO. **Lei Complementar Estadual Nº 637, de 27 de agosto de 2012**. Institui a Política de Gestão de Pessoas dos Servidores Públicos do poder executivo do Estado do Espírito Santo. Diário Oficial do Espírito Santo, Vitória, ES, 28 ago. 2012.

FERNANDES, M.A; PORTO; P.A. Investigando a presença da história da ciência em livros didáticos de química geral para o ensino superior. *Química Nova*, v.35, n.2, p.420-429, 2012.

FERNÁNDEZ, I. et al.. Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por La enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, v.20, n.3, p. 477-488, 2002.

FERRARI, P. C. **Temas contemporâneos na formação docente à distância**. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica). 2008. 129f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica)- Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. UFSC, Florianópolis.

FERREIRA, J. M. Abordando a natureza da ciência na formação de professores de física: desafios e perspectivas. In SILVA, C.C.; PRESTES, M. E (orgs). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. 1ª ed. São Carlos: Tipografia Editora, 2013. cap 3, p.251-263.

FERREIRA, J.M.; MARTINS, A.M. **A história e a filosofia da ciência no ensino de ciências**. Aula 2, 2008. Disponível em <[http://www.4shared.com/office/8OoiEVyce/hfc\\_a02\\_no\\_ensino\\_de\\_ciencias.html?](http://www.4shared.com/office/8OoiEVyce/hfc_a02_no_ensino_de_ciencias.html?)>. Acesso em 12 jul. 2014.

\_\_\_\_\_. **História da ciência; O que é?** . Aula 1, 2008. Disponível em <<http://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/2014.1/historia-da-quimica/historia-da-ciencia-o-que-e-e-o-que-nao-e..>> . Acesso em 12 jul. 2014.

\_\_\_\_\_;\_\_\_\_\_. Tópicos de História da Mecânica 2. Aula 4, 2008. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAg6GsAJ/hfc-a04-topicos-historia-mecanica-2>>. Acesso em 31. out. 2015.

FERREIRA, S. L. F.; LOBO, V. I. T. De tutor a professor On-line: que sujeito é esse? In: **WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA**, 11, 2005, São Leopoldo, 2005, p.2621-2629. **Atas...** Disponível em <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/840/826>>. Acesso em 18 out. 2015.

FEYERABEND, Paul. **Contra o método**. Rio de Janeiro: Francisco Aves, 1977. Disponível em:

<<http://copyfight.me/Acervo/livros/FEYERABEND,%20Paul.%20Contra%20o%20Me%CC%81todo.pdf>>. Acesso em 06. Mai.2015.

FORATO, T. C. M. A Filosofia mística e a doutrina Newtoniana: discussão historiográfica. Alexandria. **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 1, n. 3, p. 29-53, 2008.

\_\_\_\_\_.; MARTINS, R. A., PIETROCOLA, M. History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies. **Science & Education**, v. 21, n.5, p. 657-682, 2012.

\_\_\_\_\_.; 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.

\_\_\_\_\_. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da natureza da luz**. 2009.420 f. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de educação, USP, São Paulo.

FRANCISCO JUNIOR, W.E., ANDRADE, D.R.; MESQUITA, N.A. Visões de cientistas e atividade científica na obra Ponto de Impacto de Dan Brown: possibilidades de inserção de elementos de História e Filosofia das Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 76-98, 2015.

FRANCISQUINI, M. F., SOARES, V.; TORT, A.C. O paradoxo cinemático de Galileu. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014.

FREIRE Jr, O. Novo Tempo, Novo Espaço, Novo Espaço- Tempo: Breve história da relatividade. In: ROCHA, J.F (org). **Origens e Evolução das idéias da Física**. Salvador, BA EDUFBA, 2011. cap 4, p.284-297.

\_\_\_\_\_.; BASSALO, J.M. Notas de história da física no Brasil- John Archibald Wheeler e a física brasileira. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, 2008.

FREIRE, P. **Políticas e Educação: Ensaios**. 5ª ed, São Paulo: Cortez, 2001, 57 p. Disponível em: <<http://www.portalconscienciapolitica.com.br/educa%C3%A7%C3%A3o%20e%20politica/livros-para-download/>>. Acesso em 19 out.2015.

FREITAS, E. **Transporte ferroviário**. Disponível em <<http://www.brasilecola.com/geografia/transporte-ferroviario-1.htm>>. Acesso em 12 mai. 2015.

GAMA, M. E. TERRAZAN, E. A. Ações extensionistas de formação continuada de professores em serviço. **Vivências**, v.5, n.7, 2009.

\_\_\_\_\_. A Formação continuada dos professores em escolas públicas: aspectos característicos de sua organização. **EFDeportes.com**, v. 16, n. 159, 2011.

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.

GARRIDO, E.; CARVALHO, A. M.. Discurso em sala de aula: uma mudança epistemológica e didática In: **Coletânea 3ª Escola de Verão**. São Paulo, FEUSP, 1995.

GASKELL, G. Entrevistas individuais e grupais. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (orgs.) **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático**. 2ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2005. cap 1, p. 64-89.

GATTI, B. A. Análise das políticas públicas para formação continuada no Brasil, na última década. **Revista Brasileira de Educação** v. 13 n. 37, 2008.

GATTI, S. R., NARDI, R.; SILVA, D. História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 7-59, 2010.

GAULD, C. F. Newton's Investigation of the Resistance to Moving Bodies in Continuous Fluids and the Nature of 'Frontier Science', **Science & Education**, v. 19, n.10, p. 939-961, 2010.

\_\_\_\_\_. Pendulums in The Physics Education Literature: A Bibliography. **Science & Education**, v.13, n.7, 2004.

GESTAR II- **Programa Gestão da Aprendizagem Escolar**. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12380&Itemid=649](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12380&Itemid=649)>. Acesso em 15 fev. 2015.

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

GIUSTA, A. S. Construção de uma nova concepção de currículo. **Diretrizes Curriculares da Escola Sagarana. PROCAD: Guia de Estudo 5**. Belo Horizonte: SEE-MG, 2001. p. 15-33.

GOMES, G.F. A Ciência Guiada por Fatores Sociais- A abordagem de Boris Hessen e sua contribuição para a Sociologia da Ciência. In: HAYSAHI, M.C; RIGOLIN, C.C; KERBAUY, M.T (orgs). **Sociologia da Ciência: Contribuições ao Campo CTS**. Campinas- SP, Alínea, 2014. cap 2, p.41-58.

GOMES, G. G.; PIETROCOLA. M., O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quase-história. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 2604, 2011.

GOMES, L. C., A ascensão e queda da teoria do Calórico, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 1030-1073, 2012.

GOUVÊA, G.; C. I. OLIVEIRA. **Educação a Distância na formação de professores: viabilidades, potencialidades e limites**. Rio de Janeiro: Vieira e Lent, 2006.141p.

GRAVROGLU, K. **O Passado das Ciências como História**. 1ed, Lisboa: Porto editora, 2007. 301p.

GUERRA, A., BRAGA, M. REIS, J.C. History, Philosophy, and Science in a Social Perspective: A Pedagogical Project, **Science & Education**, v. 22, n.6, p. 1485-1503, 2013.

\_\_\_\_\_.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Tempo, espaço e simultaneidade: Uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no Século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 568-583, 2010.

GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa *versus* Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física 2- Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 4ª ed., v.2, Rio de Janeiro: LTC, 1996. 275p.

HARRES, J. B. S. et al, A evolução das concepções de futuros professores sobre a natureza e as formas de conhecer as ideias dos alunos. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 5, 2005, Bauru, **Atas...** Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências 2005, p.1-12

\_\_\_\_\_. A evolução das concepções de futuros professores sobre a natureza e as formas de conhecer as idéias dos alunos. **RBECT**, v.21, n.2, 2008.

HENRY, J. **A revolução científica e as origens da ciência moderna**. Editora Jorge Zahar, Rio de Janeiro, 1998.149p.

HERREID, C.F. Case studies in science – a novel method of science education. **Journal of College Science Teaching**, v.23, n.4, p.221-229, 1994.

HOLTON, Gerald. What historians of science and science educators can do for one another. **Science & Education**, v.12, n.7, p.603–616, 2003.

HYGINO.C.B, LINHARES, M.P. Divulgação do Episódio da Expedição do Francês Pierre Couplet em aulas de física do PROEJA. In: SILVA, C.C.; PRESTES, M. E (orgs). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. 1ª ed. São Carlos, SP: Tipografia Editora, 2013. cap. 4, p.377-387.

\_\_\_\_\_.; MARCELINO, V.S.; LINHARES, M. P. Modelos didáticos presentes na formação de futuros professores de química e física da região norte do estado do Rio de Janeiro, Brasil: encontros e desencontros entre concepções e formação. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**. v. 8, n 2, p. 49-58, dez 2013.

\_\_\_\_\_., SOUZA, N.S; LINHARES, M. P. Episódios da história da ciência e aulas de física com alunos jovens e adultos: uma proposta didática articulada ao método de estudo de caso, **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 1-23, 2013.

\_\_\_\_\_, C. B. **Reflexões na formação inicial de professores de Física: avaliação da eficácia do método de Estudos de Caso para promover capacidades necessárias à prática docente**. 2015. 256f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais, Ensino de Ciências)- Programa de Pós Graduação em Ciências Naturais, UENF, Campos dos Goytacazes.

\_\_\_\_\_; SOUZA, N.S; LINHARES, M. P. Reflexões sobre a natureza da Ciência em aulas de física: Estudo de um episódio histórico do Brasil Colonial. **Experiências em ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 14-24, 2012.

IERVOLINO, S. A.; PELICIONE, M. C. A utilização do grupo focal como metodologia qualitativa na promoção da saúde. **Revista da Escola da Enfermagem da USP**. São Paulo, v.35, n.2, p. 115-21, 2001

INEP- **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**, 2014 Disponível em <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/edital/2014/edital\\_enem\\_2014.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/edital/2014/edital_enem_2014.pdf)>. Acesso em: 02 abr. 2015.

IRZIK, G.; NOLA, R., A Family Resemblance Approach to the Nature of Science for Science Education. **Science & Education**, v. 20, p. 591-607, 2011.

IRWIN, A.R. Historical case studies: teaching the nature of science in context. **Science Education**, v. 84, n. 1, p. 5-26, 2000.

JANKVIST, U.T. History, Applications, and Philosophy in Mathematics Education: HAPh. A Use of Primary Sources, **Science & Education**, v.22, n.3, p. 635–656, 2013

JAPIASSU, H., **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Imago, Rio de Janeiro, 1976. 221p.

JAUHIAINEN, J et al. Experiences from long-term in-service training for physics teachers in Finland. **Physics Education**, v.37, n.2, 2002.

JIANG, F; MCCOMAS, W. Analysis of Nature of Science Included in Recent Popular Writing Using Text Mining Techniques. **Science & Education**, v. 23, n.9, p.1785–1809, 2014.

KANDERAKIS, N. E., When is a Physical Concept born? The Emergence of ‘Work’ as a Magnitude of Mechanics. **Science & Education**, v. 19, p. 995-1012, 2010.

KLASSEN, S. et al. Portrayal of the History of the Photoelectric Effect in Laboratory Instructions, **Science & Education**, v. 21, n.5, p. 729-743, 2012.

KLASSEN, S., The Photoelectric Effect: Reconstructing the Story for the Physics Classroom, **Science & Education**, v. 20, n.7, p. 719-731, 2010.

\_\_\_\_\_. The Relation of Story Structure to a Model of Conceptual Change in Science Learning. **Science & Education**, v. 19,n.3, p. 305-317, 2010.

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

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo de ciências**. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1987.80p.

KUNH. T. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2009. 260p.

LDB. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, 1996. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>>. Acesso em 28 ago. 2013.

LEDERMAN, N.G. **Nature of science: past, present and future**. p. 831-880, 2006. Disponível em <[http://msed.iit.edu/ids/curriculum/physics/articles/NOS\\_Lederman\\_2006.pdf](http://msed.iit.edu/ids/curriculum/physics/articles/NOS_Lederman_2006.pdf)> Acesso em 19 out. 2015.

\_\_\_\_\_. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v.29, n.4, p. 331-359, 1992.

\_\_\_\_\_; et al. Views of nature of science questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v.39, n.6, p.497-521, 2002.

LEITE, L. History of Science in Educacion: Development and Validation of a Checklist for Analysing the Historical Content of Science Textbooks. **Science & Education**, v. 11, n.4, 2002.

LEITE, S. B. Refletindo sobre o significado do conhecimento científico. **Em Aberto**, v. 12, n.58, 1993.

LEITE, Y.U.; MOREIRA, V. Perfil. dos professores municipais do ensino fundamental de presidente prudente (ciclo I). **Nuances**, v.6, n.6, p.63-74, 2000

LINHARES, M.P; REIS, E.M. Estudos de caso como estratégia de ensino na formação de professores de física. **Ciência & Educação**, v.14, n.3, p.55-74, 2008.

LOPES, L. S. A cultura da medição em Portugal ao longo da história. **Educação e Matemática**. Associação de Professores de Matemática, n.84, p.42-48, 2005.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1996. 99p.

LYNCH, M.; WOOLGAR, S. **Representation in scientific practice**. Cambridge: MIT press, 1990.

MARCELINO, V. S. **Ensino de Química em Campos dos Goytacazes: problemas e perspectiva pela ótica de seus professores e futuros professores**. Tese (Doutorado em Ciências Naturais, Ensino de Ciências). 2012. 245 f. Programa de Pós Graduação em Ciências Naturais, UENF, Campos dos Goytacazes.

MARTINS, A. F.P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1: p. 112-131, 2007.

\_\_\_\_\_; RYDER, J. Há realmente um consenso acerca da natureza da ciência no ensino de ciências? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 15, 2014, Maresias Atas... Disponível em <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xv/sys/resumos/T0135-1.pdf>> Acesso em: 13 out. 2015.

MARTINS, L. A.. A História da Ciência e o Ensino de Biologia. **Ciência & Ensino**, n. 5, p. 18-21, 1998.

MARTINS, R. A história e seus usos na educação. In: SILVA, C.C (org). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino**. São Paulo, SP, Livraria da Física, 2006. Introdução. p.17-30.

\_\_\_\_\_; BOIDO, G.; RODRIGUES, V. **Física: Estudos filosóficos e históricos**. Campinas: AFHIC: 2006.165p.

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.

MATTHEWS, M. Changing the focus: from nature of science to features of science. Disponível em: <<http://www.bu.edu/hps-scied/files/2012/10/Matthews-HPS-Changing-the-Focus-From-Nature-of-Science-to-Features-of-Science.pdf>> Acesso em 13 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.12, n.3, p.164-214.1995.

\_\_\_\_\_. Metodologia e política em ciência: o destino da proposta de Huygens de 1673 para adoção do pêndulo de segundos como um padrão internacional de comprimento e algumas sugestões educacionais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.18, n.1, p.7-25, 2001.

MAURINES, L.; BEAUFILS, D., Teaching the Nature of Science in Physics Courses: The Contribution of Classroom Historical Inquiries. **Science & Education** v. 22, n.6, p. 1443-1465, 2013.

MCCOMAS, W. Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da história da ciência na formação científica: implicações para a pesquisa e desenvolvimento. In: SILVA, C.C.; PRESTES, M. E (orgs). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. 1ª ed. São Carlos, SP: Tipografia Editora, 2013. cap. 4, p.425-448.

\_\_\_\_\_.; ALMAZROA, H.; & Clough, M. The Nature of Science in Science Education: an introduction. **Science & Education**, v.7, n. 6, p. 511-532, 1998.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C.F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.24, n.2, 2002

MEDINA, M.; BRAGA, M., 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, 2010.

MENEZES JÚNIOR, E.M. **O uso de vídeo-aulas de matemática como metodologia para a melhoria da qualidade do ensino nos anos iniciais na escola municipal Henrique Dias no município de Porto Velho – RO**. 2013. 59p. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática). PROFMAT, UNIR. Porto Velho.

MENEZES, L.C., KAWAMURA, R.D.; HOSOUME, Y. Objetos e objetivos no aprendizado da Física. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 4, 1994, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: UFSC, 1994, p.16-17

METZ, D.et al. J. Building a Foundation for the use of historical Narratives.**Science & Education**, v.16, n.3, p. 313-334, 2007.

MONTEIRO, I. **Compendio dos Elementos de Mathematica**. Coimbra, Real Collegio das Artes da Companhia de Jesus, Tomo I, 1754.

MORAES, R. Análise de Conteúdo. **Revista Educação**, v.22, p. 7-32, 1999.

\_\_\_\_\_.; GALIAZZI, M.C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2011.224p.

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. 1502, fev 2013.

MORAN, J. M. **O que é educação à distância** (2002). Disponível em <<http://www.eca.usp.br/moran/dist.htm>>. Acesso em: Jan. 2013.

MOREIRA, I. C. A expedição de Couplet à Paraíba-1698. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v.5, p.23-31, 1991.

\_\_\_\_\_. Notas da história da física no Brasil. A Terra gira! 1851: A primeira experiência com o pêndulo de Foucault no Brasil, **Física na Escola**, v.2, n.1, 2001.

\_\_\_\_\_. Notas da história da física no Brasil. Henrique Morize, os raios-X e os raios catódicos, **Física na Escola**, v.4, n.1, 2003

MOREIRA, M. A. **Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos**-Recopilação de trabalhos publicados ou apresentados em congressos sobre o tema Métodos Qualitativos e Quantitativos a fim de subsidiar metodologicamente o professor investigador, em particular da área de ensino de ciências. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2009. 83p. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios11.pdf>>. Acesso em marc. 2015.

MOURA, B.A. **A aceitação da óptica newtoniana no século XVIII: subsídios para discutir a natureza da ciência no ensino** - Dissertação (Mestrado). 2008 214f – Instituto da

Universidade de São Paulo/ Instituto de Física de São Carlos/ Depto. de Física e Informática , USP, São Paulo

NARASIMHAN, M. G. Controversy in science. **Journal of Biosciences**, v. 26, n.3, p. 299-304, 2001.

NASCIMENTO, T. e MARTINS, I.O texto de genética no livro didático de ciências: uma análise retórica crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**. v.10, n.2, p.255-278, 2005.

NERY, B.K.; MALDANER, O.A. Formação continuada de professores de química na elaboração da escrita de suas aulas a partir de um problema. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** v.11, n.1, p.120-144, 2012.

NETO, C.P.; FREIRE Jr. Herch Moyses Nussenzveig e a ótica quântica: consolidando disciplinas através de escolas de verão e livros-texto. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, 2013.

NÓBREGA, M. L; FREIRE Jr.; PINHO, S. T. Max Planck e os enunciados da segunda lei da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, 2013.

OLIVEIRA, B.J. **Fleck e o papel da educação na história da ciência**. Publicações do Scientiarum história IV, 2011. Disponível em <<http://www.hcte.ufrj.br/downloads/sh/sh4/trabalhos/Bernardo%20Jefferson%20FLECK%20E%20O%20PAPEL%20DA%20EDUCA%20C3%87%20C3%83O%20NA%20HIST%20C3%93RIA%20DA%20CI%20C3%8ANCIA.pdf>>. Acesso em 23 abr.2015.

OLIVEIRA, C. E.; FIREMAN, E. C.; FILHO, J.B. A solução atribuída a D'Alembert sobre a 'Verdadeira Força' é capaz de diminuir a polêmica ensejada pela crítica de Leibniz a Descartes? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p. 581-600, 2013.

OLIVEIRA, G.P. O fórum em um ambiente virtual de aprendizado colaborativo. **Revista Digital de Tecnologia Educacional e Educação à Distância**, v 2, n. 1, out. 2005.

OLIVEIRA, H.K.; CASTILHO, W.S. Análise dos discursos dos professores que não utilizam atividade experimental de baixo custo de física- 1ª JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA e EXTENSÃO do IFTO, 2010, **Anais...** Palmas, Instituto Federal de Tocantins (IFTO), 2010. Disponível em <<http://www.ifto.edu.br/jornadacientifica/wp-content/uploads/2010/12/20-AN%20C3%81LISE-DOS.pdf>>. Acesso em 20/05/2015.

OLIVEIRA, R.A; SILVA, A.P. História da ciência e ensino de física: uma análise meta-historiográfica. In: PEDUZZI, L.O.; MARTINS, A.F.; FERREIRA, J.M (orgs). **Temas de história e filosofia da ciência no ensino**, v.1, Natal: UFRN, 2012. cap. 2, p.41-64.

PANSARDI, M. V. **A formação de professores e o banco mundial**. Disponível em <[http://www.anpae.org.br/congressos\\_antigos/simposio2009/201.pdf](http://www.anpae.org.br/congressos_antigos/simposio2009/201.pdf)>. Acesso em 13 dez. 2014.

PARASKEVOPOULOU, E.; KOLIOPOULOS, D., Teaching the Nature of Science Through the Millikan-Ehrenhaft Dispute. **Science & Education**, v. 20, n.10, p. 943-960, 2011.

PATACA, E.M. Congruências entre cartografia e pintura no Prospecto da Vila de Cameté (1784) de José Joaquim Freire. **Anais...** Paraty, I Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica, 2011. Disponível em: <[https://www.ufmg.br/rededemuseus/crch/simposio/PATACA\\_ERMELINDA\\_M.pdf](https://www.ufmg.br/rededemuseus/crch/simposio/PATACA_ERMELINDA_M.pdf)>. Acesso em 22 dez 2015.

PEDUZZI, L. O. **Evolução dos Conceitos da Física**. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2011, 129 p.

\_\_\_\_\_. Física Aristotélica: por que não considerá-la no ensino da mecânica? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.1, p. 48-63, 1996.

PENA, F. L., TEIXEIRA, E. S. Parâmetros para avaliar a produção literária em história e filosofia da ciência voltada para o ensino e divulgação das ideias da física, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 471-491, 2013.

PENEIRO, J. C. Algumas considerações de galileo a respeito das teorias da semelhança física, da resistência dos materiais e das flexões, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 288-312, 2010.

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, 2011.

PETERS, J.R. **A História da Matemática no Ensino Fundamental: uma análise de livros didáticos e artigos sobre história**. 2005. 170 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica). UFSC, Florianópolis.

PIERSON, A. H. C. **O Cotidiano e a busca de sentido para o Ensino de Física**. 1997. 241p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

PILIOURAS, P; SIAKAS, S.; SEROGLU, F. Pupils Produce their Own Narratives Inspired by the History of Science: Animation Movies Concerning the Geocentric–Heliocentric Debate, **Science & Education**, v. 20, p. 761-795, 2011.

PIMENTEL, J.R.; YAMAMURA, P. Notas de história da física no Brasil- Minas Gerais e a História do Ferromagnetismo, **Física na Escola**, v. 7, n. 1, 2006

PIRES, A. **Evolução das idéias da física**. São Paulo: Physical Bookstore Press, 2008.478p.

PNE- **Programa Nacional de Educação**, 2014. Disponível em <<http://www.observatoriodopne.org.br/metas-pne/15-formacao-professores/estrategias/15-4-plataforma-eletronica>>. Acesso em 20. abr. 2015.

PNLD- **Guia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD-2011- EJA)**. Disponível em <<http://www.fnnde.gov.br/programas/livro-didatico/guia-do-livro/item/512-guia-pnld-2011-educa%C3%A7%C3%A3o-de-jovens-e-adultos>>. Acesso em 02 ago de 2013.

PNLD- **Guia do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD-2012-Física)**. Disponível em <<http://www.fnnde.gov.br/programas/livro-didatico/guia-do-livro/item/2988-guia-pnld-2012-ensino-m%C3%A9dio>>. Acesso em 02 ago.2013.

PONCSEK, R.L. Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da Mecânica. In: ROCHA, J.F (org). **Origens e Evolução das idéias da Física**. Salvador, BA EDUFBA, 2011. cap. 1, p.21-135.

POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo: Cultrix, 1972. 567p. Disponível em <[https://books.google.com.br/books?id=MbGLmeMU3pMC&pg=PA41&hl=pt-BR&source=gbs\\_toc\\_r&cad=3#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?id=MbGLmeMU3pMC&pg=PA41&hl=pt-BR&source=gbs_toc_r&cad=3#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em 06. Ago. 2015.

PORLÁN, R.; RIVERO, A. **El conocimiento de los profesores**. Servilha: Díada, 1998.213p.

PRASS, A. **Mecânica Clássica- máquinas simples** (2008). Disponível em <[http://www.fisica.net/mecanicaclassica/maquinas\\_simples\\_alavancas.php](http://www.fisica.net/mecanicaclassica/maquinas_simples_alavancas.php)>. Acesso em 14 ago. 2014.

PREAL – Programa de Promoção da Reforma Educativa na América Latina e Caribe. Ficando para trás. **Boletim da Educação na América Latina**, 2002. Disponível em <<http://www.preal.org>>. Acesso em: 14 dez. 2014.

PRESTES, M. E; CALDEIRA, A.M. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, sem numeração, p. 1-16, 2009.

PRETI, O. **Produção de Material Didático Impresso: Orientações Técnicas e Pedagógicas**. Cuiabá: UAB/UFMT, 2010. 210p.

QUINTÃO, L. C. **A interiorização da capital pela estrada de ferro sul do Espírito Santo**. Dissertação (Mestrado em História). 2008, 151f. Programa de Pós-Graduação em História Social das Relações Políticas do Centro de Ciências Humanas e Naturais, UFES, Vitória.

RAMÍREZ, J. E., BADILLO, R.G.; MIRANDA, R.P. El modelo semicuántico de Bohr en los libros de texto. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 3, p. 611-629, 2010.

RAMOS, M. T., Teachers' Ideas about the Nature of Science: A Critical Analysis of Research Approaches and Their Contribution to Pedagogical Practice. **Science & Education**, v. 21, n.5 p. 631-655, 2012.

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, 2014.

REIS, E.M., LINHARES, M.P. Ambientes virtuais de aprendizagem no Ensino de ciências no Proeja. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2011 **Atas...** Manaus, 2011.

REIS, V. Jonh Ziman- Físico e epistemólogo em uma “ciência pós- acadêmica”. In: HAYSAHI, M.C; RIGOLIN, C.C; KERBAUY, M.T (orgs). **Sociologia da Ciência: Contribuições ao Campo CTS**. Campinas- SP: Editora Alínea, 2014. cap.9, p.211-238.

RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KRANE, K. **Física**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. v. 1, 2, 3, 4.

REZENDE, F. et al. Interage: um ambiente virtual construtivista para formação continuada de professores de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20, n.3, 2003.

\_\_\_\_\_; OSTERMANN, F. **Formação de professores no ambiente virtual Interage- Um exemplo voltado para a introdução de FMC no Ensino Médio**, 2004. Disponível em <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol5/Num2/v5n1a04.pdf>>. Acesso em 23 marc.2014.

RIBEIRO JUNIOR, L. A., CUNHA, M. F.; LARANJEIRAS, C. C. Simulação de experimentos históricos no ensino de física: uma abordagem computacional das dimensões históricas e empírica da ciência na sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 4602, 2012.

RIBEIRO, E. N.; MENDONÇA, G. A.; MENDONÇA, A. F. **A importância dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem na busca de novos EAD**. 2007. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2007/tc/4162007104526AM.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2015.

RINALDI, E.; GUERRA, A. História da ciência e o uso da instrumentação: construção de um transmissor de voz como estratégia de ensino, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 653-675, 2011.

RODRIGUES, C. Configurações das abordagens pedagógicas da educação à distância. **Revista Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância**, v.10, n.6, 2011.

RODRIGUES, E. V.; ZIMMERMANN, E.; HARTMAM, 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.

RODRIGUES JUNIOR, E. et al. Análise do conteúdo de história da ciência de um material impresso de um curso de formação de professores de física na modalidade à distância. **Enseñanza de las Ciencias**, v. Extra, p. 3082-3087, 2013.

\_\_\_\_\_. et al.: Questões interdisciplinares com enfoque CTS: uma temática para o ensino médio. **Latin American Journal of Physics Education**, v.8, n1, 2014.

\_\_\_\_\_.; OLIVERIA, F.J.; LINHARES, M.P. Critérios para a avaliação de materiais didáticos impressos para a educação à distância. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.31, n.2, p.429-462, 2014.

\_\_\_\_\_.; HYGINO, C.B. 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, 2015.

RUDOLPH, J.L. Reconsidering the “nature of science” as a curriculum component. **Journal of Curriculum Studies**, v.32 n.3, p. 403-419, 2000.

SÁ, L. P., E. QUEIROZ, S. L. **Estudo de Casos no Ensino de Química**. Campinas: Editora Átomo, 2009.95p.

SALATEO, R.R. **Uma análise sobre a historiografia da Química no Brasil em Periódicos-1974 a 2004**. 2006.111f. Dissertação (Mestrado em História Social)- Programa de História Social, USP, São Paulo.

SAMUEL, R. História Local e História Oral. **Revista Brasileira de História**, v.9, n. 19, p. 219-242, 1990.

SANTOS - NETO, E.R. **Física no Brasil para o ensino médio: uma abordagem para compreensão da ciência e da atividade científica**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências)- Faculdade de Educação, USP, São Paulo, 2007.

SASSERRON. L.; BRICCIA.; V.; CARVALHO, A. Aspectos da natureza da ciência em sala de aula: exemplos do uso de textos científicos em prol do processo de alfabetização científica dos estudantes In: SILVA, C.C.; PRESTES, M. E (orgs). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. 1 ed. São Carlos, SP: Tipografia Editora, 2013. cap. 3, p.265-276

SAUERWEIN, I.P; DELIZOICOV, D. Formação continuada de professores de física do ensino médio: concepções de formadores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.**, v. 25, n. 3: p. 439-477, 2008.

SCHAYDER, J.P. **Como se tem escrito a história do Espírito Santo**. Cachoeiro de Itapemirim- ES: Cachoeiro Cult, 2011.160p.

SHAPIN, S. Diciplina y delimitación: la historia y la sociologia de la ciencia a luz del debate externismo- internismo. In: MARTÍNEZ, S.; GUILLAUMIN, G. (orgs). **Historia, Filosofia y Enseñanza de la Ciencia**. 1ª ed. , Unam, México: Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2005. , p.67-119.

SEDU. Secretaria da Educação do Espírito Santo. Edital 0662014. Disponível em <[http://www.sedu.es.gov.br/download/EDITAL0662014\\_ProfessoresHabilitados\\_Pedagogos.pdf](http://www.sedu.es.gov.br/download/EDITAL0662014_ProfessoresHabilitados_Pedagogos.pdf)>. Acesso em 01 mai.2015.

\_\_\_\_\_.Secretaria da Educação do Espírito Santo - **Diretrizes para a formação continuada dos profissionais da educação do Espírito Santo, 2014**. Disponível em: <<http://www.educacao.es.gov.br/download/DiretrizesFormacaoContinuadadosProfissionaisdaEducacaodoEspiritoSanto.pdf>>. Acesso em 04 mar. 2015.

SEED. Secretaria de Educação a Distância. Referenciais de Qualidade para a Educação Superior à distância. (2007). Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/referenciaisead.pdf>>. Acesso em 20 set. 2015.

SEKER, H.; GUNNEY, B. G., History of Science in the Physics Curriculum: A Directed Content Analysis of Historical Sources, **Science & Education**, v. 21, n.5, p. 683-703, 2012.

SEQUEIRA, M; LEITE, L. A História da Ciência no Ensino-Aprendizagem das Ciências, **Revista Portuguesa de Educação**, v.30, n 2, p.29-40,1988.

SILVA, B. V; MARTINS, A. F., A natureza da luz e o ensino da óptica: uma experiência didática envolvendo o uso da história e da filosofia da Ciência no ensino médio. **Experiências em ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 71-91, 2010.

SILVA, C. P.; FREIRE J. O., Herch Moysés Nussenzveig e a ótica quântica: consolidando disciplinas através de escolas de verão e livros-texto . **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 2601, 2013.

SILVA, C.C.; PRESTES, M. E (orgs). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. 1ª Ed, São Carlos: Tipografia Editora, 2013.

SILVA, L. C.; SANTOS, W. M.; DIAS, P.M A carga específica do elétron. Um enfoque histórico e experimental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 1601, 2011.

SILVA. C.C (org). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. 1ª ed.. São Paulo, Livraria da Física, 2006. 562p.

\_\_\_\_\_; MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton: Um exemplo do uso de história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 53-65, 2003

SILVEIRA, A. F et al. Natureza da Ciência numa sequência didática: Aristóteles, Galileu e o Movimento Relativo. **Experiências em ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 57-66, 2010.

SILVEIRA, F.; OESTERMANN, F. A. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais” **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 19, número especial: p.7-27, jun. 2002.

SOUSA, I.S. Currículo de história: perspectivas locais na educação de jovens e adultos. **Espaço do Currículo**, v.6, n.3, p.514-524, 2013

SOUZA, R. S.; SILVA, A.P.; ARAUJO, T.S. James Prescott Joule e o equivalente mecânico do calor: Reproduzindo as dificuldades do laboratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, 2014.

STINNER, A. et al. The Renewal of Case Studies in Science Education, **Science & Education**, v.12, n.12, p.617–643, 2003.

STUCKER, M. et al. The Philosophical Works of Ludwik Fleck and Their Potential Meaning for Teaching and Learning Science. **Science & Education** v.24, n.3, p. 281–298, 2015.

STUDART, N.; COSTA, R.C.; MOREIRA, I.C. Notas da história da física no Brasil-Theodoro Ramos e os primórdios da física no Brasil. **Física na Escola**, v. 5, n. 2, 2004.

STUMPF, I. R. Passado e futuro das revistas científicas. **Ciência da Informação**, v.25, n.3, 1996.

SYMON, K.R. **Mecânica**. Rio de Janeiro: Campus, 1996. 341p.

SZCZEPANIK, G.E. **A iniciação e o desenvolvimento da atividade científica segundo a estrutura das revoluções científicas de Thomas Kuhn**. Dissertação (Mestrado em Filosofia). 2005, 104f. Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina UFSC, Florianópolis.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I.M.; FREIRE Jr, O. The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A Research Synthesis of Didactic Interventions, **Science & Education**, v. 21, p. 771-796, 2012.

\_\_\_\_\_.; PEDUZZI, L.O; JR, O. F. Os caminhos de Newton para a gravitação universal: Uma revisão do debate historiográfico entre Cohen e Westfall, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 215-254, 2010.

TERRAZZAN, E.A.; GAMA, M.E. Condicionantes para a formação continuada de professores em escolas de educação básica. **Educação & Linguagem**, ano 10, n.15, p. 161-192, 2007.

THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein: a face oculta da invenção científica**. Ed Jorge Rio de Janeiro: Zahar, 1994.257p.

TOMIO *et al.* As imagens no ensino de ciências: o que dizem os estudantes sobre elas? **Caderno pedagógico**, Lajeado, v. 10, n. 1, p. 25-40, 2013.

TORÍBIO, A, M. **História da Física**. Núcleo de Educação Aberta e à Distância, UFES Vitória, 2012.66p.

URIAS, G.; ASSIS, A., Análise de biografias de Einstein em dois livros de divulgação científica, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 207-228, 2012.

VAN DIJK, E. M. Portraying real science in science communication. **Science Education**, v.95, n.6, p.1086–1100, 2011.

VANNUCCHI, A., **Historia e filosofia da ciência: da teoria para a sala de aula**, 1996.131f. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de educação, USP.

VIDEIRA, A. A. Einstein e o Eclipse de 1919. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, 2005.

VIGGIANO, E.; MATTOS, C. Quais são as visões existentes sobre ensinar e aprender? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS 7, 2009, Florianópolis **Atas...** Disponível em <<http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viienepec/pdfs/1523.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2015.

WAHBEH, N. **The effect of a content-embedded explicit-reflective approach on in service teachers' views and practices related to nature of science**. Unpublished doctoral dissertation, 2009. University ofIllinois at Urbana-Champaign, Champaign, IL.

ZANETIC, J. Dos “Principia” da mecânica aos “Principia” de Newton. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 5, p. 23-35, 1988.

\_\_\_\_\_. **Física também é cultura**. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1989.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.224p.

ZANOTELLO, M., Leitura e textos originais de cientistas por estudantes do ensino superior. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 4, p. 987-1013, 2011.

ZIMMERMANN, E.; EVANGELISTA, P. C. Q. Leitura e interpretação de imagens de física no Ensino Fundamental. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas. **Anais...** Jaboticatubas: Sociedade Brasileira de Física, 2004.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, v.13, n.3, p.67-80, 2011.

## Anexos

Anexo 1: grade curricular da disciplina física do 1º ano do Ensino Médio da rede estadual do ES.

### 1º Ano

COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	CONTEÚDOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Compreender a Física como construção humana, relacionando o desenvolvimento científico ao longo da história com a transformação da sociedade.</li> <li>Apropriar-se de conhecimentos da Física para compreender o mundo natural e para interpretar, avaliar e planejar intervenções científico-tecnológicas no mundo contemporâneo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar transformações de ideias e termos científico-tecnológicos ao longo de diferentes épocas e entre diferentes culturas.</li> <li>Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde, ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.</li> <li>Avaliar propostas ou políticas públicas em que conhecimentos científicos ou tecnológicos estejam a serviço da melhoria das condições de vida e da superação de desigualdades sociais.</li> <li>Compreender a construção de tabelas, gráficos e relações matemáticas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.</li> <li>Descrever e comparar características físicas e parâmetros de movimentos de veículos, corpos celestes e outros objetos em diferentes linguagens e formas de representação.</li> <li>Utilizar leis físicas para prever e interpretar movimentos e analisar procedimentos para alterá-los ou avaliá-los, em situações de interação física entre veículos, corpos celestes e outros objetos.</li> <li>Comparar e avaliar sistemas naturais e tecnológicos em termos da potência útil, dissipação de calor e rendimento, identificando as transformações de energia e caracterizando os processos pelos quais elas ocorrem.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introdução ao ensino de Física.</li> <li>Grandezas físicas (escalar e vetorial) e Sistema Internacional de Unidades (SI).</li> <li>Conceitos físicos fundamentais.</li> <li>Noção de velocidade e aceleração.</li> <li>A teoria de Galileu para queda dos corpos e princípio da inércia.</li> <li>Noção vetorial.</li> <li>Leis de Newton e suas aplicações: <ul style="list-style-type: none"> <li>força peso</li> <li>força normal</li> <li>força de tração</li> <li>força elástica</li> <li>força de atrito</li> </ul> </li> <li>Aplicações das Leis de Newton no movimento circular.</li> <li>Introdução à gravitação universal: <ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema Geocêntrico</li> <li>Sistema Heliocêntrico</li> <li>Leis de Kepler</li> <li>Lei da Gravitação Universal</li> <li>Buraco Negro</li> <li>Fenômeno das marés</li> <li>Movimento dos astros, como planetas, estrelas, cometas e outros).</li> </ul> </li> <li>Noções de relatividade restrita.</li> <li>Trabalho, potência, rendimento e energia.</li> <li>Conservação da energia.</li> <li>Impulso e quantidade de movimento.</li> </ul>

Anexo 2: grade curricular da disciplina física do 2º ano do Ensino Médio da rede estadual do ES.

## 2º Ano

COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	CONTEÚDOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>Entender métodos e procedimentos próprios da Física e aplicá-los a diferentes contextos.</li> <li>Associar alterações ambientais a processos produtivos e sociais, e instrumentos ou ações científico-tecnológicos à degradação e preservação do ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconhecer grandezas significativas, etapas e propriedades térmicas dos materiais relevantes para analisar e compreender os processos de trocas de calor presentes nos sistemas naturais e tecnológicos.</li> <li>Analisar diversas possibilidades de geração de energia térmica para uso social, identificando e comparando as diferentes opções em termos de seus impactos ambiental, social e econômico.</li> <li>Relacionar as características da luz aos processos de formação de imagens.</li> <li>Identificar e descrever processos de obtenção, utilização e reciclagem de recursos naturais e matérias-primas.</li> <li>Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e destinos dos poluentes e prevendo efeitos nos sistemas naturais, produtivos e sociais.</li> <li>Comparar exemplos de utilização de tecnologia em diferentes situações culturais, avaliando o papel da tecnologia no processo social e explicando transformações de matéria, energia e vida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A temperatura e suas escalas.</li> <li>Conceitos de calor: sensível, latente e trocas de calor.</li> <li>Propagação de calor e aplicações.</li> <li>Dilatação térmica.</li> <li>Máquinas térmicas e aplicações.</li> <li>Introdução ao estudo das ondas: conceito, características e classificação.</li> <li>Ondas sonoras (acústica)</li> <li>Dualidade onda-partícula.</li> <li>Conceitos fundamentais da ótica, definição de refração e leis da reflexão.</li> <li>Formação de imagens em espelhos e lentes.</li> <li>Ótica da visão.</li> <li>Instrumentos óticos e aplicações.</li> <li>Efeito fotoelétrico.</li> </ul>

## Apêndices

Apêndice 1- Programação das atividades do curso.

Tabela 19- Programação das atividades do curso.

<b>Programação de Atividades</b>			
<b>Atividade(s)</b>	<b>Data de início</b>	<b>Duração</b>	<b>Responsável</b>
<b>1º Encontro presencial:</b> Apresentação da disciplina/Capacitação Moodle	02/08/2014	4h	Edmundo Rodrigues Junior/ Cristiano da Silveira Colombo
<b>Aula 1: <u>Historiografia da Ciência:</u></b> o que é história da ciência; a trajetória de consolidação da história da ciência; história da ciência internalista e externalista.	03/08/2014	7h* (1ª semana)	Edmundo Rodrigues Junior
<b>Aula 2 :<u>História da ciência e ensino:</u></b> o potencial pedagógico da história e da filosofia da ciência; argumentos favoráveis e contrários à história da ciência no ensino; problemas e dificuldades da história e filosofia da ciência no ensino.	10/08/2014	11h* (2ª semana)	Edmundo Rodrigues Junior
<b>Aula 3: <u>Episódios e Estudo de caso históricos</u> :</b> Episódios históricos no ensino de ciências; conceito de estudo de caso histórico; diretrizes para montar um estudo de caso histórico; orientações para utilizar o estudo de caso histórico em sala de aula.	17/08/2014	6h* (3ª semana)	Edmundo Rodrigues Junior

<b>Aula 4:</b> <u>Gravitação Universal:</u> Lei da Gravitação Universal de Newton; constante gravitacional; aceleração gravitacional; o pêndulo simples.	24/08/2014	9h* (4ª semana)	Edmundo Rodrigues Junior
<b>Aula5:</b> <u>Termodinâmica (parte 1):</u> Calor; Máquinas térmicas; Segunda lei da termodinâmica; Ciclo de Carnot.	31/08/2014	8h* (5ª semana)	Edmundo Rodrigues Junior
<b>Aula 6:</b> <u>Termodinâmica (parte 2):</u> A ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim (impactos sociais, políticos e econômicos); o funcionamento da locomotiva a vapor.	07/09/2014	8h* (6ª semana)	Edmundo Rodrigues Junior
<b>Aula 7:</b> <u>Máquinas simples:</u> alavancas, engrenagens, polias.	14/09/2014	10h* (7ª semana)	Edmundo Rodrigues Junior
<b>Aula 8:</b> <u>Elaboração de um estudo de caso histórico:</u> produção de um estudo de caso histórico com ênfase nos episódios da história da ciência no Brasil; planejamento de uma aula de história da ciência envolvendo o estudo de caso histórico.	21/09/2014	12h* (8ª semana)	Edmundo Rodrigues Junior
<b>2º Encontro presencial:</b> exposição do plano de aula envolvendo os estudos de caso elaborados pelos participantes do curso/ Encerramento	27/09/2014	5h	Edmundo Rodrigues Junior

(27/09/2014).			
	___/___/___		
	___/___/___		

\* Na educação à distância a carga horária semanal representa o tempo mínimo de estudo dedicado a cada disciplina por semana.

## Apêndice 2- Mapa de atividade do curso

Tabela 20: mapa de atividades do curso.

<b>MAPA DE ATIVIDADES: CURSO À DISTANCIA DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA</b>											
<b>PROF: Edmundo Rodrigues Junior</b>											
<b>Carga horária 80 h</b>											
<b>S</b>	<b>Aula/Tema principal</b>	<b>Subtema</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Atividades</b>	<b>T</b>	<b>P</b>	<b>Recurso do Moodle</b>	<b>Grau de dificuldade</b>	<b>Nota</b>	<b>%</b>	<b>Observações</b>
0	Programação	-conteúdo programático -metodologia do ensino - critérios de avaliação -cronograma -bibliografia utilizada	Compreender os objetivos e propostas da disciplina	-Visualizar a dinâmica da disciplina  -Visualizar o cartaz da disciplina  -visualizar o fórum de notícias	X  X  X		-Link a arquivo  - Link a arquivo  - Fórum	-Baixo  -Baixo  -Baixo	0  0  0	0,5  0,5  0,5	Reforçar no fórum de notícias sobre a necessidade de dedicação ao curso
1	1- Historiografia da Ciência	- O que é e o que não é história da ciência -A trajetória de consolidação da história da ciência - O que é um bom trabalho de história da ciência.	-Reconhecer a visão comum que geralmente se tem sobre a história da ciência - Caracterizar a História da Ciência como área de pesquisa.  -Relacionar a formação da área com a Ciência.	- Agenda da aula 1  -Atividade diagnóstica  -Leitura do texto: O que é história da ciência?  -Atividade 1: Resumo a respeito da trajetória de formação e consolidação da História da Ciência  - Atividade 2: Reflexão sobre a mudança da visão do professor sobre o que é História da Ciência	X  X  X  X  X		-Página Web  - Questionário  -Link a arquivo  - Questionário  - Questionário	-Baixo  -Médio  -Médio  -Médio  -Médio	0  2  0  4  4	0,25  0,75  2  2  2	

			-Apresentar questões e problemáticas que são próprias à História da Ciência.  -Identifi car requisitos cumpridos por bons trabalhos na área.	-Fórum de dúvidas			- Fórum	-Médio	0	0,5	
2	2-História da ciência e ensino  Apresentação da disciplina	- O potencial pedagógico da HFC -Vantagens e desvantagens da história e da filosofia da ciência no ensino de ciências  -Problemas e dificuldades da história da ciência no ensino de ciências	-Compreender o potencial da história e da filosofia da ciência para o ensino de ciências  - Avaliar criticamente os argumentos a favor e contrários à utilização da história e filosofia da ciência na educação científica  - Reconhecer algumas dificuldades enfrentadas por	- Agenda da aula 2  -Fórum 1: História da ciência no ensino ( parte 1)  -Orientações para leitura  -leitura do texto HFC no ensino de ciências  - Fórum 2: História da ciência no ensino ( parte 2)  -Atividade 3: Dificuldades apresentadas pelos professores para a utilização da História e da Filosofia da Ciência  -Atividade 4:Argumentos do professor para defender ou criticar a utilização da história da ciência no ensino.  -Fórum de dúvidas	X		-Página Web -Fórum	-Baixo -Médio	0 3	0,25 0,75	
					X		- P. texto simples	- Baixo	0	0,5	
					X		-Link a arquivo	-Médio	0	2	
						X	-Fórum	-Médio	3	1	
					X		P. texto simples	-Médio	2	2	
					X		P. texto simples	-Médio	2	2	
					X		Fórum	-Médio	0	1	

			professores de ciências para o planejamento de aulas com enfoque histórico-filosófico.							
3	3-Episódios e estudos de caso históricos	<p>-conceito de estudo de caso.</p> <p>-tipos de estudos de caso.</p> <p>-diretrizes para montar um estudo de caso</p> <p>-orientações para utilizar o estudo de caso histórico em sala de aula</p>	<p>-Compreender uma estratégia de ensino alternativa em relação ao ensino tradicional</p> <p>-compreender o estudo de caso histórico como uma estratégia de narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões ou dilemas</p> <p>-compreender fatos, valores e contextos presentes em um episódio histórico.</p>	<p>-Agenda da aula 3</p> <p>- Leitura do texto: episódios históricos</p> <p>-visualizar o power-point narrado.</p> <p>-Fórum estudo de caso</p> <p>-Fórum de dúvidas</p>	X		-Página Web	-Baixo	0	0,25
					X		-P.texto simples	-Baixo	0	0,5
					X		- Link a arquivo	-Médio	0	0,75
					X		-Fórum	Médio	2	1
					X		-Fórum	Médio	0	0,5

			-oferecer ao professor subsídios metodológicos para a utilização do estudo de caso em sala de aula								
4	4- Gravitação Universal	- Lei da Gravitação Universal de Newton -A constante gravitacional -aceleração gravitacional -O pêndulo simples.	- Conduzir o professor para uma reflexão sobre os aspectos da natureza da ciência  -Levar o professor a compreender as discussões ocorridas no fim do século XVII, a respeito da forma da Terra.  -Compreender a relação existente a entre distância ao centro da Terra, a aceleração da gravidade e o período de	-Agenda da aula 4 - Estudo de caso 1: Leitura do estudo de caso histórico sobre as medições de tempo no Brasil feitas por couplet  - Questões estudo de caso 1 (antes)  - Episódio 1:Leitura do texto: Experiência científica realizada no Brasil para comprovar a forma da terra.  -Leitura do texto: O Brasil no principia.  - Leitura do texto : pêndulo simples e aceleração da gravidade.  -Atividade 5: Dicas para responder e encaminhar o roteiro de simulação  - Roteiro de simulação	X X  X  X X X X		-Página Web  -Link a arquivo  - Questionário  -Link a arquivo  -Link a arquivo  -Link a arquivo  -P.texto simples  -Link a	-Baixo -Médio  -Alto  -Médio  -Médio  -Médio  -Baixo -Médio  -Médio	0 0  4 0 0 0 5,0 0 0 4 4 0	0,25 1  2 1  0,75 0,5 0,5 3 0,5 0,25 0,25 2	Para visualizar e interagir com a simulação é necessário instalar e atualizar o programa Java.

			oscilação de um pêndulo simples.	- Simulação: -visualização e interação com a simulação do pêndulo simples ( <a href="http://www.walter-fendt.de/ph14br/pendulum_br.htm">http://www.walter-fendt.de/ph14br/pendulum_br.htm</a> )	X		arquivo	-Alto			
			-Promover a motivação e interesse dos professores valorizando a cultura científica do Brasil.	- leitura do texto: indução e empirismo.	X		-Link a site	-Alto		1,5	
			-Oferecer ao professor estratégias de ensino para a utilização do estudo de caso do episódio histórico sobre Pierre Couplet.	- leitura do texto: indução e empirismo.	X		-Link a arquivo	-Médio		1,5	
				- Leitura do texto: a crítica a indução	X		-Link a arquivo	-Médio			
				- Questões estudo de caso 1 (depois)	X		- Questionário				
				- Fórum para o estudo de caso 1	X		Fórum				
				- Fórum de dúvidas	X		Fórum				

5	5- Termodinâmica ( parte 1)	- Calor  -Máquinas térmicas.  -Segunda lei da Termodinâmica  -Ciclo de Carnot	-Refletir sobre aspectos relacionados ao processo de construção do conhecimento científico  -Reconhecer as influências econômicas, sociais e culturais no desenvolvimento científico.  -Estudo de conceitos relacionados ao conteúdo de máquinas térmicas	-Agenda aula 5 -Estudo de caso 2: Ler o estudo de caso sobre a máquina a vapor .  -Questões sobre o estudo de caso 2: antes  -Leitura do roteiro do filme: Legendas da ciência: episódio queimar.  - Visualizar o vídeo: Legendas da Ciência episódio queimar.  -Leitura do texto sobre o Ciclo de Carnot  - Fórum de dúvidas	X  X  X  X  X	X  X  X  X	-Página Web -Link a arquivo  - Questionário  -P. texto simples  -Link a site  - Link a arquivo  -Fórum de dúvidas	-Baixo -Médio -Médio  -Baixo  -Alto -Médio  -Médio	0 0 4  0  0  0  0	0,25 1 1,75  5  0,5 1,5 0,5	

6	6- Termodinâmica (parte 2)	-Calor -Máquinas térmicas.  -Segunda lei da Termodinâmica -Ciclo de Carnot  - A história de Cachoeiro de Itapemirim  - A ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim.	- Refletir sobre aspectos relacionados ao processo de construção do conhecimento científico  -Reconhecer as influências econômicas, sociais e culturais no desenvolvimento científico.  -Favorecer a percepção da cultura científica local  -Estudo de conceitos	-Agenda aula 6 - Assistir ao vídeo sobre a história de Cachoeiro de Itapemirim  - Ler o texto: A ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim  - Assistir ao vídeo sobre o funcionamento da locomotiva a vapor  - Questão 1  - Questão 2  - Questão 3  - Questão 4  - Questão 5  - Questão 6  - Questão 7  - Questão 8  - Questões estudo de caso 2 ( depois)  - Fórum estudo de caso 2  -Fórum de dúvidas	X X  X X  X X  X X  X X  X X  X X  X X  X X	-Página Web -Link a site  - Link a arquivo  -Link a site  - Questionário  - Questionário  - Questionário  - Questionário  - Questionário  - Questionário  - Questionário  - Questionário	-Baixo -Médio  -Médio -Médio  -Médio -Médio  - Médio  -Médio -Médio  -Médio -Médio  -Alto -Médio  -Médio	0 0  0 0  1 1  1 1  1 1  1 1  1 1  1 1  1 1  0	0,25 1,25  1 0,5  0,5 0,5  0,5 0,5  0,5 1  1 1  1 1  1 1  1 1  1 1  1		

			relacionados ao conteúdo de máquinas térmicas			X X	-Fórum -Fórum				
7	7-Máquinas Simples	- Alavancas interfixa, interpotente e interesistente  - Roldana fixa e roldana móvel	- Compreender o funcionamento das alavancas e das polias com o formalismo do século XVII  -Compreender como leis e teorias são elaboradas  -elaborar um aula sobre o tema máquinas simples	-Agenda da aula 7  - Estudo de caso3  - Questões sobre o estudo de caso 3-antes  -Atividade 6: elaborar uma resenha do texto: Entre os "antigos e os modernos": as Querelas sobre o Ensino das Ciências que antecederam a Reforma Pombalina da Universidade.  -Leitura do texto: dicas para elaborar uma resenha  - orientações para a leitura do	X X    X X  X	X  X  X  X  X	-Página Web - P. Texto simples  - Questionário  P. Texto simples  - Link a arquivo -P. Texto	-Baixo -Médio  -Médio  - Médio  - Médio  - Baixo  -Alto -Médio	0 0  3  3  0  0  0 3	0,25 0,5  1,5  3,75  1  0,5  4 1,5	Os trechos do compêndio estão em português antigo.



**Legenda:**

**S** : Número de semanas que a disciplina será ofertada.

**Tema principal:** temas selecionados de acordo com a ementa da disciplina.

**Subtemas:** são subitens do sumário do material didático impresso, ou seja, são os conteúdos que serão trabalhados pelo professor.

**Objetivos específicos:** são os objetivos que o professor define para atender ao aluno. Por exemplo, evidenciar para o aluno os objetivos da proposta da disciplina ou de determinado subtema.

**Atividades:** devem ser desenvolvidas de acordo com esses objetivos específicos. Elas podem ter características teóricas (T) e práticas (P). As atividades Teóricas exigem apenas leitura no material didático impresso ou no ambiente virtual . As atividades práticas exigem alguma atividade no ambiente moodle ou algum experimento no laboratório que deve ser realizado no pólo de apoio presencial.

**Recurso do moodle:** são as ferramentas disponibilizadas no ambiente virtual para a execução de determinada atividade. Sabemos que o moodle oferece diversos recursos como envio de arquivo, wiki, questionário, discussões em grupos, entre outros.

**Grau de dificuldade:** Corresponde ao nível de dificuldade de cada atividade planejada. O grau de dificuldade pode ser baixa, média ou alta. Tem como objetivo facilitar o trabalho do *Designer Instrucional* para avaliar as atividades consideradas fáceis, médias e difíceis propostas pelo professor para o aluno.

**Nota:** Todas as atividades do moodle podem ser avaliadas ou não. A legislação da educação à distância nos exige que as atividades presenciais como, por exemplo, as provas, devem ter um peso maior do que as atividades desenvolvidas no Ambiente Virtual de Aprendizagem. Algumas instituições de ensino, como o Instituto Federal do Espírito Santo possuem um *software* de controle acadêmico, denominado *sistema acadêmico*, que foi desenvolvido em integração com o moodle. O *sistema acadêmico* trabalha com notas de 0 a 100. Os professores fizeram a opção de atribuir 40 pontos para as atividades do AVA e 60 pontos para atividades presenciais como, por exemplo, as provas presenciais. Deve totalizar 100% no final da coluna. %: representa a percentagem de conteúdo atingido dentro da carga horária da disciplina. Deve totalizar 100% no final da coluna.

**Observação:** é local onde o professor deve especificar o que ele necessita durante ou após o desenvolvimento das atividades propostas. Então ele pode colocar uma observação que ele

necessita disponibilizar o gabarito ou que ele precisa instalar um software ou como será a distribuição das atividades em grupo.

Apêndice 3- Transcrição do vídeo de apresentação do estudo de caso elaborado pela professora MR

Data da apresentação: 04/10/2014

Local: Instituto Federal do Espírito Santo- IFES- Campus Cachoeiro de Itapemirim,

End.:BR-482, Cachoeiro de Itapemirim – ES ; fone (28) 3526-9000.

-Eu pensei em falar do problema da minha escola com agrotóxico mas agente é proibido por lei. Então puxei a sardinha para o meu lado que é a astronomia... Eu gosto de usar a história da ciência. Tive um professor muito bom, o professor Plínio lá na UFES e o professor Ênio e tive a chance de assistir várias palestras com o professor Mario Schenberg na PUC-SP. Fui privilegiada.

E a astronomia que eu adoro, tem a série do Carl Seigan, Cosmos, agora ta sendo reeditada. Eu uso muito com os alunos...

A minha história vai influenciar aí. Eu tenho um afilhado que hoje em dia trabalha na Suécia como professor. Ele ficou interessado... com a questão do pêndulo de Foucault que agente tinha visto no museu da Argentina. Tem um movimento diferente na Suécia, é o contrário.. e aquilo ele achava o máximo.

Ele se tornou professor de física por conta disso, lá é professor de ciências ( física, química, biologia) dá as três matérias...

Este artigo ele já conhecia e chamou a minha atenção e a dele porque agente vive conversando por skype, conversando de aula..

Eu usei esse daqui, esse caso histórico.Eu não coloquei um conteúdo porque dá para você usar como história da ciência e dá pra você começar com queda livre ( porque tem Galileu), dá pra usar em gravitação, então dá para uma série de conteúdos...

Agente começa com a gravitação passada na primeira aula, a gravitação com o pêndulo de Foucault na Argentina, no Museu da Argentina e meu afilhado falando: mas o da Suécia é diferente... ele ta com dez, oito, nove anos mais ou menos e eu tenho esse vídeo.

Uma das propostas e que na mesma aula, ele por skype vá até o museu deEstocolmo que fica a uns três a quatro quarteirões da escola onde ele trabalha. Aí ele mostra o de lá e aí vai ver o daqui, na Argentina. Lá no Rio Grande do Sul acho que tem mas no dia que fui lá não vi.

Na argentina agente tem. Aí ele mostra porque você vê nitidamente eles anti-horário e horário. Ele se propôs a ir lá é so marcar a hora; falou que leva até os alunos dele e ele faz a

mesma coisa que eu tiver fazendo aqui... O problema é achar um skype lá na nossa escola né? Mal tem computador na escola, a internet funciona mais ou menos, mas agente tem. Eu pensei em começar nesse sentido, ta?

Mostraria o pendulo de Foucault, tem um videozinho sobre o pendulo de uns 14 minutos, tem até o endereço aí direitinho... tem uma historiazinha sobre o pêndulo ... o que tem lá em Paris

Eu peço que eles provem pra mim, sem usar fotos, vídeos, nada disso com o que tinha lá no século XVI e XVII; que a Terra Gira. Deixo a vontade, só não pode foto nem vídeo, que isso não existia nessa época...

Apêndice 4- Questionário de avaliação do curso de formação continuada em história da ciência, respondido pelos professores participantes da pesquisa.

- 1) Os conteúdos programáticos de história da ciência trabalhados no curso contribuíram para o seu aprendizado? Justifique.
- 2) A estratégia de ensino utilizada pelo professor (estudo de caso histórico) está adequada para as suas necessidades profissionais? Justifique
- 3) As atividades desenvolvidas no curso que envolveu a utilização da simulação, fontes primárias, questionários, vídeos, slides, textos e fóruns, estavam adequadas para o seu aprendizado e para utilização na sala de aula do ensino médio? Justifique
- 4) Dos recursos elencados na questão anterior, coloque em ordem de prioridade os que você utilizaria na sala de aula com os seus alunos. Explique.
- 5) A avaliação utilizada pelo professor contribuiu para mensurar a evolução do seu conhecimento? Como?
- 6) O prazo para a entrega das atividades foi adequado?
- 7) Qual a sua carga horária semanal no período de realização do curso?
- 8) Como você avalia a sua participação e interação com os colegas no ambiente virtual?
- 9) Como você avalia a interação do professor com vocês no ambiente virtual do curso?
- 10) Descreva seu nível de satisfação do curso de formação continuada à distância de história da ciência no ensino de física.
- 11) Como você utilizaria a história da ciência em suas aulas? Descreva como seria um planejamento de aula com história da ciência.
- 12) Se achar conveniente, faça outros comentários sobre o curso.