UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Física

Instituto de Química

Instituto de Biociências

Faculdade de Educação

EDSON CESAR MARQUES FILHO

**Crenças de futuros professores de Física em
contexto de Inovação Curricular:**

**O caso de um curso de Física Moderna e
Contemporânea no Ensino Médio**

SÃO PAULO

2011

EDSON CESAR MARQUES FILHO

**Crenças de futuros professores de Física em
contexto de Inovação Curricular:**

**O caso de um curso de Física Moderna e
Contemporânea no Ensino Médio**

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alves Barros

**SÃO PAULO
2011**

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Marques Filho, Edson Cesar

Crenças de Futuros Professores de Física em Contexto de Inovação Curricular: o caso de um curso de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. - São Paulo, 2011.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Alves Barros

Área de Concentração: Ensino de Física

Unitermos: 1. Física – Estudo e Ensino; 2. Currículo de Ensino Médio; 3. Formação de Professores; 4. Física Moderna.

USP/IF/SBI-025/2011

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: MARQUES FILHO, Edson Cesar

Título: Crenças de futuros professores de Física em contexto de Inovação Curricular:
O caso de um curso de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Física, ao Instituto de Química, ao Instituto de Biociências e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcelo Alves Barros – Instituto de Física de São Carlos – USP

Julgamento:_____ Assinatura:_____

Profa. Dra. Jesuina Lopes de Almeida Pacca – Instituto de Física – USP

Julgamento:_____ Assinatura:_____

Profa. Dra. Maria Beatriz Fagundes – Universidade Federal do ABC

Julgamento:_____ Assinatura:_____

Ao Educador Maior, fonte inextinguível de Amor e Renovação, e aos meus amados pais e irmãos pelo apoio irrestrito à minha formação como ser humano e pelo incentivo contínuo ao estudo, desde tenra idade, como o maior legado de nossa família.

AGRADECIMENTOS

À minha querida família e aos amigos pelo apoio irrestrito, sempre.

Ao professor Marcelo Alves Barros, meu orientador, que nestes anos de convivência, muito tem me ensinado, tem tido paciência diante de minhas deficiências, me incentivado ao trabalho em diversas instâncias junto ao ensino de Física e contribuído para meu crescimento científico e intelectual.

Aos professores Elio e Jesuina, membros da banca examinadora de qualificação, pelas contribuições fundamentais para a consolidação desta dissertação.

À professora Roser Pintó pelas contribuições importantes para a análise dos dados e a estrutura da investigação.

Aos colegas e amigos, Marcelo Pereira, Marcos Matsukuma, Diego Rocha, Luciana Massi, Ariane Baffa, Flávia Polati, Alexandre Bagdonas, Pedro Donizete, Glauco dos Santos e Larissa Badan pelas importantes trocas acadêmicas e apoio nas mais variadas situações ao longo dessa trajetória.

Às professoras Nelma Bossolan, Daisy de Brito Resende, Daniela Provedel e Myriam Krasilchik, assim como aos professores João Pedro Ponte, Luiz Carlos de Menezes, Alberto Villani, Manoel Oriosvaldo de Moura, Agnaldo Arroio e Jenaro Guisasola Aranzabal pelos aportes preciosos ao longo de suas disciplinas.

À professora Cibelle Celestino Silva, pelo incentivo, ainda durante minha graduação, a explorar mais meu potencial enquanto estudante e também a ingressar no Mestrado em Ensino de Física.

Ao professor Mauricio Pietrocola e aos colegas de São Paulo do NUPIC, Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular, pelas valiosas reflexões acadêmicas, assim como à Nobuko e à Guara, ao Armando, ao Roberto, ao Jorge, ao Cristiano, ao Daniel, ao Herbert e aos demais professores do Projeto Ensino Público da FAPESP, que trabalham com cursos de Partículas

Elementares para professores do Ensino Médio.

A todos os futuros professores que cursaram a disciplina Prática de Ensino de Física nos anos de 2009 e 2010 com quem tive o prazer de poder interagir e, especialmente, àqueles que autorizaram a utilização de seus dados para esta investigação.

À Ellen e ao Thomas da Secretaria do Programa, sempre prestativos e gentis.

Ao IFUSP e à FEUSP pela oportunidade de realização do curso de mestrado e ao IFSC, por dispor de sua estrutura para a realização desta investigação.

À CAPES, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, e à FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela concessão da bolsa de mestrado e pelo apoio financeiro.

MARQUES FILHO, Edson Cesar. *Crenças de futuros professores de Física em contexto de Inovação Curricular: O caso de um curso de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio*. 2011. Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo.

Resumo

Um movimento geral de inovação curricular tem ocorrido em muitos países nas últimas décadas. O ensino, porém, tem permanecido resistente a essas novas formulações, em grande parte, em função dos conhecimentos e crenças educacionais de professores de modo que se faz necessário levar em consideração estes fatores para o êxito real das reformulações curriculares. Nesta pesquisa nosso objetivo consistiu em identificar e analisar as crenças de futuros professores de Física em um contexto de inovação curricular particular: a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) para alunos do Ensino Médio. Para tanto, utilizamos como referência teórica um artigo de revisão basilar sobre as crenças de professores (Pajares, 1992). Nossa metodologia foi qualitativa com 4 sujeitos estudados de um grupo de 11 alunos do curso Licenciatura em Ciências Exatas (Habilitação: Física) do Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, em 2009. Foram oferecidos aos licenciandos minicursos de dois temas de Física Moderna e Contemporânea: Física de Partículas e Nanociência, ambos com 16 horas, e, posteriormente, os futuros professores adaptaram e organizaram tais conceitos e atividades em um módulo de ensino com 4 horas para o Ensino Médio. Foram realizadas entrevistas semi-estruturadas e aplicados questionários Likert no início e ao fim desta investigação, bem como foram realizadas gravações em vídeo. As entrevistas foram analisadas com a Análise Textual Discursiva (Moraes, 2003) e os questionários com Mapas Cognitivos (Mellado et al., 2002). Destacamos que conhecer as crenças de futuros professores sobre implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é um primeiro passo importante para se buscar interferir sobre as crenças de futuros professores sobre o tema, fornecendo aos formadores de futuros professores uma perspectiva em relação às crenças deste público sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, bem como ainda salientamos a importância da continuidade de

futuras investigações neste sentido a fim nos proporcionar um quadro geral sobre esta questão.

Palavras-chave: Currículo de Ensino Médio, Física Moderna, Formação de Professores

MARQUES FILHO, Edson Cesar. Physics preservice teachers' beliefs in curriculum innovation context: The case of one course of Modern and Contemporary Physics in High School. 2011. Master's degree dissertation in Teaching of Sciences, University of São Paulo.

Abstract

A general movement of curricular innovation has occurred in many countries in recent decades. The teaching, however, has remained resistant to these new formulations, largely on the basis of knowledge and educational beliefs of teachers so that it is necessary to consider these factors to the success of real curricular changes. In this research our goal was to identify and analyze the beliefs of preservice teachers of physics in the context of a particular curriculum innovation: the inclusion of Modern and Contemporary Physics (MCP) topics for high school students. We used as theoretical reference a review paper on basic teachers' beliefs (Pajares, 1992). Our methodology was qualitative, with four preservice teachers studied from a group of 11 science future teachers (Physics License), from Physics Institute of São Carlos, University of São Paulo, in 2009. It was offered a minicourse to undergraduates of two Modern and Contemporary Physics topics: Particle Physics and Nanoscience, both in 16 hours, and thereafter, future teachers have adapted and arranged such concepts and activities into a teaching module with 4 hours for High School. Semi-structured interviews were conducted and were applied Likert questionnaires at the beginning and the end of this investigation, as well as video recordings were made. The interviews were analyzed with the Discourse Textual Analysis (Moraes, 2003) and questionnaires with Cognitive Maps (Mellado et al., 2002). We stress that knowing the beliefs of teachers about implementing Modern and Contemporary Physics topics in high school is an important first step to seek to interfere in the beliefs of prospective teachers on the subject, providing trainers of future teachers a perspective on the beliefs of the public on the inclusion of Modern and Contemporary Physics in high school and still emphasize the continued importance of future investigations in this direction in order to provide a general framework on this issue.

Keywords: High School Curriculum, Modern Physics, Teacher Training

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Síntese do procedimento metodológico para a coleta de dados.....	63
Figura 2 – Esquema das dimensões e categorias de análise.....	70
Figura 3 – Mapa epistemológico do questionário inicial de Saulo.....	82
Figura 4 – Mapa epistemológico do questionário final de Saulo.....	83
Figura 5 – Mapa didático-pedagógico do questionário inicial de Saulo.....	89
Figura 6 – Mapa didático-pedagógico do questionário final de Saulo.....	90
Figura 7 – Mapa motivacional pessoal do questionário inicial de Saulo.....	96
Figura 8 – Mapa motivacional pessoal do questionário final de Saulo.....	97
Figura 9 – Mapa motivacional geral do questionário inicial de Saulo.....	103
Figura 10 – Mapa motivacional geral do questionário final de Saulo.....	103
Figura 11 – Mapa epistemológico do questionário inicial de Roberto.....	129
Figura 12 – Mapa epistemológico do questionário final de Roberto.....	130
Figura 13 – Mapa didático-pedagógico do questionário inicial de Roberto.....	140
Figura 14 – Mapa didático-pedagógico do questionário final de Roberto.....	141
Figura 15 – Mapa motivacional pessoal do questionário inicial de Roberto.....	147
Figura 16 – Mapa motivacional pessoal do questionário final de Roberto.....	148
Figura 17 – Mapa motivacional geral do questionário Inicial de Roberto.....	155
Figura 18 – Mapa motivacional geral do questionário final de Roberto.....	155
Figura 19 – Mapa epistemológico do questionário inicial de Ana.....	178
Figura 20 - Mapa epistemológico do questionário final de Ana.....	179
Figura 21 – Mapa didático-pedagógico do questionário inicial de Ana.....	184
Figura 22 – Mapa didático-pedagógico do questionário final de Ana.....	185

LISTA DE FIGURAS

Figura 23 – Mapa motivacional pessoal do questionário inicial de Ana.....	190
Figura 24 – Mapa motivacional pessoal do questionário final de Ana.....	191
Figura 25 – Mapa motivacional geral do questionário inicial de Ana.....	197
Figura 26 – Mapa motivacional geral do questionário final de Ana.....	197
Figura 27 – Mapa epistemológico do questionário inicial de Lia.....	220
Figura 28 – Mapa epistemológico do questionário final de Lia.....	221
Figura 29 – Mapa didático-pedagógico do questionário inicial de Lia.....	227
Figura 30 – Mapa didático-pedagógico do questionário final de Lia.....	228
Figura 31 – Mapa motivacional pessoal do questionário inicial de Lia.....	234
Figura 32 – Mapa motivacional pessoal do questionário final de Lia.....	235
Figura 33 – Mapa motivacional geral do questionário inicial de Lia.....	241
Figura 34 – Mapa motivacional geral do questionário final de Lia.....	241

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definição da dimensão didático-pedagógica e suas categorias.....	68
Tabela 2 – Definição da dimensão epistemológica e suas categorias.....	69
Tabela 3 – Definição da dimensão motivacional e suas categorias.....	69
Tabela 4 – Unidades de análise epistemológicas de Saulo relacionadas à questão 3 do questionário Likert.....	83
Tabela 5 – Unidades de análise epistemológicas de Saulo relacionadas à questão 1 do questionário Likert.....	84
Tabela 6 – Unidades de análise epistemológicas de Saulo relacionadas às questões 5 e 6 do questionário Likert.....	85
Tabela 7 - Unidades de análise epistemológicas de Saulo relacionadas à questão 4 do questionário Likert.....	86
Tabela 8 – Outras unidades de análise epistemológicas de Saulo.....	86
Tabela 9 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Saulo relacionadas à questão 7 do questionário Likert.....	91
Tabela 10 - Unidades de análise didático-pedagógicas de Saulo relacionadas às questões 8 e 9 do questionário Likert.....	92
Tabela 11 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Saulo relacionadas às questões 10 e 12 do questionário Likert.....	93
Tabela 12 – Outras unidades de análise didático-pedagógicas de Saulo.....	93
Tabela 13 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 20 do questionário Likert.....	98
Tabela 14 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 19 do questionário Likert.....	99
Tabela 15 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 23 do questionário Likert.....	99
Tabela 16 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 14 do questionário Likert.....	100
Tabela 17 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 16 do questionário Likert.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 18 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 21 do questionário Likert.....	101
Tabela 19 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 22 do questionário Likert.....	102
Tabela 20 – Unidades de análise motivacionais gerais de Saulo relacionadas à questão 25 do questionário Likert.....	105
Tabela 21 – Unidades de análise motivacionais gerais de Saulo relacionadas à questão 27 do questionário Likert.....	105
Tabela 22 – Unidades de análise motivacionais gerais de Saulo relacionadas à questão 28 do questionário Likert.....	106
Tabela 23 – Unidades de análise epistemológicas de Roberto relacionadas à questão 1 do questionário Likert.....	131
Tabela 24 – Unidades de análise epistemológicas de Roberto relacionadas às questões 5 e 6 do questionário Likert.....	133
Tabela 25 – Unidades de análise epistemológicas de Roberto relacionadas à questão 4 do questionário Likert.....	135
Tabela 26 – Outras unidades de análise epistemológicas de Roberto.....	136
Tabela 27 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Roberto relacionadas à questão 7 do questionário Likert.....	142
Tabela 28 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Roberto relacionadas à questão 8 do questionário Likert.....	142
Tabela 29 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Roberto relacionadas às questões 10 e 12 do questionário Likert.....	143
Tabela 30 – Outras unidades de análise didático-pedagógicas de Roberto.....	144
Tabela 31 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 20 do questionário Likert.....	149
Tabela 32 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 19 do questionário Likert.....	150

LISTA DE TABELAS

Tabela 33 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 23 do questionário Likert.....	151
Tabela 34 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 14 do questionário Likert.....	151
Tabela 35 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 16 do questionário Likert.....	153
Tabela 36 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 21 do questionário Likert.....	153
Tabela 37 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 22 do questionário Likert.....	154
Tabela 38 – Unidades de análise motivacionais gerais de Roberto relacionadas à questão 25 do questionário Likert.....	156
Tabela 39 – Unidades de análise motivacionais gerais de Roberto relacionadas à questão 27 do questionário Likert.....	157
Tabela 40 – Unidades de análise motivacionais gerais de Roberto relacionadas à questão 28 do questionário Likert.....	158
Tabela 41 – Unidade de análise epistemológica de Ana relacionada à questão 20 do questionário Likert.....	179
Tabela 42 – Unidade de análise epistemológica de Ana relacionadas às questões 5 e 6 do questionário Likert.....	181
Tabela 43 – Unidade de análise epistemológica de Ana relacionada à questão 4 do questionário Likert.....	181
Tabela 44 – Outras unidades de análise epistemológicas de Ana.....	182
Tabela 45 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Ana relacionadas à questão 7 do questionário Likert.....	185
Tabela 46 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Ana relacionadas à questão 8 do questionário Likert.....	186
Tabela 47 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Ana relacionadas às questões 10 e 12 do questionário Likert.....	187
Tabela 48 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 20 do questionário Likert.....	192

LISTA DE TABELAS

Tabela 49 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 19 do questionário Likert.....	193
Tabela 50 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 23 do questionário Likert.....	194
Tabela 51 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 14 do questionário Likert.....	194
Tabela 52 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 16 do questionário Likert.....	195
Tabela 53 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 21 do questionário Likert.....	196
Tabela 54 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 22 do questionário Likert.....	196
Tabela 55 – Unidades de análise motivacionais gerais de Ana relacionadas à questão 25 do questionário Likert.....	198
Tabela 56 – Unidades de análise motivacionais gerais de Ana relacionadas à questão 27 do questionário Likert.....	199
Tabela 57 – Unidades de análise motivacionais gerais de Ana relacionadas à questão 28 do questionário Likert.....	200
Tabela 58 – Unidades de análise epistemológicas de Lia relacionadas às questões 5 e 6 do questionário Likert.....	222
Tabela 59 – Unidades de análise epistemológicas de Lia relacionadas à questão 4 do questionário Likert.....	223
Tabela 60 – Unidades de análise epistemológicas de Lia relacionadas à questão 1 do questionário Likert.....	223
Tabela 61 – Outras unidades de análise epistemológicas de Lia.....	224
Tabela 62 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Lia relacionadas à questão 8 do questionário Likert.....	229
Tabela 63 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Lia relacionadas à questão 7 do questionário Likert.....	229
Tabela 64 – Unidades de análise didático-pedagógicas de Lia relacionadas às questões 10 e 12 do questionário Likert.....	230

LISTA DE TABELAS

Tabela 65 – Outras unidades de análise didático-pedagógicas de Lia.....	231
Tabela 66 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 20 do questionário Likert.....	236
Tabela 67 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 19 do questionário Likert.....	237
Tabela 68 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 23 do questionário Likert.....	237
Tabela 69 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 14 do questionário Likert.....	238
Tabela 70 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 16 do questionário Likert.....	238
Tabela 71 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 21 do questionário Likert.....	239
Tabela 72 – Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 22 do questionário Likert.....	240
Tabela 73 – Unidades de análise motivacionais gerais de Lia relacionadas à questão 25 do questionário Likert.....	242
Tabela 74 – Unidades de análise motivacionais gerais de Lia relacionadas à questão 27 do questionário Likert.....	243
Tabela 75 – Unidades de análise motivacionais gerais de Lia relacionadas à questão 28 do questionário Likert.....	243

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BBC - British Broadcasting Corporation

CPEP - Contemporary Physics Educational Project

CEPOF – Centro de Pesquisas em Óptica e Fotônica

CEGH – Centro de Estudos do Genoma Humano

FMC - Física Moderna e Contemporânea

FNE - Física na Escola

NUPIC - Núcleo de Pesquisas em Inovação Curricular

PCESP - Proposta Curricular do Estado de São Paulo

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM+ - Orientações Curriculares para o Ensino Médio

PSSC - Physical Science Study Committee

RBEF - Revista Brasileira de Ensino de Física

STTIS - Science Teacher Training in An Information Society

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	22
1.1. A Inovação Curricular.....	24
1.2. A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.....	32
1.3. A formação inicial de professores.....	38
2. AS CRENÇAS EDUCACIONAIS.....	41
2.1. Uma definição de crenças.....	43
2.2. Sistema de crenças.....	44
2.3. Conhecimento e crenças: semelhanças e diferenças.....	45
2.4. As crenças de futuros professores.....	47
2.5. Uma importante crença de ordem motivacional: a auto-eficácia.....	49
2.6. Uma síntese sobre as crenças educacionais.....	51
3. METODOLOGIA.....	53
3.1. Uma pesquisa qualitativa.....	55
3.2. Um estudo de caso e uma pesquisa participativa.....	56
3.3. Os sujeitos investigados.....	58
3.4 Os instrumentos de coleta de dados.....	60
3.5. A sequência dos minicursos.....	62
3.6. As ferramentas analíticas para tratamento dos dados.....	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
4.1. Definições das Categorias de Análise.....	68
4.2. Dados do futuro professor Saulo.....	71
4.2.1. <i>Narrativa da Entrevista Inicial de Saulo.....</i>	<i>72</i>
4.2.2. <i>Narrativa da Entrevista Final de Saulo.....</i>	<i>77</i>
4.2.3. <i>Dados Epistemológicos de Saulo.....</i>	<i>82</i>

4.2.4. Crenças Epistemológicas inferidas de Saulo.....	87
4.2.5. Dados Didático-Pedagógicos de Saulo.....	89
4.2.6. Crenças Didático-Pedagógicas inferidas de Saulo.....	94
4.2.7. Dados Motivacionais de Saulo.....	96
4.2.8. Crenças Motivacionais inferidas de Saulo.....	107
4.2.9. Discussão sobre as Crenças inferidas de Saulo.....	110
4.3. Dados do futuro professor Roberto.....	114
4.3.1. Narrativa da Entrevista Inicial de Roberto.....	115
4.3.2. Narrativa da Entrevista Final de Roberto.....	121
4.3.3. Dados Epistemológicos de Roberto.....	129
4.3.4. Crenças Epistemológicas inferidas de Roberto.....	137
4.3.5. Dados Didático-Pedagógicos de Roberto.....	140
4.3.6. Crenças Didático-Pedagógicas inferidas de Roberto.....	145
4.3.7. Dados Motivacionais de Roberto.....	147
4.3.8. Crenças Motivacionais inferidas de Roberto.....	159
4.3.9. Discussão sobre as Crenças inferidas de Roberto.....	162
4.4. Dados da futura professora Ana.....	166
4.4.1. Narrativa da Entrevista Inicial de Ana.....	167
4.4.2. Narrativa da Entrevista Final de Ana.....	173
4.4.3. Dados Epistemológicos de Ana.....	178
4.4.4. Crenças Epistemológicas inferidas de Ana.....	183
4.4.5. Dados Didático-Pedagógicos de Ana.....	184
4.4.6. Crenças Didático-Pedagógicas inferidas de Ana.....	188
4.4.7. Dados Motivacionais de Ana.....	190
4.4.8. Crenças Motivacionais inferidas de Ana.....	201
4.4.9. Discussão sobre as Crenças inferidas de Ana.....	203

4.5. Dados da futura professora Lia.....	206
4.5.1. <i>Narrativa da Entrevista Inicial de Lia</i>	207
4.5.2. <i>Narrativa da Entrevista Final de Lia</i>	214
4.5.3. <i>Dados Epistemológicos de Lia</i>	220
4.5.4. <i>Crenças Epistemológicas inferidas de Lia</i>	225
4.5.5. <i>Dados Didático-Pedagógicos de Lia</i>	227
4.5.6. <i>Crenças Didático-Pedagógicas inferidas de Lia</i>	232
4.5.7. <i>Dados Motivacionais de Lia</i>	234
4.5.8. <i>Crenças Motivacionais inferidas de Lia</i>	244
4.5.9. <i>Discussão sobre as Crenças inferidas de Lia</i>	247
5. CONCLUSÕES	250
5.1. Considerações Finais.....	252
5.2. Impressões do Investigador.....	256
REFERÊNCIAS	258
ANEXOS	267
ANEXO A – Entrevistas de Saulo.....	268
ANEXO B – Questionários de Saulo.....	284
ANEXO C – Entrevistas de Roberto.....	288
ANEXO D – Questionários de Roberto.....	302
ANEXO E – Entrevistas de Ana.....	306
ANEXO F – Questionários de Ana.....	322
ANEXO G – Entrevistas de Lia.....	326
ANEXO H – Questionários de Lia.....	344
ANEXO I – Atividades de Física de Partículas.....	348
ANEXO J – Atividades de Nanociência.....	392

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, apresentamos o contexto desta investigação a partir da apresentação do movimento de inovação curricular que vem ocorrendo mundo afora focalizando as crenças dos professores como uma variável importante, segundo diversos pesquisadores, para o êxito da mesma. Traçamos ainda um breve panorama acerca de pesquisas que justificam e visam a implementar a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e, finalmente, focalizamos o futuro professor como o sujeito a ser investigado para o êxito deste movimento de inovação.

No capítulo 2, é apresentado o referencial teórico através do qual as crenças dos futuros professores sobre a implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) serão inferidas e discutidas.

No capítulo 3, discutimos os procedimentos metodológicos desta investigação, por meio da definição de uma pesquisa qualitativa, de um estudo de caso e de uma pesquisa participativa, bem como através da caracterização dos futuros professores investigados, os instrumentos e a sequência de coleta de dados e, por fim, explicitando quais foram as ferramentas analíticas utilizadas por nós para o tratamento dos dados.

No capítulo 4, definimos inicialmente cada uma das categorias de análise inscritas dentro de dimensões de análise mais abrangentes como a epistemológica, a didático-pedagógica e a motivacional. Além disso, para cada um dos licenciandos investigados, apresentamos os seguintes tópicos: uma narrativa da entrevista inicial e outra da entrevista final, seguidas por mapas cognitivos, produzidos a partir das respostas dos seus questionários inicial e final. Ademais, tanto os dados relativos aos questionários quanto às unidades de análise das entrevistas foram interpolados para cada uma das dimensões de dados: epistemológica, didático-pedagógica e motivacional e a partir desta estruturação dos dados e levando-se em conta as atitudes e práticas dos futuros professores ao longo de todas as etapas desta investigação, suas crenças foram, por fim, inferidas e discutidas.

No capítulo 5, delineamos algumas considerações finais acerca desta pesquisa.

1.1. A Inovação Curricular

Um marco histórico relevante que gerou grandes mudanças nos currículos do ensino de ciências foi o lançamento do foguete Sputnik pela antiga União Soviética em 4 de outubro de 1957. Após este evento, os Estados Unidos se mobilizaram em várias frentes de trabalho no sentido de melhorar o desempenho de seus estudantes em ciências para fazer frente à União Soviética através de grandes projetos educacionais como os Projetos Harvard Physics e Physical Science Study Committee (PSSC), entre outros. Mas estes grandes projetos, embora possuidores de excelentes materiais instrucionais, fracassaram em seus intuitos precípuos de um modo geral. Ainda assim, desde então, vem se consolidando um movimento geral sobre a necessidade de inovação dos conteúdos escolares e da metodologia com que os conteúdos são trabalhados dentro da escola em diversos países. Este movimento é um consequência do processo de transformação constante por que passa nossa sociedade.

A partir do projeto europeu de pesquisa Science Teacher Training in An Information Society (STTIS), sigla que significa “Formação de professores de Ciências na Sociedade da Informação”, pesquisadores europeus buscaram entender e caracterizar os professores quando estão implementando inovações curriculares. O projeto trabalhou com a premissa de que mudanças sociais demandam novas habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes nas escolas e de que pressões governamentais para a formação de capital humano para enfrentar uma competição global também influenciam fortemente o currículo, em particular o de ciências. No âmbito deste projeto europeu, Pintó (2005) afirma que até certo ponto uma inovação curricular só chega efetivamente em sala de aula quando o professor incorpora seus ideais.

Neste sentido, fica claro que há dificuldades na execução deste processo de inovação curricular e pesquisas na área de Educação em Ciências têm chamado atenção particularmente para os obstáculos enfrentados pelos professores quando estes realizam inovações curriculares em sala de aula.

Em diversos países já observamos um movimento de reforma curricular cuja ênfase desloca-se das necessidades do conteúdo para as necessidades dos

aprendizes, tornando-os ativamente engajados em situações de aprendizagem potencialmente relevantes para eles e que sejam percebidas como úteis e importantes para suas vidas.

No final da década de 1980, nos Estados Unidos, foi proposta uma reforma curricular no ensino de ciências preconizando que os estudantes se tornassem sujeitos ativos, empenhados em pesquisar e pensar criticamente. Os Padrões Nacionais de Ensino de Ciências estadunidenses - *National Science Education Standards* (1996) - propuseram, alguns anos mais tarde, um currículo de ciências cuja concepção de ensino seria toda baseada na investigação por parte dos estudantes, ou seja, na identificação de questões e problemas significativos, seguida pela busca e execução de métodos de exploração de pesquisa e, por fim, através da discussão de suas descobertas e ideias. Neste novo contexto, os professores seriam os provedores de um ambiente de ensino em que os estudantes pudessem interagir e falar de suas concepções, escolhendo suas propostas individuais de investigação e tendo suas manifestações consideradas no processo de resolução por parte do professor. O objetivo deste movimento era de que os estudantes desenvolvessem habilidades importantes para suas vidas e fossem capazes de examinar e criticar evidências, reconhecer as perspectivas subjacentes às palavras, gráficos e figuras apresentadas e enxergassem conexões importantes entre ideias, assim como utilizassem questões como “e se” e “suponha que”.

No entanto, embora os esforços para a execução desta reforma nas salas de aulas de ciências, a mudança não foi significativa e o aproveitamento dos alunos estadunidenses em ciências no Ensino Médio, de uma maneira geral, ainda era menor do que o desejado, ao passo que a aula tradicional com exposições e os livros-texto continuavam a ser os maiores protagonistas no aprendizado de ciências (Weiss, 1997 *apud* Davis, 2003). Assim, estudando o contexto estadunidense de reforma curricular, Davis (2003) aponta que o primeiro movimento para a concretização de uma reforma curricular é habilitar os professores a refletir e tornar explícitas suas crenças, atitudes e preocupações.

Em vários países, nas últimas décadas, a despeito das propostas de reforma curricular serem desenvolvidas no sentido de tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e significativo, o ensino tradicional tem permanecido resistente às

novas mudanças, e isto se deve em grande parte aos conhecimentos e crenças que os professores possuem sobre a natureza da sua disciplina, da sua identidade pessoal e profissional, assim como sobre o ensino e aprendizagem dos conteúdos específicos (Pintó et al., 2003).

Para todos aqueles envolvidos nos processos de reforma do ensino é consenso afirmar que os conhecimentos do professor, experiências e crenças desempenham um papel crucial nas mudanças educacionais, em particular, no ensino de física. Ou seja, a maneira como os professores aprendem a ensinar o que sabem, como adquirem seus conhecimentos, como mudam ao longo do tempo etc., são fatores que não podem ser negligenciados na compreensão das dificuldades dos professores em implementar uma inovação curricular em sala de aula (Davis, 2003). Na verdade tais fatores constituem-se em um conhecimento pessoal do professor que influencia enormemente suas práticas e a forma como reagem às inovações.

Feldman (2002) estudou as maneiras pelas quais um grupo de professores de escola secundária se engajaram no movimento de reforma curricular nos Estados Unidos. O autor propõe um modelo prático de mudança conceitual para o ensino a partir de uma perspectiva sociocultural, no qual busca integrar as crenças dos professores, seus raciocínios, conhecimentos e comportamentos com o contexto no qual estão inseridos. Defende um desenvolvimento profissional em que o ensino é visto como uma maneira de ser do professor e aceitar uma inovação curricular envolve uma reconstrução pessoal sobre o que significa ser um professor de ciências. Ressalta que os professores devem sentir-se insatisfeitos com suas práticas por reconhecerem sua ineficácia e substituí-las por uma nova que deva ser acomodada para atender a seus objetivos instrucionais. Entre as várias ações que podem sustentar este processo de mudança do professor, destaca a necessidade dos professores tomarem consciência dos seus conhecimentos preexistentes e sistema de crenças sobre o ensino e aprendizagem do conteúdo em uma variedade de situações educacionais.

Este autor também destaca a importância dos professores em ter um entendimento profundo da disciplina que ensinam e suas práticas, sem o qual é impossível a realização de um bom ensino. Obviamente, sem um conhecimento

adequado dos conteúdos específicos dificilmente os professores aprenderão estratégias de ensino para promover a aprendizagem dos alunos sobre a matéria. Neste sentido, é de fundamental importância que os professores tomem consciência de suas crenças e valores sobre a natureza da ciência e da disciplina que ensinam, rompendo com as visões distorcidas do trabalho científico e concebendo a ciência como um processo dinâmico. Finalmente, chama a atenção para a importância do tempo necessário para a reflexão e interação com outros professores, tanto em formação como em serviço, de modo a incorporar de forma lenta e gradual as novas perspectivas de ensino.

Segundo Tobin e McRobbie (1996), investigadores do contexto de inovação curricular australiano, é inicialmente preciso entender o porque das atitudes dos professores através de investigações de suas crenças e ações a fim de estabelecer suas relações. Os autores ainda destacam a existência de quatro mitos culturais que delimitam as crenças dos professores sobre o currículo de ciências: o mito da transmissão, o mito da eficiência, o mito do rigor e o mito da preparação dos estudantes para exames. A aceitação ou não de uma reforma curricular dependerá da maneira pela qual os mitos culturais fazem sentido para os professores, sendo eles, na maioria das vezes, obstáculos para a realização das mudanças pelos professores. Desta forma, para superar os obstáculos para a implementação de uma reforma curricular em ciências pelos professores deve-se partir da identificação dos seus mitos culturais e da reflexão crítica sobre sua eficácia, o que poderá ter profundos efeitos sobre suas crenças sobre o ensino e aprendizagem, assim como sua prática em sala de aula.

Outros trabalhos apontam o envolvimento dos professores como ponto-chave para o sucesso de uma inovação curricular (MacDonald e Rudduck, 1971; Brown e McIntyre, 1978; McIntyre e Brown, 1979). Também chamam a atenção para os riscos da não adesão e/ou ao não entendimento da inovação proposta por parte dos professores (Fullan e Hargreaves, 1992). As possibilidades de êxito aumentam significativamente quando a demanda por mudanças vem do interior do sistema de ensino, e não é vista pelos professores como uma imposição dos reformadores de curriculum (Terhart, 1999). Pesa ainda contra a implementação de inovações, a

percepção que os professores têm sobre sua capacidade para inovar e assumir os riscos que daí resultam (Lang et al., 1999).

No Brasil, nos últimos 15 anos, também há um movimento intenso de reforma curricular apontando a necessidade da promoção de uma educação compatível com a rápida aceleração da produção do conhecimento científico e da compreensão das novas tecnologias da informação que influenciam os modos de produção da sociedade. Os *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio* (BRASIL, 2002) foram consequência desse movimento por mudanças curriculares e na forma de organização do sistema de ensino de todo país. Nesse sentido, dentre as diferentes razões apresentadas para justificar a necessária atualização do ensino de física, os PCNEM+ destacam:

“Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas”.
(BRASIL, 2002, p. 70)

Em consonância a este fato, já havia à época destas proposições curriculares nacionais uma ampla literatura da área de ensino de Física justificando e propondo a necessidade de inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (Ostermann e Moreira, 2000a). Atualmente, muitos temas físicos modernos e contemporâneos já estão até mesmo prescritos na Proposta Curricular do Estado de São Paulo.

Por exemplo, segundo Terrazan (1992):

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo

homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau. (p. 210)

Apesar da importância atribuída à Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, não são triviais as dificuldades que devem ser superadas para ensiná-la. Entre algumas delas podemos destacar (Ostermann e Moreira, 2000a; Machado e Nardi, 2004) a falta de tempo para se abordar tais conceitos, devido à pequena carga horária reservada à Física na maior parte das escolas; a pressão exercida nas escolas para se ensinar somente assuntos exigidos nos exames de seleção para ingresso nas universidades, cujos programas usualmente não incluem temas de Física Moderna e Contemporânea ou deixam de fora vários conceitos; o fato de os conceitos de Física Moderna e Contemporânea serem abstratos e difíceis, gerando dificuldades para o entendimento pleno de docentes e alunos; a ausência de pré-requisitos dos estudantes para compreender tópicos de Física Moderna e Contemporânea.

Embora tais fatores possam constituir obstáculos para muitos professores, não parecem ser uma barreira ao ensino das ideias mais recentes da Física. A reduzida carga horária disponível para essa disciplina na maioria das escolas – em geral duas ou, eventualmente, três horas semanais – representa também um problema no ensino de conceitos da Física Clássica. Usualmente não se consegue discutir em profundidade todas as ideias relevantes do período clássico. Tal condição demanda a seleção de temas prioritários a serem abordados, abrangendo noções clássicas e modernas em um planejamento integrado.

A influência do vestibular nas práticas de ensino de diversas escolas não pode ser negligenciada, mas poderia ser contrabalanceada ao se refletir sobre os ganhos em qualidade da educação oferecida aos estudantes quando se incluem assuntos que contribuem para o entendimento de questões atuais e relevantes.

A falta de pré-requisitos dos estudantes tampouco pode ser considerado um argumento satisfatório para não se abordar a Física Moderna nos colégios. É difundida a concepção de que os alunos alcançam o preparo necessário para

compreendê-la somente quando estudaram detalhadamente a Mecânica, a Termologia, a Ondulatória, a Óptica e o Eletromagnetismo. Mediante um planejamento apropriado do ensino, é possível concentrar-se no desenvolvimento de ideias-âncoras essenciais para a assimilação dos conceitos de Física Moderna que se quer trabalhar e isso não implica percorrer completamente o conhecimento gerado anteriormente com todos os detalhes e problemas associados.

A alegação de que os conceitos de Física Moderna são muito abstratos e difíceis também não pode ser tomada como base para não os ensinar. Com efeito, a Física Clássica pode ser tão abstrata ou complexa quanto a Moderna. No ensino, tanto de ideias clássicas como de modernas e contemporâneas, uma questão central é efetuar a construção do significado dos conceitos mais importantes e algumas de suas implicações, levando em conta suas atuais condições de desenvolvimento cognitivo – incluindo seu conhecimento matemático – e também os propósitos educacionais a serem atendidos.

Para além de enumerar as dificuldades na implementação destes tópicos no Ensino Médio, é igualmente importante caracterizar qual é o papel do professor diante deste desafio da implementação de tais conteúdos em sala de aula. Neste sentido, pouca atenção tem sido depositada na investigação do papel da formação do professor de Física no contexto da inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio com o atendimento satisfatório às novas demandas de atualização curricular.

Ademais, um dos aspectos importantes para o êxito deste movimento inovador é a busca da adequação dos cursos de formação de futuros professores de Física de maneira a proporcionar uma sólida formação inicial em relação a estes conteúdos inovadores, não apenas do ponto de vista conceitual, senão também a partir da reflexão sobre o modo pelo qual estes conteúdos inovadores devem ser trabalhados em sala de aula.

Certamente são inúmeros os obstáculos para a adoção de uma inovação curricular e não cabe a nós procurar elencá-los todos. Todavia, neste trabalho chamamos atenção para a importância do papel desempenhado pelas crenças dos professores neste processo, pois suas crenças sobre conhecimento, ensino e

aprendizagem influenciam a maneira pela qual organizam seu ensino em sala de aula e, assim, nosso objetivo nesta investigação consiste em identificar as crenças de futuros professores a respeito da implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea para alunos do Ensino Médio. Com isso, buscamos compreender as dificuldades, percepções e saberes mobilizados de futuros professores sobre a inserção de tais tópicos no Ensino Médio quando eles são convidados a participar de um processo de inovação curricular durante sua formação profissional.

1.2. A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio

Em 1986, foi realizada a “Conferência sobre o Ensino de Física Moderna” no Fermi National Accelerator Laboratory, Estados Unidos, cujo resultado foi o consenso sobre a necessidade de renovação dos conteúdos ensinados nas escolas a fim de aproximar os estudantes das evoluções e avanços científicos recentes. (Ostermann e Moreira, 2000a).

A questão mais inquietante era a de que o conteúdo¹ de Física ensinado nas escolas não mudara significativamente ao longo do último século, a despeito das revoluções conceituais por que passara a Física no mesmo período.

Depois da Conferência, iniciativas surgiram buscando inserir tópicos de Física Moderna no Ensino Médio e, simultaneamente, formar professores com esse conhecimento. Tal tendência é cada vez mais necessária, uma vez que a atual sociedade demanda cidadãos com uma cultura científica contemporânea e significativa em todos os seus setores produtivos.

No Brasil, entre os pesquisadores da área de Ensino de Física, despontam alguns trabalhos importantes preocupados com a questão da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Para Valadares e Moreira (1998), é fundamental para o estudante de Ensino Médio ter conhecimento das bases da tecnologia contemporânea, dado que a mesma é parte ostensiva de seu cotidiano. Os autores apontam ainda a necessidade de se fazer uma conexão entre a Física da sala de aula e a Física do cotidiano.

Segundo Pinto e Zanetic (1999), urge reformular o ensino de Física tradicionalmente oferecido por nossas escolas – que avança no máximo até o início do século XX – em um ensino que contemple o desenvolvimento da Física Moderna,

1 Os conteúdos tradicionais de Física ensinados nas escolas são subdivididos nas seguintes áreas: Mecânica Newtoniana (Cinemática - meados séc. XVII - Dinâmica - final do séc. XVII); Termodinâmica (Termometria - meados séc. XVII - Trocas de calor - séc. XVIII – Máquinas térmicas - séc. XIX) e Eletromagnetismo (Eletrostática - final séc. XVIII – Indução eletromagnética – meados séc. XIX - Campo elétrico - final do séc. XIX), sendo que na prática dificilmente estes conteúdos são cumpridos integralmente.

pois esta soluciona problemas fenomenológicos que a Física Clássica não explica e concebe uma nova visão de mundo, sendo ainda responsável pelo atendimento de novas necessidades que se tornaram básicas para o homem contemporâneo. Deste modo, a Física Moderna constitui-se, enfim, em um conjunto de conhecimentos que extrapola os limites da Ciência e Tecnologia e influenciam outras formas do saber humano.

A inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, segundo Ostermann e Moreira (2000a), deve:

- Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles.
- Colocar os estudantes em contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois tradicionalmente eles não vêem nenhuma Física além de 1900.
- Atrair jovens para a carreira científica, pois serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física.

Pesquisas que abordam a proposição e a avaliação de atividades que possam inserir estes conteúdos em sala de aula de maneira significativa aos estudantes ainda são escassas. (Brockington, 2005; Brockington e Pietrocola, 2006; Siqueira e Pietrocola, 2006; Pietrocola, 2005 etc.) No entanto, algumas têm evidenciado a possibilidade de se ensinar satisfatoriamente conceitos dessa área, como os estudos relativos à abordagem dos temas *partículas elementares* (Ostermann, 1999) e *supercondutividade* (Ostermann, Ferreira e Cavalcanti, 1998) em sala de aula, envolvendo a elaboração de materiais didáticos e a preparação de professores. Tais investigações evidenciaram que:

- Os tópicos de Física Moderna despertam a curiosidade científica dos estudantes, melhorando suas atitudes frente à Ciência e contribuindo para aumentar sua auto-estima.
- As dificuldades de aprendizagem de temas contemporâneos da Física não são tão diferentes das usualmente enfrentadas com conteúdos de Física Clássica, embora muitas vezes seja preciso abordar determinados conceitos clássicos antes de expor temas mais recentes.

· Os estudantes podem aprender conceitos de Física Moderna se a forma de apresentação for adequada ao nível em que se encontram.

Ostermann e Moreira (2000a) apresentam uma lista que destaca os principais temas presentes nas publicações das revistas da área de ensino quando o assunto é inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: relatividade; armas nucleares; efeito fotoelétrico; laser; emissão de corpo negro; polaróides; cristais líquidos; supercondutividade; interações fundamentais; partículas elementares; experimentos de FMC; teoria do caos; radioatividade; mecânica quântica; raios cósmicos; astrofísica.

Apesar da importância atribuída à Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, não são triviais as dificuldades que devem ser superadas para ensiná-la. Entre algumas delas podemos destacar (Ostermann e Moreira, 2000a e 2000b; Machado e Nardi, 2004):

a) A falta de tempo para se abordar tais conceitos, devido à pequena carga horária reservada à Física na maior parte das escolas.

b) A pressão exercida nas escolas para se ensinar somente assuntos exigidos nos exames de seleção para ingresso nas universidades, cujos programas usualmente não incluem temas de Física Moderna e Contemporânea ou deixam de fora vários conceitos.

c) O fato de os conceitos de Física Moderna e Contemporânea serem abstratos e difíceis, gerando dificuldades para o entendimento pleno de docentes e alunos.

d) A ausência de pré-requisitos dos estudantes para compreender tópicos de Física Moderna e Contemporânea.

Embora tais fatores possam constituir obstáculos para muitos professores, não parecem ser uma barreira ao ensino das idéias mais recentes da Física. A reduzida carga horária disponível para essa disciplina na maioria das escolas – em geral duas ou, eventualmente, três horas semanais – representa também um problema no ensino de conceitos da Física Clássica. Usualmente não se consegue discutir em profundidade todas as idéias relevantes do período clássico. Tal

condição demanda a seleção de temas prioritários a serem abordados, abrangendo noções clássicas e modernas em um planejamento integrado.

A influência do vestibular nas práticas de ensino de diversas escolas não pode ser negligenciada, mas poderia ser contrabalanceada ao se refletir sobre os ganhos em qualidade da educação oferecida aos estudantes quando se incluem assuntos que contribuem para o entendimento de questões atuais e relevantes.

A falta de pré-requisitos dos estudantes tampouco pode ser considerada um argumento satisfatório para não se abordar a Física Moderna nos colégios. É difundida a concepção de que os alunos alcançam o preparo necessário para compreendê-la somente quando estudaram detalhadamente a Mecânica, a Termologia, a Ondulatória, a Óptica e o Eletromagnetismo. Mediante um planejamento apropriado do ensino, é possível concentrar-se no desenvolvimento de idéias-âncora essenciais para a assimilação dos conceitos de Física Moderna que se quer trabalhar e isso não implica percorrer completamente o conhecimento gerado anteriormente com todos os detalhes e problemas associados.

A alegação de que os conceitos de Física Moderna são muito abstratos e difíceis também não pode ser tomada como base para não os ensinar. Com efeito, a Física Clássica pode ser tão abstrata ou complexa quanto a Moderna. No ensino, tanto de idéias clássicas como de modernas e contemporâneas, uma questão central é efetuar a construção do significado dos conceitos mais importantes e algumas de suas implicações, levando em conta suas atuais condições de desenvolvimento cognitivo – incluindo seu conhecimento matemático – e também os propósitos educacionais a serem atendidos.

No entanto, para além de elencar quais tópicos de Física Moderna e Contemporânea devem ser trabalhados e enumerar as dificuldades na implementação destes tópicos no Ensino Médio, é igualmente importante na maioria das escolas – em geral duas ou, eventualmente, três horas semanais – representa também um problema no ensino de conceitos da Física Clássica. Usualmente não se consegue discutir em profundidade todas as idéias relevantes do período clássico. Tal condição demanda a seleção de temas prioritários a serem abordados, abrangendo noções clássicas e modernas em um planejamento integrado.

A influência do vestibular nas práticas de ensino de diversas escolas não pode ser negligenciada, mas poderia ser contrabalanceada ao se refletir sobre os ganhos em qualidade da educação oferecida aos estudantes quando se incluem assuntos que contribuem para o entendimento de questões atuais e relevantes.

A falta de pré-requisitos dos estudantes tampouco pode ser considerada um argumento satisfatório para não se abordar a Física Moderna nos colégios. É difundida a concepção de que os alunos alcançam o preparo necessário para compreendê-la somente quando estudaram detalhadamente a Mecânica, a Termologia, a Ondulatória, a Óptica e o Eletromagnetismo. Mediante um planejamento apropriado do ensino, é possível concentrar-se no desenvolvimento de idéias-âncora essenciais para a assimilação dos conceitos de Física Moderna que se quer trabalhar e isso não implica percorrer completamente o conhecimento gerado anteriormente com todos os detalhes e problemas associados.

A alegação de que os conceitos de Física Moderna são muito abstratos e difíceis também não pode ser tomada como base para não os ensinar. Com efeito, a Física Clássica pode ser tão abstrata ou complexa quanto a Moderna. No ensino, tanto de idéias clássicas como de modernas e contemporâneas, uma questão central é efetuar a construção do significado dos conceitos mais importantes e algumas de suas implicações, levando em conta suas atuais condições de desenvolvimento cognitivo – incluindo seu conhecimento matemático – e também os propósitos educacionais a serem atendidos.

No entanto, para além de elencar quais tópicos de Física Moderna e Contemporânea devem ser trabalhados e enumerar as dificuldades na implementação destes tópicos no Ensino Médio, é igualmente importante caracterizar qual é o papel do professor diante deste desafio da implementação de tais conteúdos em sala de aula.

Neste sentido, pouca atenção tem sido depositada na investigação das crenças de futuros professores e professores em serviço no contexto da inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio com vista ao atendimento satisfatório às novas demandas de atualização curricular. É nesta perspectiva,

particularmente trabalhando com a identificação das crenças de licenciandos que esta investigação se propõe a atuar.

1.3. A formação inicial de professores

No entanto, para além de elencar quais tópicos de Física Moderna e Contemporânea devem ser trabalhados e enumerar as dificuldades na implementação destes tópicos no Ensino Médio, é igualmente importante caracterizar qual é o papel do professor diante deste desafio da implementação de tais conteúdos em sala de aula.

Dentre as múltiplas investigações realizadas, destacamos estudos que têm apontado para a necessidade de propostas de inovação curricular relacionadas à introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Tais estudos têm focalizado, em especial, o processo de transposição didática das Teorias Modernas e Contemporâneas para a sala de aula (Pinto e Zanetic, 1999; Brockington, 2005; Brockington e Pietrocola, 2006; Siqueira e Pietrocola, 2006; Pietrocola, 2005 etc.).

De maneira geral, estes trabalhos focalizam esforços na procura de conteúdos que permitam caracterizar a transformação dos conhecimentos construídos na Ciência para o ambiente da sala de aula, assim como na estruturação de atividades de ensino potencialmente capazes de promover a aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea pelos alunos.

Porém, do nosso ponto de vista pouca atenção tem sido depositada na investigação do papel da formação inicial e continuada do professor de Física no contexto da inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e que atenda satisfatoriamente às novas demandas de atualização curricular.

Apesar de haver praticamente consenso entre os pesquisadores da necessidade de se incorporar aos cursos de formação inicial e continuada de professores e à prática de ensino tópicos de Física Moderna e Contemporânea, a questão que se coloca é se tais cursos são suficientes para suprir as necessidades formativas dos professores de Física sobre esses temas e garantir o sucesso de sua introdução no Ensino Médio.

As pesquisas sobre a formação de professores têm mostrado, de modo geral, que os professores entram nos programas de formação com crenças pessoais a

respeito do ensino, com imagens do bom professor, imagens de si mesmos como professores e a memória de si próprios como alunos. Além disso, essas crenças pessoais geralmente permanecem sem alteração ao longo dos programas de formação e acompanham os professores durante suas práticas de ensino (Kagan, 1992).

Esses resultados são, até certo ponto, previsíveis mesmo porque já é bastante conhecida a resistência às mudanças nas concepções que os sujeitos constroem ao longo de suas vidas. No entanto, esses aspectos já anunciam boa parte das dificuldades que precisam ser enfrentadas num programa de formação inicial de professores de Física, cuja intenção é introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula, assim como promover reflexões sobre a prática de ensino, sejam elas de natureza conceitual, didático-pedagógica ou motivacional.

Em particular, no contexto da inovação curricular no que se refere a trabalhar conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na formação de professores, cabe indagar: Como licenciandos de Física se vêem enquanto profissionais? Quais as dificuldades que os licenciandos acreditam que irão encontrar ao trabalhar esses temas? O que os licenciandos acreditam que vai ser difícil ensinar: o formalismo matemático, os experimentos cruciais, os aspectos históricos, a relação CTS?

É principalmente nesse sentido que se faz necessário ampliar nossa visão acerca dos programas de formação inicial de professores. Se por um lado, dentro desses programas cabem os conhecimentos da disciplina a ser ensinada, o conhecimento didático-pedagógico e todos os outros conhecimentos produzidos academicamente acerca dos processos de ensino e de aprendizagem, por outro lado, esses conhecimentos não abrangem todos aqueles de que os professores lançam mão em seu trabalho e que certamente têm sido pouco explorados nos programas de formação.

Nessa linha de pensamento, Tardif (2000), por meio de uma perspectiva epistemológica e ecológica, sintetiza e descreve os saberes profissionais dos professores, qualificando-os como temporais, plurais e heterogêneos e, ainda, personalizados e situados. São, assim, saberes adquiridos através do tempo, que provém da história de vida e da vida escolar, que se desenvolvem no âmbito de uma

carreira, que provém de diferentes fontes, que procuram atingir diferentes objetivos ao mesmo tempo, que são fortemente objetivados e subjetivados, difíceis de desassociar das pessoas e de sua situação de trabalho. Mas, sobretudo, esse repertório de conhecimentos, construído pelos professores em função de seus contextos de trabalho, suas percepções e representações, difíceis de serem explicitados, também caracterizam a profissão docente, pois se trata de um saber fazer fortemente associado ao processo de ensino.

Como afirma Perrenoud (1999), um profissional reflexivo *aceita fazer parte do problema*. Parece que essa é uma forma promissora para que o professor possa entrar em contato com suas crenças e refletir sobre suas representações e ações, reconhecendo-as como saberes que ele coloca em ação no exercício de sua profissão.

A inscrição de uma atitude reflexiva na identidade profissional dos professores configura-se como forma de libertação do trabalho prescrito e de um caminhar na direção de construir suas próprias iniciativas, em função dos alunos, do campo, do ambiente, das parcerias e cooperações possíveis, dos recursos e das limitações próprias do estabelecimento, dos obstáculos encontrados ou previsíveis. Ao percorrer esse processo é que o professor pode vir a experimentar um estilo próprio de docência. Ou seja, poderá escolher uma forma própria de ser professor, que acaba por delinear posturas particulares para enfrentar a multiplicidade de desafios presentes na profissão.

Neste sentido, é fundamental fazer com que eles tomem consciência sobre suas crenças pessoais e a forma como estas influenciam sua prática docente nos cursos de formação inicial e continuada de professores.

2. AS CRENÇAS EDUCACIONAIS

2. AS CRENÇAS EDUCACIONAIS

Neste capítulo será apresentado o referencial teórico através do qual as crenças dos futuros professores sobre a implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) serão inferidas e discutidas.

2.1. Uma definição de crenças

Definir crenças e sistemas de crenças é um assunto delicado, com uma dificuldade intrínseca em função delas serem estudadas em muitas áreas distintas do conhecimento e terem uma variedade de significados, bem como serem raramente bem definidas e utilizadas como uma referência conceitual clara. Apresentamos, mais adiante, a caracterização das crenças segundo alguns autores e finalizamos esta seção com a adoção de uma definição de crenças.

As crenças, segundo Nespor (1987) têm um ar de verdade profundamente pessoal e incontestável. Elas seriam algo além do conhecimento e do controle individual, criações individuais ideais ou alternativas geradas a partir de situações reais, mas diferentes das mesmas. As crenças ainda teriam uma carga avaliativa e afetiva e uma estrutura episódica com material oriundo da experiência ou de fontes culturais de transmissão de conhecimento.

Além disso, as crenças se configuram como criações mentais, oriundas da experiência, transformadas em representações internas que representam o mundo. Portam uma validade suficiente e são tidas como verdadeiras, orientando o comportamento das pessoas (Sigel, 1985; Harvey, 1986). Brown e Cooney (1982), ademais, apontam que as crenças são temporal e contextualmente específicas, o que é importante em um contexto de investigação e de aferição das mesmas.

Elas podem abarcar questões cujos conhecimentos são inseguros, assim como outros assuntos que atualmente são tomados como verdades e que, no entanto, podem ser contestados no futuro (Dewey, 1933 apud Pajares, 1992).

Neste trabalho, consideramos crenças como informações que os sujeitos aceitam como verdadeiras (Koballa e Crawley *apud* Riggs e Enochs, 1990). Estas informações, porém, podem não ser muitas vezes verbalizadas com clareza pelos indivíduos porque nem sempre eles têm suas crenças de uma forma organizada, refletida e pronta para uma explicitação, ou ainda podem estar relutantes a se expor.

Portanto, para chegarmos até elas, é necessário realizar-se inferências sobre os estados subjacentes das pessoas, e, para tanto, deve-se levar em consideração o que os sujeitos dizem, pretendem e fazem (Pajares, 1992).

2.2. Sistema de crenças

Um sistema de crenças engloba as inúmeras crenças de uma pessoa sobre a realidade física e social por meio de alguma forma psicológica organizada, mas não necessariamente lógica. Dentro desta organização, as crenças diferem em intensidade e força, variando ao longo de uma dimensão centro-periférica. Quanto mais central é uma crença, mais ela vai resistir a mudanças e maiores serão suas conexões com outras crenças, de maneira que mais significativas serão suas implicações dentro do sistema (Rokeach, 1968).

Ainda segundo este autor, tanto as crenças que abrangem a identidade de um indivíduo, como as crenças aprendidas por contato direto com um determinado objeto ou situação são mais nucleares porque foram presenciadas pelo indivíduo e tornam-se um fenômeno existencial para ele. Já aquelas crenças compartilhadas com outras pessoas, como as nossas predileções, ou aquelas incorporadas por meio de outros indivíduos são menos centrais. As atitudes e valores compõem esta rede e também podem ser concebidas como vertentes centrais ou periféricas da mesma. Suas forças podem ser interpretadas pelas conexões com outras crenças e estruturas. Essa conectividade permite inferir a sua importância e predisposição para a ação.

Todos os indivíduos, em algum momento de suas vidas, têm suas crenças testadas por meio da convivência com outras pessoas possuidoras de crenças incompatíveis. Quando os indivíduos são subitamente lançados sobre determinadas situações conflitantes e surge um momento em que eles devem se comportar de maneira consistente com apenas uma dessas crenças é que as ligações são descobertas ou criadas e a nuclearidade de uma crença vem à tona.

As crenças podem ser, muitas vezes, contraditórias, parcialmente claras e mesmo incoerentes. Uma pessoa pode considerar declarações que na verdade são incompatíveis entre si como igualmente válidas e essa inconsistência não é obrigatoriamente uma enganação lógica (Schutz, 1970). Neste sentido, a natureza contextual específica das crenças e suas conexões com outras crenças as tornam especialmente difíceis de inferir e medir. É essa mesma característica que muitas vezes faz com que elas pareçam ser mais incoerentes do que talvez sejam.

2.3. Conhecimento e crenças: semelhanças e diferenças

A natureza do ensino e do trabalho do professor é muitas vezes tão mal definida que as crenças educacionais são especialmente passíveis de terem suas conexões incompletas e imprecisas. Quando um professor encontra um domínio mal definido, suas estratégias de processamento cognitivas e da informação não funcionam e esquemas apropriados estão desconectados. O professor está incerto em relação a qual informação é necessária ou qual comportamento adequado. Em tal circunstância, é mais provável que os registros pretéritos nucleares sejam acionados (Nespor, 1987).

Sob outra perspectiva, as estruturas de conhecimento se concentram nos aspectos cognitivos do ensino, ou seja, estão no cerne da transmutação do pensamento em prática. Neste sentido, o conhecimento tem domínio sobre o afeto, parte das crenças, embora elas também possam influenciar o pensamento do professor (Roehler, et. al., 1988).

Ainda segundo tais investigadores, as crenças representam verdades imutáveis e independentes das situações, ao passo que o conhecimento, entretanto, é fluido e evolui à medida que novas experiências são interpretadas e integradas em esquemas existentes. Outra diferença seria a de que as crenças promovem escolas de pensamento, enquanto o conhecimento seria algo exclusivo a um indivíduo. Além disso, as crenças são permeadas de um viés emocional que indica o certo e o errado e o conhecimento seria emocionalmente neutro.

Um professor pode ter um certo conhecimento, mas não ter idéia de como ensiná-lo aos seus alunos. Segundo Anderson (1983, 1985) o primeiro conhecimento seria do tipo declarativo, oriundo da pergunta 'o quê', e o segundo seria processual, ou ainda o conhecimento de como as coisas ou sistemas trabalham. Ademais, um professor pode saber os procedimentos de gestão da aula e como colocá-los em prática, mas não estar convicto do tempo adequado e das condições ótimas para a sua utilização, o que exemplifica o que Paris, Lipson e Wilson (1983) chamaram de conhecimento condicional, o qual engloba saber 'quando', 'porquê' e sob quais condições os conhecimentos declarativos ou processuais devem ser usados.

Lewis (1990) afirma que não há necessidade se engolfar nos campos da religião, da política e de ideologias pessoais para entender o entrelaçamento da natureza do conhecimento e da crença. Neste sentido, é possível questionar se eles são conceitos equivalentes e, ademais, se distinguí-los é importante. O autor afirma peremptoriamente que ambos constructos são sinônimos e que a coisa mais simples, empírica e observável revelará uma avaliação, um julgamento, uma crença, mediante uma reflexão.

Cumpramos ressaltar que no escopo deste trabalho, adotamos a postura de que as crenças englobam o conhecimento, ou seja, compartilhamos a ideia de que todo conhecimento tem sua origem em uma ou mais crenças no sentido de elas são filtros pelos quais os indivíduos visualizam e avaliam o mundo, de modo que as formas de se conhecer são essencialmente as formas de se escolher valores.

2.4. As crenças de futuros professores

As crenças sobre o ensino estão bem estabelecidas quando os estudantes chegam à faculdade. Elas são desenvolvidas durante o aprendizado de observação que se dá durante os vários anos que os estudantes gastam na escola. (Lortie, 1975; Buchmann, 1987; Florio-Ruane e Lensmire 1990; Wilson, 1990).

Tais crenças incluem idéias sobre o que é um professor efetivo e como os alunos devem se comportar, embora geralmente estejam inarticuladas e simplificadas. Ainda assim, elas são levadas pelos estudantes para os programas de preparação de professores (Clark, 1988; Nespor, 1987).

Algumas dessas crenças estão em consonância com as premissas que os formadores de professores querem desenvolver com seus futuros professores, mas algumas não. Bejarano e Carvalho (2003) observam, inclusive, que muitas destas crenças foram forjadas num ambiente de ensino tradicional, o que pode vir a dificultar um futuro professor a inspirar sua prática docente nos atuais desejos de reforma curricular.

Muitos professores imaginam que os atributos mais importantes para o sucesso no ensino são aqueles que eles percebem neles próprios. Acreditam que os problemas enfrentados pelos professores em sala de aula não vão ser enfrentados por eles e a grande maioria imagina que serão melhores professores do que seus pares. Futuros professores ingressantes nos cursos de formação em geral vêem o ensino como um processo de transmissão de conhecimento e de fornecimento de informações.

Ademais, as crenças elaboradas a mais tempo afetam fortemente o comportamento dos indivíduos e se tornam altamente resistentes a mudanças na vida adulta (Van Reet, 1979). Neste sentido, Calderhead e Robson (1991) reportam que os futuros professores mantêm vívidas imagens do ensino enquanto eram alunos, as quais influenciam interpretações de cursos específicos e de práticas de sala de aula e têm um papel fundamental na determinação de como eles traduzem e utilizam o conhecimento que possuem e como eles determinam as práticas que futuramente eles empreenderão como professores.

De um modo geral, podemos dizer que estas crenças educacionais de futuros professores compõem-se daquelas relacionadas aos seus estudantes, a si próprios, a sua relação com o conhecimento e, enfim, às suas crenças de auto-eficácia.

Quanto às crenças dos futuros professores em relação aos estudantes, estas se relacionam a como o futuro professor julga poder influenciar suas atitudes, como se dá o processo de motivação deles, quais são seus papéis no processo de ensino e aprendizagem e, finalmente, quais são suas crenças sobre a causa das atitudes dos seus alunos.

No que concerne às crenças dos futuros professores em relação a eles mesmos, estas se compõem de suas concepções sobre seus papéis como professores e seus processos de crescimento pessoal e profissional, quais são suas motivações para o ensino e como eles atribuem causas para suas próprias atitudes.

As crenças dos futuros professores também são constituídas por suas ideias acerca da natureza de um conteúdo específico ou sobre o conteúdo específico em si.

Finalmente, também fazem parte destas crenças, aquelas que se relacionam às suas capacidades de realizarem tarefas específicas, ou seja, suas crenças de auto-eficácia, um tipo de crença de ordem motivacional (Bejarano e Carvalho, 2003).

2.5. Uma importante crença de ordem motivacional: a auto-eficácia

Na Teoria Social Cognitiva (Bandura, 1986), há uma idéia central: a auto-eficácia, definida como “crenças nas próprias capacidades de organizar e executar cursos de ação necessários para produzir determinados resultados” (Bandura, 1997) em uma determinada tarefa específica. Neste sentido, é necessário especificar bem as tarefas ao acessar as crenças de auto-eficácia dos indivíduos, uma vez que é em relação a elas que a pessoa se julga ou não capaz (Bandura, 1986).

As fontes que compõem as crenças de auto-eficácia, segundo Bandura (1977), são as experiências positivas, ocorrências em que o indivíduo encara uma determinada situação e consegue enfrentá-la com sucesso, de modo que ele obtém, assim, informações de suas próprias capacidades para enfrentar situações similares; as experiências vicárias, relacionadas à observação, por um indivíduo, de situações exitosas ou malogradas de outrem em ocorrências similares que influenciam seu comportamento; a persuasão verbal, um conjunto de estímulos verbais que levam alguém a ter consciência de que é capaz de executar uma dada ação; por fim, os estados fisiológicos, estados emocionais e fisiológicos das pessoas tais como a ansiedade, o estresse, o aumento do batimento cardíaco, a respiração ofegante e calafrios que podem ocorrer durante a execução de uma tarefa. De todos esses fatores, são as reais experiências de êxito que propiciam o mais seguro incremento de auto-eficácia, sendo elas indispensáveis mesmo na presença das demais fontes.

Pessoas com um baixo senso de eficácia em um dado domínio, esquivam-se de tarefas difíceis que percebem como problemas, têm baixas aspirações e fraco empenho para os objetivos que elas escolhem buscar e mantêm um foco em um auto diagnóstico depreciativo ao invés de se concentrarem em como se fazer algo com sucesso. Quando deparadas com tarefas difíceis, elas fixam-se muito nas deficiências pessoais, nos obstáculos que irão encontrar e em todos os possíveis resultados adversos, afrouxam seus esforços e desistem rapidamente diante de dificuldades, demorando para retomar sua crença de eficácia após falhas ou reveses. Isto porque elas diagnosticam uma atuação insatisfatória como uma deficiência de capacidade. Não é preciso muitos erros para que elas não mais acreditem em suas capacidades, caindo facilmente como vítimas de estresse e depressão.

Já uma forte crença de eficácia melhora a realização pessoal em vários aspectos. As pessoas com alta eficácia vêem tarefas difíceis como desafios a serem devidamente administrados, ao invés de ameaças a serem evitadas. Tal perspectiva de eficácia fomenta interesse e profunda imersão nas atividades em questão, além de produzir realizações pessoais, reduzir o estresse e diminuir a vulnerabilidade à depressão (Bandura, 1993). Além disso, a motivação para um certo tipo de comportamento está também em função da intensidade desta crença.

São raros os trabalhos qualitativos relacionados às crenças de auto-eficácia de professores. Eles vêm sendo realizados ao longo das duas últimas décadas como alguns estudos de caso em contextos variados (McAlpine e Crago, 1995; Mulholland e Wallace, 2001; Milner e Woolfolk, 2003; Puchner e Taylor, 2006) relacionando as crenças de auto-eficácia de professores e suas práticas. Por outro lado, muito mais comum é encontrar na literatura sobre crenças de auto-eficácia de professores trabalhos que se utilizam da metodologia quantitativa. Tais estudos, porém, devem contar com um grande número de participantes para a possibilidade de realização de análises quantitativas. .

2.6. Uma síntese sobre crenças educacionais

Pajares (1992) sintetizou muitas descobertas sobre este assunto, de modo a estabelecer alguns princípios básicos que pudessem guiar novas investigações neste sentido:

- As crenças dos indivíduos afetam fortemente seu comportamento;
- Quanto mais cedo uma crença é incorporada em uma estrutura de crença, mais difícil será alterá-la.
- Mesmo diante de contradições causadas pela razão, tempo, instrução ou experiência elas tendem a se auto-perpetuarem;
- Mudanças de crenças durante a maioridade são fenômenos relativamente raros em que ocorrem mudanças profundas em alguém;
- Os indivíduos se apegam a crenças baseadas em conhecimentos incompletos ou incorretos mesmo depois de explicações cientificamente corretas serem apresentadas a eles.
- As crenças sobre o ensino já estão bem estabelecidas quando um estudante chega à universidade.
- Os indivíduos desenvolvem um sistema de crenças que abriga todas as crenças adquiridas através do processo de transmissão cultural.
- O sistema de crenças tem uma função adaptativa ao ajudar os indivíduos a entenderem o mundo e a eles mesmos;
- Conhecimento e crença são indissociavelmente entrelaçados, mas a potente natureza afetiva, avaliativa e episódica das crenças, torna-as um filtro através do qual os fenômenos são interpretados.
- O efeito filtrador das estruturas de crenças resguarda, redefine, distorce ou remodela os pensamentos subsequentes e o processamento da informação.
- As crenças contribuem na definição de tarefas e na seleção de ferramentas cognitivas com as quais se interpretam, planejam e tomam decisões em relação a

tais tarefas, exercendo um papel crítico na definição do comportamento e na organização do conhecimento e da informação.

- As crenças educacionais devem ser entendidas em termos de suas conexões internas e em relação a crenças mais centrais no sistema: as atitudes e os valores.

- As crenças devem ser inferidas levando em consideração a relação adequada entre as crenças afirmadas pelos indivíduos, a intencionalidade para comportar-se de uma maneira predisposta e o comportamento relacionado à crença em questão.

Assim, diante destas premissas, fica mais fácil intuir porque mudanças nas atitudes dos professores, em geral, não são triviais, embora isto não seja o foco desta investigação. Além disso, fica também muito evidente como as crenças influem nas escolhas e encaminhamentos que os indivíduos têm que realizar cotidianamente.

Por fim, pesquisas sobre a formação inicial de professores têm apontado para o fato de que, para além dos licenciandos entrarem nos programas de formação inicial com crenças fortemente forjadas sobre aspectos educacionais, elas geralmente permanecem sem alteração ao longo destes programas e ainda acompanham os futuros professores durante suas práticas de ensino (Kagan, 1992).

Outras investigações sobre as crenças dos professores têm apontado que tais representações também podem se constituir como facilitadores ou obstáculos para mudanças na formação inicial e continuada, pois estas exercem uma poderosa influência sobre as escolhas pessoais e profissionais dos docentes afetando diretamente o seu ensino e a aprendizagem (Barros, 2005; Beach e Pearson, 1998; Cuadra et. al., 2003; Lumpe, Haney e Czerniak, 2000; Llinares e Sanchez, 1989; Ruiz et al, 2005; Porlán, 1989; Porlán, Rivero e Martín, 1997).

Assim, nosso objetivo neste trabalho é identificar e analisar as crenças de licenciandos de Física relacionadas à inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula e na prática docente.

3. METODOLOGIA

3. METODOLOGIA

Neste capítulo, discutimos os procedimentos metodológicos desta investigação, por meio da definição de uma pesquisa qualitativa, de um estudo de caso e de uma pesquisa participativa, bem como através da caracterização dos futuros professores investigados, os instrumentos e a sequência de coleta de dados e, por fim, explicitando quais foram as ferramentas analíticas utilizadas por nós para o tratamento dos dados.

3.1. Uma pesquisa qualitativa

Nossa metodologia de pesquisa é de natureza qualitativa. Este termo engloba uma série de diferentes tipos de estudos que, segundo Bogdan e Biklen (1994), podem ter, entretanto, até cinco características gerais em comum. Em nosso caso, optamos por enumerar três destas características entendendo que, em alguma medida, esta investigação os contém mais intensamente.

“A investigação qualitativa é descritiva” (Bogdan e Biklen, 1994, p.48) de maneira que tais estudos se utilizam de falas para esclarecer e reforçar uma determinada problemática. *“A abordagem qualitativa exige que o mundo seja examinado com a ideia de que nada é trivial, que tudo tem potencial para constituir uma pista que nos permita estabelecer uma compreensão mais esclarecedora de nosso objeto de estudo”* (Bogdan e Biklen, 1994, p.49).

“Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva” (Bogdan e Biklen, 1994, p.50). De fato, esta investigação demanda, em parte, uma postura em que “as abstrações são construídas à medida que os dados particulares que foram recolhidos vão se agrupando” (Bogdan e Biklen, 1994, p.50). Interessante, entretanto, pontuar que uma vez realizado este procedimento de análise, utilizaremos o conhecimento da literatura sobre crenças para lançar luz aos dados agrupados e também estamos conscientes de que nossos instrumentos de coleta de dados têm, subjacentes, muita teoria impregnada, embora não haja um referencial explicitamente utilizado.

“O significado é de importância vital na abordagem qualitativa” (Bogdan e Biklen, 1994, p.50). Buscamos o modo pelo qual os sujeitos conferem significados aos acontecimentos, a fim de tentar compreender as relações usualmente imperceptíveis para um olhar exterior.

Este tipo de investigação apresenta um aspecto dialógico entre o investigador e os sujeitos da pesquisa, uma vez que a interação entre ambos influi mutuamente. Para cada tipo de estudo, tais características gerais aparecem com mais ou menos intensidade do que outras. Em alguns estudos, algumas podem até mesmo não aparecer.

3.2. Um estudo de caso e uma pesquisa participativa

Nossa investigação tem características de um estudo de caso que “consiste na observação detalhada de um contexto, ou indivíduo, de uma única fonte de documentos ou de um acontecimento específico” (Merriam, 1988 apud Bogdan e Bilklen, 1994, p.89).

Segundo Lüdke e André (1986), os estudos de caso:

1) Visam à descoberta e, neste sentido, ainda que tenham um arcabouço teórico inicial, sempre estão abertos a novos elementos e dimensões que podem ser incorporados à investigação na medida em que a mesma está em curso.

2) Devem interpretar os dados segundo o contexto em que eles se inscrevem, ou seja, é importante caracterizar bem a situação específica em que eles ocorrem ou o problema específico a que estão ligados para que um determinado problema relacionado às ações, percepções, comportamentos e interações das pessoas possa ser compreendido.

3) Buscam captar a realidade através das múltiplas dimensões de uma determinada situação ou problema, enfatizando-o globalmente mediante a complexidade intrínseca das situações e as conseqüentes inter-relações de seus componentes.

4) Usam várias fontes de coleta de informações acionadas em diferentes momentos com fontes diversas de informação.

5) Revelam uma experiência vicária e dão ensejo a generalizações naturalísticas que se processam na medida em que o leitor do estudo associa dados presentes no mesmo às suas experiências.

6) Representam as diferentes e, por vezes, conflitantes questões relacionadas a uma determinada situação, de modo que tanto o investigador, quanto os leitores do estudo possam chegar às suas conclusões sobre um problema, uma vez que a realidade pode ser vista sob diversas perspectivas.

7) Utilizam uma linguagem mais acessível do que outros relatórios de pesquisa, podendo englobar dados apresentados das mais distintas maneiras.

Quando estes dados são escritos, os mesmos são geralmente narrados em estilo informal permeado por figuras de linguagens, citações, exemplos e descrições.

Além disso, esta pesquisa apresenta também traços do que se denomina pesquisa participante (Thiollent, 1985) dado que investigador e sujeitos pesquisados interagem e se influenciam em diversas situações de ensino no contexto de inovação curricular desta pesquisa.

3.3. Os sujeitos investigados

A turma inicial, a partir do qual empreendemos a nossa pesquisa, constituiu-se de 11 alunos do curso de Licenciatura em Ciências Exatas do Instituto de Física de São Carlos (Habilitação: Física), da Universidade de São Paulo, que cursavam a disciplina Prática de Ensino de Física no ano de 2009.

Esta disciplina faz parte do último ano deste curso, compõe-se de 4 horas semanais de trabalho em sala de aula ao longo de um ano. Seus objetivos declarados em sua ementa são: Situar o futuro profissional na realidade educativa brasileira; discutir parâmetros e propostas curriculares para o ensino de Física disponíveis no país; analisar, discutir, planejar e elaborar materiais didáticos e módulos de ensino de Física a partir de reflexões teóricas realizadas na disciplina e/ou em outras disciplinas realizadas durante o curso de graduação; resultados recentes da pesquisa sobre Ensino de Física; considerar aspectos históricos, filosóficos e epistemológicos da Ciência; estimular a reflexão, a problematização e a investigação do cotidiano; preparar o indivíduo para o exercício de uma cidadania crítica, atuante e solidária.

Os quatro licenciandos pesquisados nesta investigação a partir da referida turma foram selecionados em função da disponibilidade dos mesmos para colaborar com esta pesquisa. Todos eles foram colegas de curso de graduação em Licenciatura em Ciências Exatas e cursaram, junto com o investigador desta pesquisa, alguma disciplina. Seus perfis sintéticos estão explicitados a seguir:

Roberto

O licenciando, 31 anos, escolheu o curso de Licenciatura pelos seguintes fatores: sua empatia com a Física; a disponibilização noturna do curso; sua necessidade de trabalhar durante o dia e o fato de gostar de dar aulas. Não pretende exercer a profissão imediatamente, uma vez que já tem um emprego estável atualmente como funcionário público, mas tem a intenção de ser professor no futuro.

Saulo

O futuro professor, 41 anos, sempre quis ser professor e considera a profissão como algo muito importante, uma vez que a Física está em tudo em nossa volta. O fato de sempre ter gostado de matemática e de objetos mecânicos e elétricos contribuiu para que ele escolhesse ser professor de Física. Pretende exercer a profissão após terminar a graduação.

Ana

A licencianda Ana, 23 anos, teve sua escolha pelo curso de Licenciatura relacionada com a sua situação econômica e com a necessidade de realizar um curso superior. Afirma não ter grande interesse em ser professora e optou pelo curso em função da sua baixa nota de ingresso.

Lia

A licencianda Lia tem 23 anos de idade e sua escolha pelo curso de Licenciatura se deu principalmente pela aptidão pela Física e pelas Ciências Exatas em geral e durante o curso começou a se interessar em ser professora, mas, ao final do curso, não pretendia mais exercer esta profissão após ter vivenciado algumas experiências docentes ao longo do curso.

3.4 Os instrumentos de coleta de dados

Nossos instrumentos, para a coleta de dados, constituíram-se de entrevistas semi-estruturadas e questionários. A escolha por este procedimento justifica-se devido à variedade e complexidade de contextos nos quais as crenças dos professores se manifestam (Pajares, 1992), sendo que as respostas fornecidas por cada instrumento podem ser analisadas de forma complementar e permitir aos pesquisadores corroborar certas ideias ou ainda detectar inconsistências nas informações fornecidas pelos sujeitos.

Segundo Ruiz et al. (2005), apesar de o uso de questionários ser associado habitualmente a metodologias quantitativas, enquanto que as entrevistas sejam empregadas em metodologias qualitativas, atualmente se utilizam tanto um como outro procedimento dependendo da natureza da investigação.

Os questionários, apresentados na íntegra na seção de Anexos, consistiram de 28 itens do tipo Likert e foram validados em um trabalho apresentado no XIX SNEF (Rocha e Marques Filho, 2011). Além disso, seus itens foram extraídos e adaptados de pesquisas que mapearam as crenças educacionais de professores de ciências (Kagan, 1992; Pajares, 1992; Beach e Pearson, 1998; Lumpe, Haney e Czerniak, 2000; Bejarano e Carvalho, 2003; Ruiz et al, 2005; Porlán; 1989; Porlán, Rivero e Martín, 1997; Barros, Pintó e Marques Filho, 2010; Barros, Laburú e Silva, 2010). A utilização de questionários também justifica-se devido a fato de ser este um dos principais instrumentos empregados nas pesquisas correntes sobre crenças de professores. Também construímos novos itens que se relacionavam diretamente aos aspectos específicos das crenças dos futuros professores de Física que pretendíamos investigar. Os questionários foram aplicados no início e no final de um ciclo de coleta de dados conforme descrito a seguir. Cabe destacar que apenas buscamos ter mais elementos com esta aplicação para a inferência das crenças dos indivíduos, não avaliando tão somente as eventuais mudanças nas respostas.

Realizamos ainda entrevistas semi-estruturadas com cada um dos 4 futuros professores individualmente. Os protocolos das entrevistas, também apresentados na íntegra na seção de Anexos, foram desenvolvidos com a ajuda de dois pesquisadores experientes e elaborados para esclarecer e complementar algumas

informações específicas presentes nas respostas aos questionários no que diz respeito à inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. As entrevistas focalizaram, por um lado, aspectos gerais relacionados à escolha profissional e ao gostar de ser professor e, por outro, a aspectos diretamente relacionados às suas crenças sobre a natureza da Física Moderna e Contemporânea, assim como ao seu processo de ensino e aprendizagem.

Também obtivemos registros na forma de gravações em vídeo durante todas as etapas de desenvolvimento da pesquisa e muito embora estes vídeos não tenham sido transcritos, os mesmos nos ajudaram a compreender melhor certas atitudes e comportamentos dos licenciandos.

3.5 A sequência dos minicursos

Apresentamos a seguir as etapas iniciais e finais do desenho e da implementação de dois minicursos realizados no 2º semestre de 2009 sobre o tema “Física de Partículas” e “Nanociência e Nanotecnologia” por alunos da Prática de Ensino de Física do curso de Licenciatura em Ciências Exatas para estudantes do Ensino Médio. Os minicursos foram realizados a fim de que os licenciandos tivessem contato com os conteúdos e o ensino destes para estudantes do Ensino Médio, pois assim poderíamos observar suas ações e confrontá-las com suas declarações captadas pelos questionários e entrevistas. Estes minicursos aconteceram paralelamente na turma de 11 futuros professores da disciplina. Foram divididos 02 grupos que trabalharam cada tema independentemente. Roberto e Saulo estavam no grupo de Física de Partículas, enquanto Ana e Lia estavam no grupo de Nanociência.

Estes mini-cursos foram organizados nas seguintes etapas: 16h de estudos com o objetivo de fornecer atividades e bases conceituais para capacitar os futuros professores a trabalhar os temas propostos, 20h de preparação e adaptação das atividades de ensino discutidas na etapa anterior sobre os tópicos principais de “Física de Partículas” e “Nanociência e Nanotecnologia” e, finalmente, 4h de aplicação de novos minicursos para alunos do Ensino Médio de escolas públicas e uma particular da cidade de São Carlos-SP. Os novos minicursos sobre Física de Partículas abordaram os seguintes tópicos: modelos atômicos, radiações beta e gama, raios-X, quarks e suas propriedades estranhas, detectores, LHC, família de partículas, matéria e anti-matéria. Em relação aos novos minicursos sobre Nanociência e Nanotecnologia abordamos os tópicos: matéria mole e fenômenos em escala nanométrica, fundamentos da Microscopia de Força Atômica, fabricação de nanoestruturas com controle molecular, funcionamento de um dispositivo orgânico.

Os materiais completos dos minicursos de Física de Partículas e de Nanociência ministrados aos futuros professores estão postados respectiva e integralmente no Anexo I e no Anexo J.

A figura a seguir ilustra todo ciclo de nosso procedimento metodológico para a coleta de dados com os 4 sujeitos investigados:

Figura 1: Síntese de nosso procedimento metodológico para a coleta de dados.

Em síntese, o procedimento geral de intervenção e de coleta de dados desta investigação ocorreu da seguinte forma:

- 1 – Os licenciandos responderam ao questionário Likert.
- 2 – Participaram individualmente de uma entrevista semi-estruturada, a qual durou em média vinte minutos.
- 3 – Participaram de um minicursos sobre os seguintes temas de FMC: Física de Partículas e Nanociência.
- 4 – Tiveram um período dedicado à preparação de um novo minicurso referente aos temas FMC trabalhados.
- 5 – Aplicaram duas vezes seus novos minicursos a estudantes do Ensino Médio.
- 6 – Mais uma vez, participaram individualmente de uma entrevista semi-estruturada, a qual durou em média vinte minutos.
- 7 – Responderam novamente ao questionário Likert.

3.5. As ferramentas analíticas para tratamento dos dados

Para análise e classificação das respostas às entrevistas utilizamos como ferramenta analítica a Análise Textual Discursiva (Moraes, 2003). Esta ferramenta de análise permite que se organizem os dados para se alcançar um nível além do que é explicitado nas falas dos entrevistados, partindo-se das características, do contexto e do processo de criação dos enunciados.

Para tanto, inicialmente realizamos a desmontagem das entrevistas a partir de um movimento de leitura intensiva e da delimitação dos dados a serem analisados para atingir suas unidades de análise, a menor unidade do texto impregnada com um sentido que atribuímos ao longo do processo de classificação independentemente do tamanho da mesma. Estas unidades foram codificadas e, em alguns casos, reescritas de modo a oferecer mais clareza.

A seguir, buscamos estruturar as unidades de análise em termos de algumas categorias a partir das ocorrências por nós observadas entre o conjunto dos dados obtidos, as quais ainda foram agrupadas em dimensões mais gerais. Vale pontuar que esta classificação teve muito mais um caráter de organização dos dados para uma posterior inferência das crenças dos sujeitos. Adotamos uma perspectiva em que uma mesma unidade de análise pôde ser classificada em mais de uma categoria quando a unidade continha distintos sentidos. Segundo Moraes “isto representa um movimento positivo no sentido da superação da fragmentação, em direção a descrições e compreensões mais holísticas e globalizadas” (Moraes, 2003, p.199).

Para as respostas ao questionário empreendemos a construção de Mapas Cognitivos (Porlán, 1989; Mellado, 1998; Mellado et al., 2002; Ruiz et al, 2005; Da-Silva, 2007; Irez 2007; Irez, 2009). A utilização de mapas cognitivos como procedimento de análise dos dados obtidos a partir dos questionários tem se convertido numa ferramenta útil de análise em pesquisas na área de Ensino de Ciências, pois permite estruturar uma visão mais global e menos fragmentada das crenças educacionais de cada futuro professor sobre distintas dimensões.

Os mapas cognitivos podem ser caracterizados como uma rede de idéias que reflete a forma como cada indivíduo as relaciona em sua própria perspectiva. Eles

não consistem em uma cópia exata do ambiente, mas sim em uma representação ou modelo simplificado do mesmo que fornece uma imagem aproximada desta realidade (Laszlo et. al., 1995).

Construímos os mapas cognitivos referentes aos questionários respondidos pelos licenciandos utilizando 3 figuras geométricas e 5 cores distintas a partir das respostas possíveis: “Concordo Plenamente” (Quadrado Verde Escuro), “Concordo” (Quadrado Verde), “Discordo Plenamente” (Círculo Vermelho Escuro), “Discordo” (Círculo Vermelho) ou “Indiferente” (Hexágono Amarelo). Sobre as cores e as questões que estão já enumeradas em cada caixa é importante esclarecer que todas as caixas com cores vermelho e vermelho escuro devem ser lidas de forma negativa, pois elas relatam a discordância quanto ao item. Já as caixas com cor verde e verde escuro devem ser lidas de forma positiva, pois se refere à concordância ao item.

Por fim, interpolando, tanto quanto possível, os dados das entrevistas e dos questionários, bem como nosso conhecimento proveniente do acompanhamento de todo o ciclo de coleta de dados, inferimos as crenças dos licenciandos. Ademais, realizamos uma validação destas análises junto aos sujeitos estudados de modo a proporcionar maior credibilidade, clarificar significados e conferir exatidão ao nosso entendimento dos dados (Guba e Lincoln, 1989).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, definimos inicialmente cada uma das categorias de análise inscritas dentro de dimensões de análise mais abrangentes como a epistemológica, a didático-pedagógica e a motivacional.

Dentro das seções subsequentes, referentes, cada uma destas, a um dos licenciandos investigados, apresentamos uma narrativa da entrevista inicial e outra da entrevista final, seguidas por mapas cognitivos, produzidos a partir das respostas dos questionários inicial e final. Ademais, tanto os dados relativos aos questionários quanto às unidades de análise das entrevistas foram interpolados para cada uma das dimensões de dados: epistemológica, didático-pedagógica e motivacional.

A partir desta estruturação dos dados e levando-se em conta as atitudes e práticas dos futuros professores ao longo de todas as etapas desta investigação, suas crenças foram, por fim, inferidas e discutidas. Parte dos resultados a seguir foram submetidos e aprovados no XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física (Marques Filho e Barros, 2011 e Marques Filho e Barros, 2011a)

4.1. Definição das Categorias de Análise

Optamos neste capítulo por definir primeiramente cada uma das dimensões e categorias, bem como apresentar um esquema geral, a seguir, a fim de clarificar a compreensão desta análise:

Dimensão didático-pedagógica
Contêm categorias que classificam a possibilidade, a pertinência, a dificuldade, a adequação das estratégias para se ensinar FMC no Ensino Médio, bem como referências a aprendizagem destes tópicos pelos estudantes.
Possibilidade de Ensinar: <i>Encerra referências dos futuros professores quanto à viabilidade de se ensinar tópicos de FMC no Ensino Médio.</i>
Dificuldade de Ensinar: <i>Inclui falas dos indivíduos investigados em que eles fazem alusão às dificuldades para se ensinar FMC no Ensino Médio.</i>
Saber utilizar Estratégias de Ensino: <i>Contém trechos das entrevistas dos licenciandos em que eles se referem à utilização de estratégias para ensinar tópicos de FMC.</i>
Ensinar com Pré-Requisitos: <i>Engloba as frases dos sujeitos investigados referentes à necessidade dos estudantes entenderem determinados conteúdos como pré-requisitos para se ensinar tópicos de FMC no Ensino Médio.</i>
Saber Criar Atividades de Ensino: <i>Contém as falas dos licenciandos concernentes a saberem criar atividades de ensino de FMC.</i>
Aprendizagem com o Formalismo: <i>Encerra alusões dos futuros professores sobre o aprendizado dos estudantes e sua relação com o formalismo matemático da FMC.</i>
Aprendizagem com Cotidiano: <i>Contém falas dos indivíduos investigados em que eles fazem alusão ao aprendizado da FMC e sua relação com o cotidiano dos mesmos.</i>
Aprendizagem com Pré-requisitos: <i>Inclui frases dos sujeitos investigados relativas ao aprendizado da FMC pelos estudantes e seus pré-requisitos para tanto.</i>

Tabela 1: Definição da dimensão didático-pedagógica e suas categorias

Dimensão epistemológica
Contêm categorias que classificam o conteúdo de FMC e seu nível de complexidade.
<p>Conteúdo Cotidiano: <i>Contém frases dos licenciandos estudados com referências à FMC como um conteúdo que deveria ou já está relacionado ao cotidiano dos estudantes.</i></p> <p>Conteúdo Aplicado: <i>Encerra os excertos das entrevistas com os futuros professores em que são tecidas em relação à FMC como um conteúdo que está aplicado em nossas vidas em termos tecnológicos.</i></p> <p>Conteúdo Abstrato: <i>Engloba trechos enunciados dos entrevistados em que os mesmos fazem menção à FMC como um conteúdo com muita abstração.</i></p> <p>Conteúdo com Formalismo Matemático: <i>Inclui as respostas dos sujeitos investigados relativas à importância do formalismo matemático quando se trabalha com a FMC.</i></p> <p>Conteúdo Motivante: <i>Contém frases dos indivíduos investigados com referências à FMC como um conteúdo motivante para os alunos.</i></p> <p>Conteúdo Difícil: <i>Encerra falas dos futuros professores relativas às dificuldades do conteúdo de FMC.</i></p>

Tabela 2: Definição da dimensão epistemológica e suas categorias

Dimensão motivacional
Engloba categorias que classificam alguns aspectos influentes na motivação dos futuros professores para o ensino de FMC no Ensino Médio.
<p>Pessoal ou Auto-Eficácia: <i>Abarca as afirmações dos indivíduos relacionadas aos seus julgamentos de suas habilidades de serem capazes de realizar tarefas relacionadas ao ensinar FMC no Ensino Médio.</i></p> <p>Geral: <i>Encerra as falas dos futuros professores relacionadas ao ensino de FMC, em situações as quais eles mesmos podem não se julgar necessariamente capazes de realizar algo ou modificar certa atitude, embora possam acreditar que outros professores sejam capazes para tanto.</i></p>

Tabela 3: Definição da dimensão motivacional e suas categorias

Figura 2: Esquema das dimensões e categorias de análise

4.2. Dados do futuro professor Saulo

Postamos, mais adiante, as narrativas de suas entrevistas inicial e final para, mais além, articular os dados das mesmas, em forma de unidades de análise, junto àqueles contidos nos mapas cognitivos sobre a inserção de FMC no Ensino Médio, a fim de se inferir as crenças de Saulo relativas às dimensões epistemológicas, didático pedagógicas e motivacionais.

4.2.1 Narrativa da Entrevista Inicial de Saulo

Saulo tem 41 anos e sua escolha em fazer um curso de Licenciatura e tornar-se professor está relacionada a um antigo desejo e, de certa maneira, a um compromisso pessoal:

“O fato de ser professor, ter a oportunidade de ser professor, é uma coisa que eu sempre quis. E é uma oportunidade de podermos ensinar alguém, passar algo para a pessoa adquirir o conhecimento. Eu acho que é uma coisa muito importante.”

Este desejo é reafirmado novamente quando diz: *“Sim, eu tenho muita vontade de ser mesmo professor de Física”*.

Ademais, declara que sua vontade de ser professor de Física está relacionada com a percepção de que a Física sempre esteve relacionada ao seu cotidiano:

“Porque a Física ela envolve tudo em nossa volta. E é uma coisa que está sempre perto da gente, você está sempre aplicando a Física. Antes de optar pela Física, eu sempre gostei de coisa relacionada à Mecânica, à Eletricidade. Então, a Física engloba tudo, além de Matemática que também gosto. Então, ela é um conjunto de coisas que eu gosto, por isso que escolhi Física”.

Quando indagado a respeito da sua vontade de exercer a profissão assim que se formar, foi enfático: *“Com certeza! (...) Pretendo mesmo”*.

Ao ser questionado sobre sua capacidade para introduzir inovação curricular em sala de aula, assim como de estruturar atividades de ensino para os alunos sobre tópicos de FMC, responde afirmativamente: *“Sim. Eu acho que sim”*.

No que concerne à implementação da FMC no Ensino Médio, considera que a experiência seria muito boa, todavia ressalta que não seria muito simples realizar tal intento, uma vez que nem mesmo o conteúdo de Física Clássica é, em geral, cumprido por completo devido à falta de tempo e complementa explicitando que prefere uma Física Clássica bem feita a uma FMC, que é muito complicada, ensinada rapidamente no Ensino Médio:

“Para mim, seria a coisa mais bonita que pode ter, mas eu acho um pouco complicado, porque já o conteúdo básico de Física Clássica já não é totalmente preenchido. Não se consegue ultimamente preencher o currículo e incorporar mais coisa eu acho que vai complicar um pouco, porque já não está tendo tempo de fazer a Física Clássica. (...) Se for para colocar FMC bem rápido, uma passagem bem rápida, para mim não vale. Ou faz bem feito, ou não faz. Então eu acho que a Física Clássica deveria ser bem feita no Ensino Médio porque a Moderna eu acho que vai ser um pouco complicado (...)”.

Com relação à sua capacidade de saber selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de FMC em sala de aula, acredita que é capaz, atribuindo as dificuldades para seu ensino ao pouco número de aulas de Física por semana oferecida no Ensino Médio:

“Sim, mas aí para fazer isso seria legal ter um pouco mais de tempo dedicado à Física, um pouco mais de aula por semana. Mais, aí seria bom. Porque não adianta só introduzir o conteúdo de Física Moderna e não alterar nada com respeito à quantidade de horas”.

Quanto aos obstáculos que julga encontrar para ensinar tópicos de FMC no Ensino Médio, destaca mais uma vez, o tempo escasso somado ao fato de que os experimentos em FMC seriam difíceis de serem realizados, além de que seriam necessários investimentos para a obtenção da instrumentação adequada para o ensino de FMC devido à falta de laboratórios em muitas escolas:

“Fora o tempo, tirando o tempo que vai ser escasso, as dificuldades seriam os experimentos. Os experimentos de Física Moderna eu acho que não são tão fáceis de mostrar quanto um experimento de Física Clássica. E, por exemplo, numa escola que tem condição de ter instrumentação tudo bem, mas uma escola de baixa renda, carente, então já não dá para você ficar improvisando, né? Essa é a dificuldade”.

No que diz respeito à hierarquia conceitual dos conceitos de FMC, Saulo acredita que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos conceitos modernos, ou seja, defende intuitivamente uma estrutura de ensino de FMC baseada numa

vertente metodológica que privilegia uma seqüência de pré-requisitos: *“Sim, tem que ter um pré-requisito”*.

Ademais, quando questionado sobre sua capacidade de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio responde afirmativamente, destacando haver uma estreita relação entre sua capacidade de implementar tópicos de FMC no EM e sua formação acadêmica: *“A graduação que eu fiz ela me ajudou 100%. Ela me ajudou 100% porque ela abordou vários tópicos”*.

Com relação à possibilidade de se ensinar FMC deixando de lado o formalismo matemático das teorias, fica reticente e considera que tal ensino se tornaria muito vago apenas com uma introdução qualitativa dos conceitos, embora explicita que a iniciativa seria viável: *“É um pouco difícil não dispor dele (o formalismo matemático) porque, falar de uma maneira conceitual, qualitativamente, até que dá, mas vai ficar muito vago, né, mas dá sim, eu acho que dá sim.”*

Acerca da idéia de que os conceitos presentes na FMC rompem com idéias cotidianas e representam um obstáculo ao seu processo de ensino e aprendizagem, Saulo concorda que esta é uma dificuldade a se contornar. Destaca, ainda, que a FMC diz respeito a objetos que não são intuitivos e acrescenta a necessidade de um preparo adequado da classe onde se pretenda trabalhar com FMC:

“É um obstáculo a ser transposto. É um obstáculo sim. (...) Então, a classe tem que estar bem preparada para introduzir a Física Moderna, mas dá pra se transpor. Mas não deixa de ser um obstáculo sim esta intuição que as pessoas têm.”

Por outro lado, no que diz respeito às dificuldades de se ensinar tópicos de FMC pelo fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana, é possível inferir de sua resposta, que Saulo julga imprescindível a preparação adequada da classe pelo professor caso se pretenda introduzir tais conteúdos em sala de aula:

“É por isso que eu falo. Por isso que a classe, se for introduzir isto, a classe tem que estar acostumada com Física, tem que tá de certa forma preparada pelo próprio professor para ir colocando devagar os conceitos”.

A capacidade de motivar os alunos por meio do ensino de tópicos de FMC e a forma de como fazê-lo está relacionada para Saulo ao fato de se mostrar o porquê de se aprender FMC na escola, partindo de curiosidades que podem vir a se constituir em perguntas e desafios para os alunos:

“Para motivá-los eu deveria mostrar a eles um porque de eles estarem aprendendo isto. Então, tem diversas maneiras de procurar despertar a curiosidade deles. Eu acho que sim. Eu proporia algum desafio, alguma coisa, faria alguma pergunta, por que disto, por que daquilo (...).”

Quanto a se sentir seguro com relação às perguntas que possam surgir em sala de aula feitas pelos alunos, Saulo reitera sua crença na capacidade de se julgar apto para fornecer tais respostas, assim como de tornar os conceitos ensinados claros para os mesmos, apesar de se tratar de um conteúdo bastante teórico:

“Sim, tem que começar, tem que fazer com aula expositiva, tem que explicar as teorias. A Física Moderna é muito teórica, né? E tem que explanar todas estas teorias aos poucos – passo a passo”.

Do ponto de vista da formação profissional dos professores de Física Saulo considera aqueles professores que concluíram ou estão concluindo um curso de Licenciatura mais recentemente como melhores preparados para implementar inovação curricular em sala de aula do que aqueles com muitos anos de experiência: *“Sim, eu acho que eles estão mais preparados que os mais antigos”.*

Para Saulo há quanto mais tempo um professor tenha se graduado, mais desfavorável será para que ele possa aderir a uma proposta curricular mais inovadora em função do fato de acreditar que para professores novatos ou em formação inicial os conhecimentos adquiridos no curso de graduação são mais recentes e, portanto, mais fáceis de estarem internalizados:

“Bom, eu estou presenciando, estou fazendo um curso de Licenciatura recente e eu não sei como os professores mais antigos fizeram na época. Eles devem ter visto também, mas por nós estar aprendendo a menos tempo que eles aprenderam, então tá mais fresco na mente. Eu acho que isto é uma vantagem pra quem fez o curso agora”.

Quando questionado sobre a necessidade de realização de cursos de capacitação para que um professor possa se sentir seguro ao implementar, de forma mais eficaz, tópicos de FMC em sala de aula, curiosamente Saulo responde que para ele o curso de graduação deveria ser suficiente para suprir esta necessidade, embora considere que tais cursos de formação continuada possam contribuir para isto: *“Isto ajudaria muito, mas não que isto seja a única forma do professor ser capaz de dar o curso de Física Moderna. A graduação ela tem que ser suficiente. Mas os cursos que você se referiu são muito bem-vindos”*.

4.2.2 Narrativa da Entrevista Final de Saulo

Saulo, quando questionado sobre a sua motivação para a escolha do curso de Licenciatura em Ciências Exatas com habilitação em Física, asseverou que isto se devia à sua vontade de ministrar aulas desta disciplina: *“Foi a possibilidade de poder dar aulas de Física”*. O licenciando ainda afirma que deseja ser professor de Física porque aprecia falar sobre a natureza: *“Gosto, gosto muito de explicar sobre as coisas da natureza”*. Até aquele momento, seu desejo de ser professor teve como experiência real de docência algumas aulas particulares de reforço: *“Eu dei aula só particular (...) aula de reforço eu dei”*. Quando indagado a respeito da sua vontade de exercer a profissão assim que se formar, foi mais uma vez enfático: *“Sim, pretendo. Pretendo exercer. (...) Imediatamente, inclusive tá até o concurso aberto aí e eu inscrito para professor de Física. Se passar, eu to dentro”*.

Quanto a sua capacidade para a introdução de uma inovação curricular em sala de aula, afirma que se sente capaz e, segundo seu entendimento deste processo, buscaria entender o que está sendo requisitado pelos órgãos oficiais de ensino a fim de implementar a inovação em sua prática docente:

“Segundo o meu entendimento, bem, no caso o que eu to querendo dizer é assim, uma sugestão por exemplo de um órgão aí, sugerir que eu ensine tal coisa que não tem no currículo. Então eu vou me inteirar desta coisa, vou procurar aplicar no currículo o conteúdo e transpor isso para o aluno. Sim, eu me considero capaz sim”.

Ademais, quando questionado sobre seu julgamento acerca da sua capacidade de criar atividades de ensino para os alunos sobre tópicos de FMC, responde afirmativamente, inclusive quando lhe foi perguntado se o faria baseado em todo leque de assuntos aprendidos na disciplina Estrutura da Matéria. Reconhece, entretanto, a sua necessidade de dispor de certo tempo para a preparação destas atividades: *“Ah! Precisaria de uma preparação, de um certo tempo. Mas uma vez que você preparou aí na sequência você vai voltar nos anos seguintes já vai estar tudo em mãos”*.

Sobre a implementação da FMC no Ensino Médio, considera muito boa a iniciativa, todavia ressalta a dificuldade que os professores de Física tem ao ensinar

FC no EM e lembra que ao se inserir FMC no currículo, torna-se indispensável uma reestruturação do mesmo a fim de não sobrecarregar o papel docente:

“Eu acho muito bom, porém às vezes é complicado para o professor já passar este conteúdo normal – o conteúdo sem a Física Moderna. Agora incluindo a Física Moderna vai ser uma coisa a mais. Então deve haver um remanejamento, uma reestruturação do conteúdo atual para inserir a Física Moderna. Então que não fique sobrecarregado pro professor também. Então é necessário, para se implementar Física Moderna, dar uma reformulada no que existe hoje”.

Acerca da sua capacidade de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de FMC em sala de aula, acredita que é capaz e que buscaria empreender isto de modo que os conteúdos ficassem mais acessíveis aos estudantes. Para tanto, adotaria uma abordagem em que os tópicos seriam apresentados passo a passo de maneira mais superficial e genérica:

“Procuraria apresentar os tópicos para os alunos, os conteúdos. Procuraria mostrar, assim, as partes para que eles possam entender (...) Eu procuraria ver uma maneira que ficasse mais fácil para os alunos entenderem. Não seria uma abordagem profunda, mas mais superficial, mais para os alunos saberem do que se trata que esteja no nível dos alunos de Ensino Médio”.

Saulo ainda complementa que existem alguns temas de Física Moderna que são difíceis de se relacionar com o cotidiano dos estudantes. Além disso, refere-se à Física Moderna como algo abstrato e se mostra disposto a tentar transpor esta dificuldade o tanto quanto possível:

“Porque Física Moderna tem algumas coisas que é um pouco difícil aproximar para o dia a dia, o cotidiano do aluno. Tem umas coisas de Física Moderna que é um ‘pouco viagem’. Então, eu procuraria aproximar o máximo do aluno para ele poder entender (...) para poder ajudar o aluno”.

Diante das possíveis dificuldades para se ensinar tópicos de FMC no EM, Saulo aponta que uma delas seria mostrar onde os conceitos de FMC estão sendo aplicados próximos ao cotidiano dos estudantes seria um problema: *“Acho que uma*

difficuldade seria aplicação". Ainda que, em sua concepção, o número de aplicações seja alto:

"Embora tenha bastante aplicação, mas às vezes Física de Partículas, por exemplo, tem coisas que é um pouco difícil de você mostrar uma aplicação para isto, para que serve aquilo. (...) acho que uma dificuldade seria aplicação (...) próxima deles".

Esta dificuldade, todavia, é superável: *"É uma dificuldade, mas não significa que seria impossível. É uma dificuldade, assim, um pouco de obstáculo, mas dá pra fazer"*. Saulo ainda dá um exemplo referente a um conteúdo específico de FMC: *"a Física de Partículas que nem nós fizemos naquele minicurso tem umas coisas lá que é difícil de ser próximo do cotidiano"*.

No que concerne à hierarquia conceitual para se ensinar FMC, Saulo acredita que os conceitos clássicos às vezes auxiliam. Assim concorda que ao menos um básico de Física Clássica é necessário para se aprender FMC, adotando uma vez mais intuitivamente uma estrutura de ensino de FMC baseada numa vertente metodológica que privilegia uma seqüência de pré-requisitos: *"Sim, às vezes os conceitos clássicos ajudam bastante (...) eu acho que é necessário um pouco de Física Clássica. É necessário sim. Pelo menos um básico"*.

Além disso, quando indagado acerca de sua capacidade de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio responde afirmativamente: *"Sim, me considero capaz"*, inclusive quando se trata de transpor os conteúdos da disciplina Estrutura da Matéria. Assim, julga que a preparação obtida ao longo do curso de graduação para se implementar tópicos de FMC no Ensino Médio será útil: *" (...) eu tenho esse embasamento do curso que tem tópicos de Física Moderna e baseado nisto eu posso dar aula"*.

Quanto à possibilidade de se ensinar FMC deixando de lado o formalismo matemático das teorias, embora admita que dependendo do objetivo isto é possível, de modo geral está ainda mais reticente e considera que o formalismo é necessário e tornará o ensino de FMC mais profundo, enquanto sua ausência tornaria o ensino muito superficial e qualitativo:

“Então, a ferramenta matemática ela é quase que necessária. Se for deixar de lado o formalismo matemático vai ficar muito superficial, vai ficar muito qualitativo. Eu acho que é bom quantificar sim. É necessário. Depende do objetivo, se for para ficar muito superficial, dá para excluir os conceitos matemáticos, a ferramenta matemática, só que vai ficar muito superficial, muito qualitativo. Agora tendo a ferramenta matemática, o formalismo vai ficar mais profundo, porém vai ficar mais estruturado. Mas aí é que tá: a pergunta é se dá para fazer. Dá, só que vai ficar muito qualitativo”.

Sobre a ideia de que os conceitos presentes na FMC rompem com idéias cotidianas e representam um obstáculo ao seu processo de ensino e aprendizagem, Saulo admite que este é um óbice a se transpor e aponta o importante papel que o cotidiano exerce para os estudantes:

“Acho que representa (um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem o fato de que os conceitos presentes na FMC rompem com idéias cotidianas no sentido) do aluno visualizar, tentar entender. Porque o entendimento vem com associações a coisas do cotidiano. É difícil você entender algo extremamente novo que não tenha nada em volta. Nada que você possa fazer uma comparação (...) é necessário o aluno ter algo para ele fazer uma comparação. E o cotidiano é o melhor que tem. Porque ele está sempre fácil.”

Já no que concerne às dificuldades de se ensinar tópicos de FMC pelo fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana, Saulo mais uma vez faz referência à necessidade de mais tempo para vencer este obstáculo:

“É, mas vai cobrar o tempo né? (...) o custo disto é o tempo. Você vai demorar mais para colocar na cabeça do aluno, porque não deve chegar e enfiar na mente deles isto. Tem que convencer eles e com isso você vai levar tempo para que eles entendam”.

Considera-se capaz de motivar os alunos através do ensino de tópicos de FMC utilizando notícias da mídia em geral e da internet, buscando, a partir disto, fazer alguma associação próxima aos estudantes:

“Eu procuraria talvez algum noticiário abordando algo assim, por exemplo, sei lá, um vazamento radioativo, eu ia procurar fazer associação, alguma coisa assim. Eu ia talvez usar a mídia, usar recursos, usar a internet, alguma coisa pra motivar eles.”

No que se refere a se sentir seguro para responder às perguntas que feitas em sala de aula feitas pelos estudantes, Saulo acredita que está plenamente preparado para tanto, embora admita que, dependendo do caso, teria que pesquisar sobre o assunto e responder na aula seguinte: *“Ai depende da pergunta talvez pode ser que eu não saiba, mas já na próxima aula eu traria a resposta. Mas de bate pronto dá pra responder bastante sim”*. Quanto a tornar claro os conceitos de FMC aos estudantes, julga-se capaz e aponta que precisaria saber quais seriam as dúvidas dos estudantes e utilizaria os livros textos e tudo o que está disponível para tanto: *“Para tornar claro os conceitos eu procuraria usar o que eu tenho disponível. Os livros textos, procurar uma ajuda se não conseguir. Tornar claro? Precisaria estudar qual que é a dúvida dele, mas considero capaz sim”*.

No que concerne à formação profissional dos professores de Física Saulo julga que os professores que estão melhor preparados para implementar inovação curricular em sala são os que concluíram ou estão concluindo um curso de Licenciatura mais recentemente em relação àqueles com muitos anos de experiência, os quais, em geral, estariam já mais acomodados em suas práticas docentes: *“Eu acredito que sim (...) eu acho que o professor formado mais recentemente vai estar mais preparado. Os mais antigos estão mais sossegados, mais acomodados eu acho. No geral, é claro”*.

Em relação à necessidade de realização de cursos de capacitação para que os docentes sintam-se mais seguros ao trabalhar tópicos de FMC em sala de aula, Saulo responde concorda e ainda complementa que sem cursos desta natureza o ensino destes tópicos ficaria muito superficial: *“Ah! É bom, ajuda. Eu acho que é necessário um curso de capacitação (...) Sem eles, seria possível algo bem superficial.”*

4.2.3 Dados epistemológicos de Saulo

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 3: Mapa epistemológico do questionário inicial de Saulo

Figura 4: Mapa epistemológico do questionário final de Saulo

Acerca dos fenômenos de FMC nem sempre serem visíveis em laboratórios, questão 3, Saulo respondeu inicialmente “Concordo Plenamente” e ao final “Concordo”. Na sua primeira entrevista, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>As dificuldades seriam os experimentos. Os experimentos de Física Moderna eu acho que não são tão fáceis de se mostrar quanto um experimento de Física Clássica</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar
1S	<i>por exemplo, numa escola que tem condição de ter instrumentação tudo bem, mas uma escola de baixa renda, carente, já não dá para você ficar improvisando com Física Moderna, né?</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar

Tabela 4: Unidades de análise epistemológicas de Saulo relacionadas à questão 3 do questionário Likert

Quanto à abstração e à dificuldade de se entender FMC, questão 1, Saulo respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>a Física Moderna é muito teórica, né?</i>	Conteúdo Abstrato
2S	<i>Tem umas coisas de Física Moderna que é um pouco viagem.</i>	Conteúdo Abstrato
2S	<i>Física Moderna tem algumas coisas que é um pouco difícil aproximar para o dia a dia, o cotidiano do aluno.</i>	Conteúdo Abstrato
2S	<i>a Física de Partículas que nem nós fizemos naquele minicurso tem umas coisas lá que é difícil de ser próximo do cotidiano</i>	Conteúdo Abstrato

Tabela 5: Unidades de análise epistemológicas de Saulo relacionadas à questão 1 do questionário Likert

No que concerne às questões 5 e 6, referentes respectivamente aos obstáculos oriundos dos conceitos de FMC romperem com ideias cotidianas e dos objetos de estudos de FMC não estarem presentes na percepção cotidiana, respondeu inicialmente “Concordo Plenamente” para ambas questões ao passo que ao final Saulo respondeu “Discordo Plenamente” e “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>É um obstáculo a ser transposto (o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem). É um obstáculo sim.</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar
1S	<i>dá pra se transpor, mas não deixa de ser um obstáculo sim, essa intuição que as pessoas tem (sobre o fato de que os conceitos presentes na FMC rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem)</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar
2S	<i>Acho que representa (um obstáculo ao processo de ensino</i>	Conteúdo Abstrato;

	<i>e aprendizagem o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas) do aluno visualizar, tentar entender.</i>	Dificuldade de Ensinar
2S	<i>É uma dificuldade (os objetos de Física de Partículas não estarem no cotidiano), mas não significa que seria impossível. É uma dificuldade, assim, um pouco de obstáculo, mas dá para fazer</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar; Possibilidade de Ensinar

Tabela 6: Unidades de análise epistemológicas de Saulo relacionadas às questões 5 e 6 do questionário Likert

Ademais, na questão 4, sobre a possibilidade de ensinar FMC no Ensino Médio, mesmo deixando de lado seu formalismo matemático, Saulo em ambos questionários aplicados respondeu “Concordo” e durante as entrevistas referiu-se ao assunto como segue:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>É um pouco difícil não dispor dele (formalismo matemático) porque, falar de uma maneira conceitual, qualitativamente, até que dá, mas vai ficar muito vago (para os alunos)”</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Aprendizagem com o Formalismo; Possibilidade de Ensinar
1S	<i>mas dá sim, eu acho que dá sim (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original)</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Possibilidade de Ensinar
2S	<i>Agora tendo a ferramenta matemática, o formalismo vai ficar mais profundo, porém vai ficar mais estruturado.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático
2S	<i>a ferramenta matemática ela é quase que necessária, viu?</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático
2S	<i>Se for deixar de lado o formalismo matemático vai ficar muito superficial, vai ficar muito qualitativo.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Possibilidade de Ensinar

2S	<i>Eu acho que é bom quantificar sim. É necessário.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático
2S	<i>(É difícil ter uma aplicação) Próxima deles</i>	Conteúdo Aplicado; Dificuldade de Ensinar
2S	<i>Depende do objetivo, se for para ficar muito superficial, dá para excluir os conceitos matemáticos, a ferramenta matemática, só que vai ficar muito superficial, muito qualitativo.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Possibilidade de Ensinar
2S	<i>Dá (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado (todo ou parte) seu formalismo matemático original), só que vai ficar muito qualitativo.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Possibilidade de Ensinar

Tabela 7: Unidades de análise epistemológicas de Saulo relacionadas à questão 4 do questionário Likert

No que concerne à questão 2, sobre a FMC ter surgido de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais, inicialmente a resposta foi “Concordo Plenamente” e ao final foi “Concordo”.

Por fim, apresentamos ainda as unidades de análise a seguir que não têm uma correlação com os dados dos questionários:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Embora tenha bastante aplicação (...) acho que uma dificuldade seria aplicação (de FMC) (...) próxima deles (...)</i>	Conteúdo Aplicado; Dificuldade de Ensinar
1S	<i>Acho que uma dificuldade seria aplicação.</i>	Conteúdo Aplicado; Dificuldade de Ensinar
2S	<i>(Dificuldade) Onde podia ser usado as coisas: aplicação. Embora tenha bastante aplicação</i>	Conteúdo Aplicado; Dificuldade de Ensinar

Tabela 8: Outras unidades de análise epistemológicas de Saulo

4.2.4 Crenças Epistemológicas inferidas de Saulo

Apresentamos, mais adiante, as crenças epistemológicas inferidas de Saulo relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem epistemológica de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação.

As inferências das crenças epistemológicas a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Os fenômenos de FMC nem sempre são visíveis em laboratórios.

2) A retirada do formalismo matemático tornaria o ensino de FMC muito qualitativo, embora considere possível assim proceder e isto também tornaria o ensino destes tópicos superficial e vago;

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença epistemológica com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) Os conceitos de FMC são abstratos e difíceis.

2) Os experimentos de FMC seriam um fator dificultante para seu ensino, pois não são fáceis de se mostrar como os de Física Clássica. Haveria dificuldade de se ter estes experimentos, sobretudo em escolas com poucos recursos financeiros.

3) É um obstáculo a ser transposto o fato dos conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas, mas é possível transpô-lo.

4) É um obstáculo a ser transposto o fato dos objetos de estudo da FMC não estarem presentes nas nossas percepções cotidianas e é possível transpô-lo.

5) A FMC surgiu de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais.

As ideias a seguir externadas pelo futuro professor ou estão em contradição com suas crenças epistemológicas anteriormente retratadas, ou com suas atitudes, ou ainda contêm em si mesmas uma contradição intrínseca:

1) A ferramenta matemática é necessária ao ensino de FMC e o tornaria mais estruturado e profundo, além do que é importante quantificar.

2) Seria uma dificuldade apresentar aplicações de conceitos de FMC próxima aos estudantes, embora existam muitas aplicações.

4.2.5 Dados Didático-Pedagógicos de Saulo

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 5: Mapa didático-pedagógico do questionário inicial de Saulo

Figura 6: Mapa didático-pedagógico do questionário final de Saulo

Quanto à impossibilidade de se ensinar FMC no ensino médio, questão 7, Saulo transitou de “Discordo” para “Discordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Então eu acho que a Física Clássica deveria ser bem feita no Ensino Médio porque a Física Moderna eu acho que vai ser um pouco complicado</i>	Possibilidade de Ensinar; Dificuldade de Ensinar
1S	<i>seria a coisa mais bonita que pode ter</i>	Possibilidade de Ensinar
1S	<i>mas eu acho um pouco complicado, porque já o conteúdo básico em Física, a Física Clássica, já não é totalmente preenchido. Não se consegue ultimamente preencher o currículo, e incorporar mais coisa, eu acho que vai complicar um pouco</i>	Possibilidade de Ensinar; Dificuldade de Ensinar
1S	<i>Se for para colocar ela bem rápido, uma passagem bem rápida, para mim não vale</i>	Possibilidade de Ensinar
2S	<i>Eu acho muito bom, porém às vezes é complicado para o professor já passar este conteúdo normal - o conteúdo sem</i>	Possibilidade de Ensinar; Dificuldade

	<i>a Física Moderna, né? Agora incluindo a Física Moderna vai ser uma coisa a mais.</i>	de Ensinar
2S	<i>Deve haver um remanejamento, uma reestruturação do conteúdo atual para inserir a Física Moderna</i>	Possibilidade de Ensinar; Dificuldade de Ensinar
2S	<i>Então, é necessário, para se implementar Física Moderna, dar uma reformulada no que existe hoje</i>	Possibilidade de Ensinar; Dificuldade de Ensinar
2S	<i>Não seria uma abordagem profunda, mas mais superficial, mais para os alunos saberem do que se trata que esteja no nível dos alunos de Ensino Médio.</i>	Possibilidade de Ensinar

Tabela 9: Unidades de análise didático-pedagógicas de Saulo relacionadas à questão 7 do questionário Likert

Sobre sua ideia do que os professores pensam quanto ao ensino de Física Clássica ter que anteceder o ensino de FMC, questão 9, inicialmente respondeu “Concordo” e ao final “Discordo”.

No que concerne à questão 8, referente a se iniciar o ensino dos conceitos clássicos até se chegar aos modernos, o futuro professor alterou sua resposta de “Concordo” para “Indiferente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>a classe tem que estar bem preparada para introduzir a Física Moderna</i>	Ensinar com Pré-requisitos
1S	<i>Por isso que a classe, se for introduzir isto (FMC), a classe tem que estar acostumada com Física, tem que estar preparada pelo próprio professor para ir colocando devagar os conceitos</i>	Ensinar com Pré-requisitos; Saber utilizar Estratégias de Ensino
1S	<i>Sim, tem que ter um pré-requisito (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio)</i>	Ensinar com Pré-requisitos
2S	<i>Sim, às vezes os conceitos clássicos ajudam bastante,</i>	Ensinar com Pré-requisitos

2S	<i>eu acho que é necessário um pouco de Física Clássica. É necessário sim. Pelo menos um básico.</i>	Ensinar com Pré-requisitos
-----------	--	-----------------------------------

Tabela 10: Unidades de análise didático-pedagógicas de Saulo relacionadas às questões 8 e 9 do questionário Likert

Ademais, na questão 10 houve uma mudança de “Concordo” para “Discordo” quanto à maior eficiência de ensinar FMC com problemas e o uso de equações, enquanto na questão 12, relacionada à possibilidade de ensinar FMC com problemas e o uso de equações, Saulo também houve uma mudança de “Concordo” para “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Para motivá-los eu deveria, assim, mostrar a eles um porque de eles estarem aprendendo isto</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
1S	<i>Eu proporia algum desafio, alguma coisa, faria alguma pergunta, por que disto, por que daquilo.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
1S	<i>(Para tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes) tem que começar, tem que fazer com aula expositiva, tem que explicar as teorias</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino; Pessoal
1S	<i>(Para tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes) tem que explanar todas estas teorias aos poucos - passo a passo.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino; Pessoal
2S	<i>(Para tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes) Procuraria apresentar os tópicos (de FMC) para os alunos, os conteúdos. Procuraria mostrar, assim, as partes para que eles possam entender, né?</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
2S	<i>Eu procuraria ver uma maneira que ficasse mais fácil para os alunos entenderem, né?</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
2S	<i>Então, eu procuraria aproximar o máximo do aluno para ele poder entender</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
2S	<i>Eu procuraria talvez algum noticiário abordando algo assim, por exemplo, sei lá, um vazamento radioativo, eu ia procurar fazer associação, alguma coisa assim.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino; Conteúdo Cotidiano

2S	<i>Eu ia talvez usar a mídia, usar recursos, usar a internet, alguma coisa pra motivar eles.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
-----------	--	---

Tabela 11: Unidades de análise didático-pedagógicas de Saulo relacionadas às questões 10 e 12 do questionário Likert

Acerca dos professores de Física acreditarem que inovar os conteúdos em sala de aula é algo desnecessário, questão 11, Saulo respondeu inicialmente “Discordo” e ao final “Indiferente”.

No que concerne à questão 13, que versa sobre se a avaliação da aprendizagem de FMC deve ser feita apenas através de problemas fechados, inicialmente a resposta foi “Discordo” e ao final foi “Discordo”.

Por fim, apresentamos ainda as unidades de análise a seguir não têm uma correlação com os dados dos questionários:

	Unidades de Análise	Categoria
2S	<i>Porque o entendimento vem com associações a coisas do cotidiano.</i>	Aprendizagem com Cotidiano; Conteúdo Cotidiano
2S	<i>É difícil você entender algo extremamente novo que não tenha nada em volta.</i>	Aprendizagem com Cotidiano; Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar
2S	<i>é necessário o aluno ter algo para ele fazer uma comparação. E o cotidiano é o melhor que tem. Porque ele está sempre fácil.</i>	Aprendizagem com Cotidiano; Conteúdo Cotidiano
2S	<i>Embora também sem esse cotidiano vai ajudar o aluno a forçar um pouco a imaginação dele. Vai ajudar.</i>	Aprendizagem com Cotidiano; Conteúdo Abstrato

Tabela 12: Outras unidades de análise didático-pedagógicas de Saulo

4.2.6 Crenças Didático-Pedagógicas inferidas de Saulo

Apresentamos, mais adiante, as crenças didático-pedagógicas inferidas de Saulo relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem didático-pedagógica de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças didático-pedagógicas a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Acredita que é possível ensinar FMC no Ensino Médio, embora seja necessário reformular o currículo e expandir o número de aulas da disciplina para tanto, pois nem a Física Clássica se ensina por completo atualmente.

2) Acredita que é necessário os alunos conhecerem pelo menos um pouco de conceitos clássicos para se trabalhar com conceitos de FMC.

3) A avaliação da aprendizagem de FMC não deve ser feita apenas através de problemas fechados.

4) Acredita que sua estratégia de ensino de FMC seria essencialmente expositiva, não necessariamente através do uso de problemas e equações.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença didático-pedagógica com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) Os professores pensam que o ensino de Física Clássica tem que anteceder o ensino de FMC.

2) Os professores de Física acreditam que inovar os conteúdos em sala de aula é algo desnecessário.

3) Os estudantes deveriam ser bem preparados pelo professor para se introduzir os conceitos de FMC.

4) A maior eficiência ao ensinar FMC se dá apenas com o uso de problemas e o uso de equações.

5) Só é possível ensinar FMC com o uso de problemas e o uso de equações.

As ideias a seguir externadas pelo futuro professor ou estão em contradição com suas crenças didático-pedagógicas anteriormente retratadas, ou com suas atitudes, ou ainda contêm em si mesmas uma contradição intrínseca:

1) A inserção de FMC no Ensino Médio não deveria ser rápida, mas ao mesmo tempo afirmou que sua inserção seria uma abordagem mais superficial.

2) No ensino de FMC, deve-se associar os tópicos ao cotidiano do aluno.

3) Para motivar os estudantes é preciso mostrar a eles o porque de estarem aprendendo sobre o tema.

4) Proporia algum desafio, uma pergunta para ensinar estes tópicos. Utilizaria a mídia de uma maneira geral para motivá-los.

4.2.7 Dados Motivacionais de Saulo

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 7: Mapa motivacional pessoal do questionário inicial de Saulo

Figura 8: Mapa motivacional pessoal do questionário final de Saulo

Sobre sentir-se capaz de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula, questões 14 e 15, o licenciando respondeu, a princípio, “Concordo Plenamente” e ao fim “Concordo”.

No que concerne a sentir-se capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio, questão 20, ele respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Sim (em termos de se considerar capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio).</i>	Pessoal
2S	<i>Sim, considero (capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio)</i>	Pessoal
2S	<i>A partir daquele leque (de assuntos aprendidos na disciplina Estrutura da Matéria, considera-se capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio)</i>	Pessoal
2S	<i>Precisaria de uma preparação, de um certo tempo (para aprender a criar atividades de ensino sobre tópicos de FMC para o EM). Mas uma vez que você preparou aí na sequência você vai voltar nos anos seguintes já vai estar tudo em mãos.</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino

Tabela 13: Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 20 do questionário Likert

Quanto a sentir-se capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio, questão 19, Saulo respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Sim (em termos de ser capaz de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio).</i>	Pessoal
2S	<i>Sim, me considero capaz (de transpor os tópicos de Física</i>	Pessoal

	<i>Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio)</i>	
2S	<i>Efeito fotoelétrico, sobre a Relatividade, né? Os conceitos de Albert Einstein, a velocidade da luz como ele chegou.(...) Sobre o raio-x (..) Também vimos o comportamento da onda, aquela equação de Schrödinger, vimos sobre Bohr, Rutherford, sobre as órbitas estacionárias dos elétrons.</i>	Pessoal
1S	<i>Sim, conseguiria (transpor os tópicos citados por ele de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio).</i>	Pessoal

Tabela 14: Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 19 do questionário Likert

No que se refere a sentir-se capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio, questão 23, respondeu a princípio “Concordo” e ao término “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Seria (capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes).</i>	Pessoal
2S	<i>Considero (ser capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes).</i>	Pessoal
2S	<i>Para tornar claro os conceitos eu procuraria usar o que eu tenho disponível. Os livros textos, procurar uma ajuda se não conseguir.</i>	Pessoal
2S	<i>Tornar claro? Precisaria estudar qual que é a dúvida dele, mas considero capaz sim (de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes)</i>	Pessoal

Tabela 15: Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 23 do questionário Likert

Em relação a julgar-se capaz de ensinar FMC no Ensino Médio, questão 17, respondeu “Concordo Plenamente” inicialmente e ao fim “Concordo Plenamente”.

Acerca de julgar-se capaz de compreender os conceitos de FMC, questão 18, respondeu “Concordo Plenamente” a princípio e “Concordo Plenamente” ao fim.

Saulo respondeu “Concordo” inicialmente quanto a se julgar capaz de implementar de inovações curriculares, questão 14, e “Concordo” ao término. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Sim (se considera capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula). Eu acho que sim.</i>	Pessoal
2S	<i>Sim, seria (capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula).</i>	Pessoal

Tabela 16: Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 14 do questionário Likert

O licenciando respondeu inicialmente “Concordo Plenamente” sobre se julgar capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio, questão 16, e ao final respondeu “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Sim, sim (em termos de ser capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula) mas aí para fazer isso seria legal ter um pouco mais de tempo dedicado à Física, um pouco mais de aula por semana.</i>	Pessoal; Possibilidade de Ensinar
2S	<i>Sim (em termos de ser capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula).</i>	Pessoal
2S	<i>(A fim de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula) Procuraria apresentar os tópicos (de FMC) para os alunos, os conteúdos. Procuraria mostrar, assim, as partes para que eles possam entender, né?</i>	Pessoal; Saber utilizar Estratégias de Ensino

Tabela 17: Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 16 do questionário Likert

Sobre julgar-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio, questão 21, inicialmente respondeu “Concordo Plenamente” e ao término “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Eu acho que sim (em termos de se considerar capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea). Eu proporia algum desafio, alguma coisa, faria alguma pergunta, por que disto, por que daquilo.</i>	Pessoal; Saber utilizar Estratégias de Ensino
2S	<i>Me considero (capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea). Ah! Porque falou em alguma coisa assim de Física todo mundo comenta (...) bem, inclusive no meu serviço lá se você falar de LHC, neguinho já fica tudo falando, sabe? Então isto daí estimula o interesse.</i>	Pessoal; Conteúdo Motivante
2S	<i>(Para motivar os estudantes através do ensino de tópicos de FMC) Eu procuraria talvez algum noticiário abordando algo assim, por exemplo, sei lá, um vazamento radioativo, eu ia procurar fazer associação, alguma coisa assim. Eu ia talvez usar a mídia, usar recursos, usar a internet, alguma coisa pra motivar eles. Está mais fresco na mente a Física de Partículas que nós fizemos. Falar sobre o televisor antigo e tal.</i>	Pessoal; Saber utilizar Estratégias de Ensino

Tabela 18: Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 21 do questionário Likert

Por fim, Saulo respondeu inicialmente “Concordo Plenamente” no que concerne a ele se julgar capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC, questão 22, e ao fim respondeu “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Sim (em termos de se sentir seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula).</i>	Pessoal
2S	<i>Sim (se sentiria seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula).</i>	Pessoal
2S	<i>(Em relação a responder perguntas dos estudantes prontamente sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula) Ai depende da pergunta talvez pode ser que eu não saiba, mas já na próxima aula eu traria a resposta. Mas de bate pronto dá pra responder bastante sim.</i>	Pessoal

Tabela 19: Unidades de análise motivacionais pessoais de Saulo relacionadas à questão 22 do questionário Likert

Figura 9: Mapa motivacional geral do questionário inicial de Saulo

Figura 10: Mapa motivacional geral do questionário final de Saulo

Saulo respondeu inicialmente “Concordo Plenamente” que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica, questão 24, e ao término respondeu “Concordo”.

O licenciando respondeu inicialmente “Concordo Plenamente”, na questão 25, a respeito da ideia de que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio e respondeu ao final “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Sim, eu acho que eles (os professores formados mais recentemente) estão mais preparados que os mais antigos (para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente)</i>	Geral
1S	<i>não sei como os professores mais antigos fizeram na época, né? Eles devem ter visto também</i>	Geral
1S	<i>mas por nós estarmos aprendendo a menos tempo que eles aprenderam, então tá mais fresco na mente. Eu acho que isto é uma vantagem para quem fez o curso agora.</i>	Geral
2S	<i>Eu acredito que sim (professores formados mais recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente)</i>	Geral
2S	<i>no curso que eu fiz, nós vimos Física Moderna, né? Tivemos um bom conceito, então provavelmente - eu não sei como eram os cursos dos professores do passado, mas não existe ninguém dando aula de Física Moderna até hoje e hoje existe um tipo de um incentivo</i>	Geral
2S	<i>Eu acho que o professor formado mais recentemente vai estar mais preparado. Os mais antigos estão mais sossegados, mais acomodados eu acho. No geral, é claro.</i>	Geral

Tabela 20: Unidades de análise motivacionais gerais de Saulo relacionadas à questão 25 do questionário Likert

Quanto ao tempo dedicado à profissão tornar o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC em sua prática docente, questão 26, respondeu inicialmente “Indiferente” e no final “Discordo”.

No que concerne à ideia de que somente mediante um curso de capacitação o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio, questão 27, inicialmente respondeu “Indiferente” e ao fim respondeu “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Isto (de se fazer cursos de capacitação) ajudaria muito, mas não que isto seja a única forma do professor ser capaz de dar o curso de Física Moderna.</i>	Geral
1S	<i>A graduação ela tem que ser suficiente. Mas os cursos (de capacitação) que você se referiu ai são muito bem vindos.</i>	Geral
2S	<i>Ah! É bom, ajuda, né? Eu acho que é necessário um curso de capacitação (para se implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio). É necessário.</i>	Geral
2S	<i>Sem eles (os cursos), seria possível algo bem superficial. Às vezes não ia ser tão bom quanto um professor dando aula com um curso de capacitação, eu acho que seria melhor.</i>	Geral

Tabela 21: Unidades de análise motivacionais gerais de Saulo relacionadas à questão 27 do questionário Likert

Por fim, Saulo, respondeu à questão 28, concernente ao estabelecimento de uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC, da seguinte forma: “Concordo Plenamente” inicialmente e “Concordo” ao final. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1S	<i>Minha formação acadêmica com a capacidade. Ela é totalmente...a graduação que eu fiz ela me ajudou 100%. Ela me</i>	Geral

	<i>ajudou 100% porque ela abordou vários tópicos...</i>	
2S	<i>É. Que foi na minha formação que eu aprendi esses tópicos. Então eles vão me ajudar com certeza, então eu tenho esse embasamento do curso que tem tópicos de Física Moderna e baseado nisto eu posso dar aula.</i>	Geral

Tabela 22: Unidades de análise motivacionais gerais de Saulo relacionadas à questão 28 do questionário Likert

4.2.8 Crenças Motivacionais inferidas de Saulo

Apresentamos, mais adiante, as crenças motivacionais pessoais inferidas de Saulo relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem motivacional pessoal de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As ideias a seguir apareceram de modo incoerentes com a prática docente do licenciando, de modo que não foi possível realizar inferências acerca de suas crenças motivacionais pessoais:

1) Sente-se capaz de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.

2) Sente-se capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio, inclusive a partir do leque de assuntos aprendidos na disciplina Estrutura da Matéria, embora reconheça que precisaria de uma preparação, de um certo tempo para tanto.

3) Sente-se capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio.

4) Sente-se capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio, usando os livros textos, pedindo ajuda a outras pessoas e estudando as dúvidas dos estudantes.

5) Julga-se capaz de ensinar FMC no Ensino Médio.

6) Julga-se capaz de compreender os conceitos de FMC.

7) Julga-se capaz de implementar de inovações curriculares.

8) Julga-se capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio, pontuando que seria necessário aumentar o tempo dedicado à Física no currículo.

9) Julga-se capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC, conquanto dependendo da pergunta tenha que trazer a resposta na aula seguinte.

10) Julga-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio, propondo desafios, perguntas, utilizando associações com o cotidiano e a mídia para tanto.

Apresentamos, mais adiante, as crenças motivacionais gerais de Saulo relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem motivacional geral de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças motivacionais gerais a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Acredita que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica.

2) Acredita que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio, pois para os primeiros está mais ‘fresco’ e os últimos estão mais sossegados em geral.

3) Estabelece uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença motivacional geral com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) O tempo dedicado à profissão não torna o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC em sua prática docente.

2) Com um curso de capacitação ou de outras formas o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio.

4.2.9. Discussão sobre as Crenças inferidas de Saulo

Saulo acredita que os fenômenos de FMC nem sempre são visíveis em laboratórios e que a retirada do formalismo matemático tornaria o ensino de FMC muito qualitativo, embora considere possível assim proceder com a implicação de que isto também tornaria o ensino destes tópicos superficial e vago. Depreende-se, por contraposição, a partir desta última crença do licenciando que apenas com a presença do formalismo é que o ensino de FMC se tornaria profundo e preciso.

Ele também acredita que é possível ensinar FMC no Ensino Médio, embora seja necessário reformular o currículo e expandir o número de aulas da disciplina para tanto, pois nem a Física Clássica se ensina por completo atualmente. Esta crença pode atuar de maneira a obstaculizar a implementação de FMC no Ensino Médio com a carga horária atual de Física, sobretudo se esta configuração atual se mantiver inalterada ao longo de um certo tempo, ao passo que a crença do licenciando se perpetua, cada vez mais, em seu sistema de crenças.

O licenciando acredita ainda que é necessário os alunos conhecerem pelo menos um pouco de conceitos clássicos para se trabalhar com conceitos de FMC. Esta crença abre a possibilidade para a articulação do ensino de FMC no Ensino Médio, caso haja tempo disponível, ao passo que, em caso negativo, ela acaba conflitando com a crença explicitada no parágrafo anterior.

Acredita que sua estratégia de ensino de FMC seria essencialmente expositiva, não necessariamente através do uso de problemas e equações, e sua avaliação da aprendizagem de FMC não deve ser feita apenas através de problemas fechados.

Acredita que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica e que professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio, pois para os primeiros está mais ‘fresco’ o que foi aprendido e os últimos estão mais sossegados em geral. A partir desta crença de Saulo, visualizamos que o licenciando projetou a situação de poder ter contato com um processo de pesquisa em inovação curricular e a oportunidade de estar

trabalhando com um tema inovador como algo que está acontecendo em diversos cursos de formação de professores.

O licenciando estabelece uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC. Esta crença faz sentido se, através de um processo vicário, Saulo tenha a introjetado, dado que ele mesmo não preparou e nem trabalhou com nada relacionado à FMC no minicurso de Física de Partículas oferecido aos estudantes do Ensino Médio.

Nossa inferência não pôde precisar ao certo suas ideias declaradas a seguir por conta de inconsistências em suas falas e respostas aos questionários:

Os conceitos de FMC são abstratos e difíceis e os experimentos de FMC seriam um fator dificultante para seu ensino, pois não são fáceis de se mostrar como os de Física Clássica. Haveria dificuldade de se ter estes experimentos, sobretudo em escolas com poucos recursos financeiros.

Seria um obstáculo a ser transposto o fato dos conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas, mas seria possível transpô-lo. Seria também um obstáculo a ser transposto o fato dos objetos de estudo da FMC não estarem presentes nas nossas percepções cotidianas e seria possível igualmente transpô-lo, assim como a ideia de que a FMC teria surgido de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais observados em laboratório.

Os professores pensam que o ensino de Física Clássica teria que anteceder o ensino de FMC e acreditam que inovar os conteúdos em sala de aula seria algo desnecessário.

Os estudantes deveriam ser bem preparados pelo professor para se introduzir os conceitos de FMC, assim como a maior eficiência ao ensinar FMC se daria apenas com o uso de problemas e o uso de equações e só seria possível ensinar FMC com o uso de problemas e o uso de equações.

O tempo dedicado à profissão não torna o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC em sua prática docente e com um curso de

capacitação ou de outras formas o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio.

As ideias a seguir são incoerentes com a prática do licenciando:

A ferramenta matemática seria necessária ao ensino de FMC e o tornaria mais estruturado e profundo, além do que seria importante quantificar, bem como no ensino de FMC, dever-se-ia associar os tópicos ao cotidiano do aluno; para motivar os estudantes seria preciso mostrar a eles o porque de estarem aprendendo sobre o tema e, finalmente, propor algum desafio, uma pergunta para ensinar estes tópicos. Utilizaria a mídia de uma maneira geral para motivá-los.

As ideias a seguir estão em completa incoerência com a prática do licenciando:

Seria capaz de ensinar FMC no Ensino Médio, bem como se sentiria capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio, inclusive a partir do leque de assuntos aprendidos na disciplina Estrutura da Matéria, embora reconheça que precisaria de uma preparação, de um certo tempo para tanto. Sentir-se-ia capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio e de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio, usando os livros textos, pedindo ajuda a outras pessoas e estudando as dúvidas dos estudantes. Seria capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio, pontuando que seria necessário aumentar o tempo dedicado à Física no currículo e seria capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC, conquanto dependendo da pergunta tenha que trazer a resposta na aula seguinte. Igualmente seria capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio, propondo desafios, perguntas, utilizando associações com o cotidiano e a mídia para tanto. Além disso, Saulo seria capaz de compreender os conceitos de FMC, de implementar inovações curriculares e de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.

Na sua prática de preparação e execução do minicurso de Física de Partículas oferecido a estudantes do Ensino Médio, porém, Saulo, diferentemente de Roberto, em nenhum momento do minicurso trabalhou com qualquer assunto de Física de Partículas ou de FMC, pois a parte que lhe coube na aplicação do mesmo

tratava apenas da exposição do pensamento de filósofos gregos antigos sobre a pergunta: do que todas as coisas são feitas? Ainda durante a fase de preparação, demonstrou muita insegurança e ansiedade e, mais especificamente, na semana anterior à realização do primeiro minicurso oferecido pelos licenciandos, Saulo também estava sob grande pressão emocional devido a problemas familiares. Ademais, sua atuação durante uma primeira prévia do minicurso, em meio ao seu período de preparação, foi sofrível e muito criticada, o que o abalou visivelmente. Já nos dias das aplicações dos minicursos, Saulo cumpriu sua pequena colaboração já visivelmente um pouco mais seguro.

4.3. Dados do futuro professor Roberto

Apresentamos, mais adiante, as narrativas de suas entrevistas inicial e final para, mais além, articular os dados das mesmas, em forma de unidades de análise, junto àqueles contidos nos mapas cognitivos sobre a inserção de FMC no Ensino Médio, a fim de se inferir as crenças de Roberto relativas às dimensões epistemológicas, didático pedagógicas e motivacionais.

4.3.1 Narrativa da Entrevista Inicial de Roberto

O licenciando Roberto tem 31 anos de idade e sua escolha em fazer o curso de Licenciatura está relacionada a uma necessidade econômica, pois precisava trabalhar durante o dia para sustentar sua família e o curso era oferecido no período noturno. Começou fazendo o curso de Bacharelado em Física enquanto trabalhava, mas acabou mudando para Licenciatura para poder conciliar seus horários e interesses, assim como também por sempre ter gostado de dar aulas:

“Primeiro, foi o horário de oferecimento do curso, noturno, eu precisava trabalhar; outro eu tinha empatia com a Física, fazia bacharel, trabalhava. Eu mudei para a Licenciatura, mais porque era noturno. Eu sempre gostei de dar aulas também. (...) Unir o útil ao agradável”.

Afirma que sempre gostou de ser professor, embora não pretenda exercer a profissão imediatamente assim que se formar, pois possui um emprego que garante o sustento de sua família: *“Pretendo - não imediatamente - por que eu tenho já um emprego razoavelmente estável, mas surgindo oportunidade eu não pretendo perder”.*

Sobre o que pensa que um professor de Física deve saber e saber fazer para dar uma boa aula, Roberto responde que:

“É claro que ele precisa saber muito bem os conteúdos. Acho que principalmente no Ensino Médio ele tem que saber muito bem os conteúdos porque o conteúdo de Física é extenso. Mas, além disso, ele precisa é saber como contextualizar o conteúdo que ele aprendeu para o cotidiano do aluno. Senão ele vai boiar. É bem complexo e bem extenso”.

Apesar de que ainda não se considere preparado para ensinar FMC julga-se capaz de implementar uma inovação curricular em sala de aula, assim como de estruturar atividades para o EM: *“Eu me sentiria capaz, sim. Gostaria muito, aliás, de participar de um processo deste tipo”.*

Com relação à inserção da FMC no Ensino Médio considera que seja necessária, embora explicita que não saiba como ensiná-la na prática, apesar de sua preocupação pessoal com seu ensino:

“Eu acho que ela é necessária, mas ainda eu não consigo ver como fazer na prática. Mas que eu concordo que tem que ser implementada, eu concordo. Não sei como ensinar para um aluno de Ensino Médio”.

Quando questionado sobre sua capacidade de saber selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de FMC em sala de aula Roberto deixa claro sua preocupação com a falta de domínio de alguns conteúdos específicos, embora para a maioria deles sintasse capaz. Também expressa sua preocupação em como transmitir os conteúdos para os alunos e em relação ao tempo para se preparar adequadamente:

“Se eu tiver um certo tempo para pensar em como fazer eu acho que não teria problemas dependendo é claro do conteúdo, eu não domino todos os conteúdos da Física Moderna e Contemporânea, mas a grande maioria eu me sentiria capaz de ensinar. Tendo um tempo para preparar alguma coisa, para saber o como passar isso para os alunos eu acho que conseguiria sim”.

No que diz respeito às dificuldades que supõe encontrar ao ensinar os tópicos de FMC no EM destaca o fato de que sua aprendizagem dos conteúdos específicos não ter sido didática e, portanto, a necessidade de aprender como ensinar. Também podemos observar novamente da fala de Roberto sua forte preocupação pessoal com o ensino da FMC, atribuindo esta dificuldade a fatores pessoais:

“Primeiro porque eu aprendi Física Moderna de uma forma não didática para alunos do ensino médio. Em princípio o que você faz é passar do jeito que você aprendeu. Nesta hora não dá porque os alunos não vão ter as ferramentas, principalmente, matemáticas para entender o que eu vou ensinar. Então, o que eu precisaria fazer era justamente adaptar como eu vou ensinar o que eu aprendi, sem a matemática, mas dá para ser de uma maneira qualitativa, ou com um arsenal matemático menor do que foi aprendido na graduação. Acho que o caminho é este, mas tem que ser muito bem pensado, senão vai ficar artificial. Você vai passar, mas não vai ter o efeito, o aluno não vai ter aprendido”.

Do ponto de vista da hierarquia conceitual dos conceitos de FMC, Roberto destaca que para ele seria possível se ensinar FMC no EM sem pré-requisitos, mas

isto depende do conteúdo abordado. Ainda ressalta que é preferível o aluno aprender FC que é mais do cotidiano:

“Acho que pode ser desta maneira ou pode ser sem pré-requisitos também. Eu acho que o preferível é o aluno ter aprendido o clássico, porque o clássico é mais, dependendo do conteúdo, ele é mais do cotidiano. Por exemplo, a parte de Einstein, para altas velocidades ou para altas massas. Altas velocidades não é uma coisa do cotidiano, então a clássica vale para um limite de velocidade. Porque não vale a clássica, vale a quântica, porque não vale a clássica, vale a relatividade, que são as duas pontas ali, são as generalizações da teoria, mas, neste caso, por exemplo, é válido você ter o pré-requisito da Física Clássica. Agora para Radiações, por exemplo, é indiferente, você pode já introduzir direto porque eles não vão ter mesmo a bagagem teórica no Ensino Médio que é impossível de dar. Principalmente de Teorias de Campo, este tipo de coisa no Ensino Médio não tem como. Radiações já podia enfiar direto nos alunos aí”.

Já sobre a questão de se considerar capaz ou não de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o EM Roberto afirma, conforme dito anteriormente, que se considera capaz de realizar a transposição destes conceitos para a sala de aula: *“Eu me acho capaz sim, eu precisaria claro é de tempo para adaptar, mas eu tenho certeza que é possível de fazer”.*

Além disso, percebe uma relação direta entre sua formação acadêmica e sua capacidade em implementar tópicos de FMC no EM:

“Eu acho que tem a ver com a minha formação principalmente agora no último ano porque eu tive mais contato com o Ensino de Física Moderna agora no último ano. Antes, no começo não se discutia isto, nos primeiros três anos não era discutido o assunto. As disciplinas de Física Moderna são todas oferecidas no último ano. Antes você teve um contato com um tema ou com outro tema mais vagamente ou porque foi necessário para tratar de outro problema. Então, o contato foi bem agora no último ano mesmo. Então, tem uma relação sim direta do curso com a habilidade, com essa capacidade que eu acredito que eu tenha de abordar os conteúdos de Física Moderna”.

Quando perguntado sobre a possibilidade de se ensinar tópicos de FMC deixando de lado a questão do formalismo matemático Roberto diz acreditar que é possível no EM inserir a FMC sem seu formalismo matemático uma vez que há objetos cotidianos nos quais se utiliza FMC para compreendê-los; além disso, mostra-se disposto a incorporar tais tópicos desta forma em seu ensino quando se tornar professor:

“Eu não sei como, mas eu acho que é possível. Eles pegam um celular na mão, eles não sabem bem como funciona, mas eles sabem que é um tipo de interação à distância, que não tem fios em torno dele. Ali tem um monte de Física Moderna envolvida, aplicada ali no aparelho cotidiano deles. Dá pra fazer muita coisa, na verdade. É questão de sentar e pensar como fazer”.

Sobre o fato dos conceitos presentes na FMC romperem com idéias cotidianas representar um obstáculo ao seu processo de ensino e aprendizagem Roberto declara reconhecer essa dificuldade e aponta para as profundas diferenças epistemológicas, em sua concepção, entre a FC e a FMC, pois enquanto que a primeira faz referência a objetos ou coisas reais, a segunda se refere a objetos ou coisas artificiais:

“É, com certeza é um dificultante, um limitador até dependendo do conceito que precisa ser rompido porque é difícil você inserir uma coisa artificial que quebra um conceito real, do cotidiano do aluno, principalmente no Ensino Médio, que é uma fase que eles ainda não têm firmes os conceitos de Física”.

Esta resposta de Roberto encontra-se aparentemente em contradição com sua afirmação anterior de que é possível para ele se ensinar FMC sem seu formalismo matemático, uma vez que existem objetos no nosso cotidiano que necessitam dos conceitos da FMC para sua compreensão.

Além disso, quanto ao fato dos objetos de estudo da FMC não estarem presentes em nossa percepção cotidiana podemos observar da resposta de Roberto sua crença de que os conceitos abstratos da FMC se sobrepõem aos conceitos já abstratos da FC e que, principalmente, a FMC se constitui num verdadeiro obstáculo para aqueles alunos que não possuem uma boa base conceitual: *“É bem um obstáculo, principalmente para alunos que vem de um ensino não muito bom, que*

não tenham as bases, que não tenham um bom modelo de átomo, ou então alguém que não tem o conceito muito bom de energia formado, fica difícil. São coisas abstratas estes conceitos. Para você abstrair mais ainda em cima de conceitos que já são abstratos fica quase impossível”.

No que diz respeito à capacidade de motivar os alunos por meio do ensino de tópicos de FMC e a forma como faria isto Roberto destaca que para ele a FMC é a parte mais motivante da Física, pois se trata de um conteúdo aplicado em coisas dos últimos cem anos, ao contrário da Física de Newton que - segundo ele - só é vista no Ensino Médio. Neste sentido julga-se capaz de motivar os alunos por meio da FMC por se tratar de um conteúdo motivante por si próprio, uma vez que é aplicado no cotidiano: *“Claro que eu acho, eu acho que é a parte mais motivante da Física é a Física Moderna. É a Física que você pega aí os últimos cem anos que é a parte que a gente vê aplicada em todos os lugares da indústria de ponta, em todos os lugares você vê a Física dos últimos cem anos. A Física do Newton você só vê na verdade no Ensino Médio. Só no Ensino Médio você vê”.*

Com relação a se sentir seguro para responder às dúvidas dos alunos quando questionado sobre os conceitos de FMC Roberto afirma que se julga capaz: *“Me sinto seguro. Tenho convicção que saberia responder a maioria (das dúvidas) e as que eu não souber, a gente vai procurar ou orienta sobre referências possíveis”.*

Da mesma forma, acredita ser capaz de, além de responder às perguntas dos alunos, tornar os conceitos claros para eles:

“Sim, é claro que tem um ou outro conceito que eu não vou saber de pronto, mas com certeza eu tenho boas referências, eu sei onde procurar o que eu não sei, então não teria problema não. Eu preciso, é claro, de algo. De pronto, talvez eu não saiba, mas é questão de tempo até eu achar”. Também podemos observar das afirmações de Roberto que para ele o papel do professor deve ser de um facilitador da aprendizagem dos alunos.

Finalmente, podemos destacar que Roberto sente-se de certa maneira privilegiado por poder participar de um processo de inovação curricular em sua formação profissional e julga que professores formados recentemente estão mais

bem preparados do que professores experientes para implementar FMC em sua prática docente:

“Eu acredito que agora que começou a ser discutido, principalmente a Proposta do Estado de São Paulo e os Parâmetros Curriculares Nacionais os professores da rede pública começaram a discutir isso agora. No meio acadêmico já acredito que era discutido há algum tempo a mais, mas por este motivo eu acredito que os professores que estão se formando agora são privilegiados, porque no curso deles os professores já comentam isto e eles já tem esta preocupação. Pelo menos o contato com o problema dentro da escola, antes de se formar”.

Destaca, ainda, que somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de FMC em sala de aula, o que em sua concepção não é algo trivial de se fazer:

“Porque tem professor que tá a 15 anos dando aula - currículo tradicional. É praticamente impossível você mudar o esquema desse professor se você não mostrar que isto é importante ou então obrigatório. Ele não vai mudar, ele vai fazer do jeito que ele fez e deu certo durante os últimos 15 anos. Você vai ter que mostrar para ele que é importante ou obrigatório e mostrar como fazer. Como fazer, o que não é algo simples, né? É uma coisa complicada na verdade”.

4.3.2 Narrativa da Entrevista Final de Roberto

Roberto, 31 anos, trabalhava muito no período diurno enquanto fazia bacharelado, por isso precisava estudar à noite e escolheu o curso de Licenciatura em Ciências Exatas pela sua ligação com a Física:

“Eu queria mudar o horário do curso e sempre gostei de dar aulas, já vinha trabalhando dando aula particular. Só uni o útil ao agradável. Tava trabalhando muito de dia, fazia bacharel de dia e não tinha outro curso que eu podia fazer noturno ligado à Física né? Então eu uni a educação, que é o que eu gostava já, com a Licenciatura noturna”.

O licenciando, embora atualmente trabalhe como servidor público administrativo, explicita também sua vontade de ser professor: *“Se eu puder eu vou ter como profissão ainda isso (...) assim que eu achar um salário que eu considere suficiente pra mim, eu deixo meu emprego para ser professor”.*

Roberto julga-se capaz de implementar uma inovação curricular em sala de aula apesar de ressaltar que dependendo do conteúdo precisará aprendê-lo para poder ensiná-lo:

“Eu me considero capaz, sim. Eu acho que eu aprendi bem durante a graduação. Eu me considero totalmente capaz. É claro que vai depender muito do conteúdo em si, mas nada que eu não possa aprender para poder implementar”.

Além disso, sente-se apto a criar atividades de ensino de FMC, ainda que julgue esta tarefa árdua e demorada, assim como incertos seus resultados:

“Eu acredito que sim, é uma coisa trabalhosa, porque você tem poucas referências, mas eu acredito que sim, é uma coisa trabalhosa, você vai ter que testar para ver se funciona, então é uma coisa que talvez demoraria um certo tempo, mas propor eu conseguiria facilmente. Talvez não funcione, mas eu teria propostas”.

Quanto à inserção da FMC no Ensino Médio, considera que isso seja muito importante e que já deveríamos ter tais tópicos no currículo porque este tipo de conhecimento é necessário aos estudantes e à sociedade atualmente:

“Eu acredito que é muito importante. Eu acho que já deveria ter sido feito antes inclusive. Eu não tive esta oportunidade. Ainda mesmo durante o curso de graduação tem alguns tópicos de FMC que eu não vi, mas eu acho muito válido e é o que condiz com que os alunos, com o que a sociedade precisa hoje, na minha opinião pelo menos”.

Uma vez questionado sobre sua capacidade de saber selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de FMC em sala de aula, Roberto ressalta que domina o modo de transpor alguns destes para o EM deixando claro, ao mesmo tempo, sua falta de domínio na transposição de outra grande parte destes conteúdos específicos:

“Eu acredito. Eu acredito sim que eu sou capaz. Tem até alguns que eu sou capaz de fazer isso agora. Tem alguns que eu já domino o conteúdo e que eu sei como fazer a transposição já, mas a maioria dos tópicos eu teria que dar uma olhada e bolar um jeito de inserir”.

Ao ser indagado sobre quais critérios de seleção destes conteúdos utilizaria, responde que basearia suas escolhas pelas prescrições dos documentos oficiais e pela sua predileção por determinados tópicos: *“Eu, é claro que eu olharia com muito carinho os documentos oficiais, do governo do Estado, ou do MEC e é claro que eu vou dar preferência para aquilo que eu gosto mais se eu fosse escolher”.*

Em relação às dificuldades que supõe encontrar ao ensinar os tópicos de FMC no EM, ressalta a falta de outras experiências didáticas para poder espelhar sua prática docente somada, sobretudo, à maior dificuldade relacionada à retirada da linguagem matemática atrelada aos conteúdos de FMC mantendo a relevância destes tópicos aos estudantes:

“Principalmente acho que a falta de referência. Você não sabe como abordar, é uma coisa difícil, quer dizer, você tem que pressupor que os alunos não têm aquele conhecimento matemático numa área que precisa, (...) mas a dificuldade é justamente esta: você tirar a matemática da coisa e ainda tornar ela importante pro aluno saber, pra sociedade”.

Da perspectiva da hierarquia conceitual, Roberto aponta que há vantagens em trabalhar previamente com conceitos de FC, em geral mais próximos do cotidiano do aluno, para em seguida inserir-se os conteúdos bem abstratos de FMC, embora deixe claro que isto não se configura como um pré-requisito:

“Eu acredito que tem vantagens sim, mas não que seja necessário, eu não colocaria como pré-requisito, mas não que não tenha vantagens, eu acho que tem vantagens você ensinar a clássica antes da moderna porque os alunos acabam trabalhando com coisas mais concretas, para trabalhar com conteúdos bem abstratos de FMC. Alguns nem tão abstratos, mas a maioria são bem mais abstratos que os conceitos clássicos”.

No que concerne à questão de se considerar capaz ou não de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o EM, Roberto relembra sua experiência recente com a inserção de FP para alunos do EM e reafirma sua capacidade de realizar a transposição de tais conteúdos em sala de aula, embora ele reconheça que é possível ele sentiu a necessidade de pedir ajuda neste processo:

“Eu acredito que sim. Eu só tenho experiência, por enquanto, com a FP, mas eu acho que sentando para olhar como fazer, eu acho que eu consigo com outros tópicos também. Talvez eu precise da ajuda de outras pessoas, recorrer a algumas referências, mas eu acredito que eu sou capaz de fazer isso”.

Então, quando indagado sobre sua capacidade de transpor os conteúdos específicos aprendidos na disciplina Estrutura da Matéria, Roberto afirma:

“Eu acredito que, por exemplo, Radiação do Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico, essas coisas eu tenho uma boa base, eu conseguiria olhando para aquilo que eu já fiz, eu conseguiria bolar um jeito, talvez complicado, talvez não, mas eu conseguiria fazer alguma coisa válida para ensinar no Ensino Médio”.

Ademais, relaciona diretamente sua formação acadêmica e sua capacidade em implementar tópicos de FMC no EM:

“Eu considero que tem muita ligação. Uma parte é do meu interesse, eu diria 20% do meu interesse no assunto e 80 % a minha formação. Com certeza tem uma ligação direta com a minha formação sim. Certeza disto”.

Ainda que ressalte a questão do formalismo matemático como o obstáculo mais relevante a ser vencido no ensino de FMC, acredita na possibilidade de se ensinar tais tópicos no EM, acrescentando ainda que a Matemática concretiza o que é abstrato para quem a compreenda e é necessária a criação de uma forma para se minimizar a retirada do formalismo matemático e as dificuldades relacionadas à abstração do conteúdo:

“Essa acho que é a grande questão. Eu tenho certeza que é possível, mas acho que é o maior dos obstáculos aí porque o formalismo matemático acaba trazendo a abstração pro mundo concreto, pelo menos pra quem entende matemática. Quando a pessoa não entende – e você não esperar isso de um aluno de Ensino Médio – você tem que ter uma estratégia pra atingir aquele objetivo, pra driblar este formalismo matemático e driblar as dificuldades de abstração também dos conteúdos. Não é fácil, mas eu acho que é aí que está a chave. Justamente tirar a matemática da coisa”.

Em seguida, quando lhe é perguntado se ele vê esta dificuldade para todos ou para alguns conteúdos específicos de FMC, Roberto emenda:

“Não todos, eu acredito que os de maior dificuldade no formalismo matemático são a parte de Radiações, que é uma parte grande né?, a parte de Física de Partículas não há uma maneira de fazer, não tem como inserir nada de matemático no Ensino Médio porque a matemática que é necessária ali é muito abstrata. Eu acredito que não todos, mas a maioria sim. Precisa de um rigor matemático forte. Eu vou citar a Radiação do Corpo Negro, por exemplo, não precisa tanto da matemática. Dá para ensinar com a Matemática do Ensino Médio, o efeito fotoelétrico mesmo é um pouco mais difícil mas mesmo assim dá para ensinar (...)”.

Sobre o fato dos conceitos presentes na FMC romperem com idéias cotidianas representar um obstáculo ao seu processo de ensino e aprendizagem, Roberto reconhece esta dificuldade, mas acredita que pode superá-la ao utilizá-la,

dependendo do conteúdo, como um fator de motivação no ensino, embora acredite que terá dificuldades para encontrar exemplos adequados que sirvam a este propósito:

“É um obstáculo (os conceitos presentes na FMC romperem com idéias cotidianas) mas eu acho que pode ser usado como motivação isso. É claro que vai depender muito do assunto e de como você coloca. Você pode usar pra quebrar justamente. Você faz uma pergunta sabendo que o cara vai responder o que é óbvio, só que o que é óbvio não é verdade, aí você faz uma demonstração, ou mostra um vídeozinho curto, ou faz um experimento. Tem que ter uma maneira de provar que aquilo que era óbvio não é certo, não é o que acontece. Aí você quebrou e usou como motivação, eu acredito que não é difícil fazer isso com a maioria dos conteúdos, mas o difícil, sim, é achar um exemplo para cada tópico, né? Mas eu acredito que dá para usar como motivação, mas é um obstáculo sim. Quanto mais abstrato, maior é o pulo que você tem que dar”.

Além disso, quanto ao fato dos objetos de estudo da FMC não estarem presentes em nossa percepção cotidiana, Roberto a princípio afirma que existem muitos exemplos cotidianos de tópicos relacionados à FMC, mas vai ao longo de sua fala reconhecendo que há muitos outros assuntos de FMC que não se consegue ter exemplos próximos do dia-a-dia dos alunos:

“Não, eu acho que tem muitos que estão presentes, talvez não todos, então não é um obstáculo, tem muitos que estão presentes, você consegue exemplificar com coisas do cotidiano, mais da metade com certeza dos tópicos de Física Moderna, mas tem muitos que não estão presentes também e para esses se torna um obstáculo porque você não consegue trazer um exemplo que vá fazer sentido pro aluno”.

Quando foi chamado a dar algum exemplo de FMC relacionado a assuntos próximos e distantes do cotidiano, Roberto apresenta alguns exemplos e argumentos relacionados apenas a assuntos que não julga ser do dia-a-dia:

“Vamos ver! Física de Partículas, por exemplo, não é uma coisa do cotidiano na minha concepção. É claro que acaba sendo de interesse porque dependendo de como você faz, acaba despertando o interesse do aluno, mas não é uma coisa do

cotidiano você falar de hádron, falar de partículas, de novas tabelas periódicas, então não é muito do cotidiano dos alunos. Tem outras coisas também, eu diria também que a parte de MQ não faz muito sentido (...) é uma coisa difícil de trazer um exemplo, a não ser fazendo um experimento na frente deles e mostrando o resultado, mas não tem um exemplo do cotidiano”.

Então, mais uma vez, insistiu-se para que ele citasse exemplos de FMC que julga estar no cotidiano, seja em termos de aplicações ou de conceitos, e novamente a resposta foi geral:

“Se você conseguir achar uma aplicação que faça parte do cotidiano do aluno ou um conceito que faça parte do cotidiano do aluno, já é válido. É que tem tópicos que são bem difíceis de você achar uma coisa que faça sentido. Se você conseguir encontrar pra todos, talvez seja possível, eu não sei te dizer se é possível, mas talvez seja possível encontrar para todos. Ai é uma questão do tempo que você vai gastar procurando às vezes, mas eu trabalho muito com a idéia de exemplificar com um exemplo que faça sentido. Se você fala uma coisa numa turma, você vê aquele monte de interrogação na cara dos alunos, quer dizer que não fez sentido o que você falou para eles. Você tem que trazer então alguma coisa que tenha no mundo deles ali, naquele ambiente que eles estão acostumados, no cotidiano deles”.

Assim, embora Roberto alimente a crença de que existem muitos objetos de estudo da FMC presentes no cotidiano, não deu nenhum exemplo específico mesmo tendo sido insistentemente induzido a fazê-lo. Uma possível explicação para essa generalidade na sua resposta apresenta-se quando cita um cenário hipotético sobre uma turma que fica com dúvidas depois de um exemplo dado pelo professor que percebe então a necessidade de buscar uma exemplificação específica do cotidiano destes estudantes para que se faça compreendido. Ou seja, ele não teria dado nenhum exemplo detalhado porque isto vai depender do cotidiano da turma em que se está trabalhando a inserção de FMC no EM.

No que diz respeito à capacidade de motivar os alunos por meio do ensino de tópicos de FMC e a forma como faria isto, Roberto acentua o fato de que se sente motivado pelo tema e conclui que isto facilita ele a motivar os outros através do lúdico e de forma significativa:

“Eu me considero capaz sim, como eu gosto do assunto, então pra mim já é uma coisa que me motiva. Isso facilita com que eu motive outras pessoas também, eu mostro onde que vai ser importante pra elas talvez com brincadeiras ou coisas que façam sentido pro ambiente delas. Eu acho que eu sou capaz sim”.

Com relação a se sentir seguro para responder às dúvidas dos alunos quando questionado sobre os conceitos de FMC, Roberto afirma que se julga capaz conquanto frise que isto dependerá do conteúdo e é possível que precise buscar informações para responder às perguntas feitas pelos estudantes:

“É, não de todo conteúdo, mas de uma grande parte deles eu me sinto seguro sim, ou então talvez algumas coisas eu tenha que dar uma olhada. Detalhes assim que eles possam me pegar desprevenidos, mas de uma forma geral eu me sinto preparado pra abordar os conteúdos sim”.

Julga-se igualmente capaz de tornar os conceitos de FMC claros aos estudantes além de responder às perguntas dos mesmos: *“Eu me considero capaz. Pra mim já faz sentido, então é uma questão só de transpor”.*

Quando questionado em relação a como faria esta transposição, faz novamente referência ao contexto específico de cada turma em sala de aula:

“Eu acho que é uma coisa que vai depender muito da turma e das idades dos alunos. É, eu tenho que olhar para a cara deles e fazer perguntas, eu não sei te dizer se vai funcionar, mas que eu me considero capaz, eu me considero de fazer essa transposição”.

É possível ainda ressaltar a crença de Roberto no fato de que professores formados recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de FMC no EM por conta dos primeiros estarem tendo acesso em seus currículos formativos a estes tópicos em contraposição à sua crença de que, em geral, os professores mais experientes apresentam resistência à mudanças no currículo:

“Eu acredito que sim já que está sendo introduzido nos currículos das Licenciaturas, ou seja, o professor de uma maneira geral eu considero que tem resistência em inserir novos conteúdos. Eu mesmo acho que resistiria em modificar

o currículo, ou seja, se isto fez parte da minha formação, para mim não é uma modificação então”.

Por fim, reconhece a necessidade de um curso de capacitação ou ainda de um material didático produzido por uma pesquisa a fim de tornar o professor de Física apto para implementar com segurança tópicos de FMC em sala de aula, o que em sua visão também dependerá do interesse dos mesmos, ressaltando ainda que uma mudança curricular que não apóie o professor nestas dimensões está fadada ao fracasso:

“Eu acredito que um curso de capacitação é necessário. Talvez com um material bem escrito, testado, ou seja, fruto de uma pesquisa, seja capaz, mas vai depender talvez do interesse dos professores. Tem alguns professores que se interessam. Tem outros que já não. Aqui, se for pegar a nossa realidade do Estado de São Paulo, tem 50% de temporários. Os temporários, é claro que não tem interesse, o cargo não é deles. Talvez os titulares de cargo estejam mais à vontade com isso, talvez eles resistam mais por não ter obrigações. A única coisa que eles tem de obrigações é cumprir a carga horária. Mas eu acredito que um curso, não importa se escrito ou presencial é importante sim. Não simplesmente modificar um currículo e falar, ó, cumpra-se isto. Isto não funciona. Deste jeito não. Algo tem que existir (...) Você não pode falar: esses conteúdos vão fazer parte da grade do ano que vem. Você não pode fazer isto no fim do ano e já falar para os professores aplicarem no ano que vem que não tem material didático. Até tem um ou outro livro didático que traz, mas são poucos e as abordagens são diversas. Eu acredito que deve ter saído em edital agora de livro didático isso que é um assunto bem novo, né? Então o professor acaba ficando sem referência”.

4.3.3. Dados Epistemológicos de Roberto

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 11: Mapa epistemológico do questionário inicial de Roberto

Figura 12: Mapa epistemológico do questionário final de Roberto

Quanto à abstração e à dificuldade de se entender FMC, questão 1, Roberto respondeu tanto inicial, quanto finalmente “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>São coisas abstratas estes conceitos. Para você abstrair mais ainda fica quase impossível.</i>	Conteúdo Abstrato; Conteúdo Difícil; Dificuldade de Ensinar
2R	<i>Eu acho que o preferível é o aluno ter aprendido o clássico do que trabalhar com conteúdos bem abstratos de FMC.</i>	Conteúdo Abstrato; Ensinar com Pré-Requisitos
2R	<i>Alguns nem tão abstratos, mas a maioria são bem mais abstratos que os conceitos clássicos.</i>	Conteúdo Abstrato
2R	<i>Quanto mais abstrato, maior é o pulo que você tem que dar.</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar

2R	<i>Quando a pessoa não entende - e você não espera isso de um aluno de Ensino Médio - você tem que ter uma estratégia para atingir aquele objetivo, para driblar o formalismo matemático e driblar as dificuldades de abstração dos conteúdos.</i>	Conteúdo Abstrato; Conteúdo com Formalismo Matemático; Saber utilizar Estratégias de Ensino; Dificuldade de Ensinar
2R	<i>(Mecânica Quântica) é uma coisa difícil de trazer um exemplo, a não ser fazendo um experimento na frente deles e mostrando o resultado, mas não tem um exemplo do cotidiano.</i>	Conteúdo Abstrato; Saber utilizar Estratégias de Ensino; Dificuldade de Ensinar

Tabela 23: Unidades de análise epistemológicas de Roberto relacionadas à questão 1 do questionário Likert

No que concerne às questões 5 e 6, referentes respectivamente aos obstáculos oriundos dos conceitos de FMC romperem com ideias cotidianas e dos objetos de estudos de FMC não estarem presentes na percepção cotidiana, Roberto respondeu tanto inicial quanto finalmente “Concordo” para a questão 5, ao passo que na questão 6 ele respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Indiferente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>é difícil você inserir uma coisa artificial que quebra um conceito real, do cotidiano do aluno, principalmente no Ensino Médio</i>	Conteúdo Abstrato; Conteúdo Difícil; Dificuldade de Ensinar
1R	<i>É bem um obstáculo (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana)</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar
1R	<i>É bem um obstáculo (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana)</i>	Conteúdo Abstrato; Aprender com Pré-requisitos;

	<i>principalmente para alunos que vem de um ensino não muito bom, que não tenham as bases, que não tenham um bom modelo de átomo, ou então alguém que não tem o conceito muito bom de energia formado, fica difícil.</i>	Dificuldade de Ensinar
1R	<i>com certeza é um dificultante (o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas)</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar
2R	<i>eu acredito que dá para usar como motivação, mas é um obstáculo sim (o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas).</i>	Conteúdo Abstrato; Saber utilizar Estratégias de Ensino
2R	<i>É um obstáculo (o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas)</i>	Conteúdo Abstrato
2R	<i>eu acho que tem muitos (objetos da FMC) que estão presentes (em nosso cotidiano), talvez não todos, então não é um obstáculo</i>	Conteúdo Cotidiano; Possibilidade de Ensinar
2R	<i>têm muitos (objetos da FMC) que estão presentes, você consegue exemplificar com coisas do cotidiano, mais da metade com certeza dos tópicos de Física Moderna</i>	Conteúdo Cotidiano; Possibilidade de Ensinar
2R	<i>tem muitos (objetos da FMC) que não estão presentes também (em nosso cotidiano) e para esses se torna um obstáculo porque você não consegue trazer um exemplo que vá fazer sentido para o aluno.</i>	Conteúdo Abstrato; Aprendizagem com Cotidiano; Dificuldade de Ensinar
2R	<i>eu acho que tem muitos (objetos da FMC) que estão presentes (em nosso cotidiano), talvez não todos, então não é um obstáculo</i>	Conteúdo Cotidiano; Possibilidade de Ensinar
2R	<i>É um obstáculo (os conceitos presentes na FMC romperem com idéias cotidianas) mas eu acho que pode ser usado como motivação isso. É claro que vai depender muito do assunto e de como você coloca. Você pode usar pra quebrar justamente. Você faz uma pergunta sabendo que o cara vai responder o que é óbvio, só que o que é óbvio não é</i>	Conteúdo Abstrato; Saber utilizar Estratégias de Ensino; Possibilidade de Ensinar

	<i>verdade, aí você faz uma demonstração, ou mostra um vídeozinho curto, ou faz um experimento.</i>	
--	---	--

Tabela 24: Unidades de análise epistemológicas de Roberto relacionadas às questões 5 e 6 do questionário Likert

Ademais, na questão 4, sobre a possibilidade de ensinar FMC no Ensino Médio, mesmo deixando de lado seu formalismo matemático, Roberto em ambos questionários aplicados respondeu “Concordo Plenamente” e durante as entrevistas referiu-se ao assunto como segue:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>o que eu precisaria fazer era justamente adaptar como eu vou ensinar o que eu aprendi sem a matemática</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático
1R	<i>eu acho que é possível (ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático)</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Possibilidade de Ensinar
1R	<i>dá para ser de uma maneira qualitativa, ou com um arsenal matemático menor do que foi aprendido na graduação. Acho que o caminho é este, mas tem que ser muito bem pensado, senão vai ficar artificial. Você vai passar, mas não vai ter o efeito, o aluno não vai ter aprendido.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Dificuldade de Ensinar; Aprendizagem com o Formalismo
1R	<i>Eu não sei como (ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado - todo ou parte de - seu formalismo matemático original)</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Possibilidade de Ensinar
1R	<i>Dá pra fazer muita coisa, na verdade. É questão de sentar e pensar como fazer (para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado (todo ou parte) seu formalismo matemático original).</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Possibilidade de Ensinar
2R	<i>porque o formalismo matemático acaba trazendo a abstração para o mundo concreto, pelo menos para quem entende</i>	Conteúdo com Formalismo

	<i>matemática.</i>	Matemático
2R	<i>Eu acredito que não todos, mas a maioria sim precisa de um rigor matemático forte.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático
2R	<i>Não todos (conteúdos de FMC), mas muitos deles precisam (de um rigor matemático forte).</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático
2R	<i>você tem que pressupor que os alunos não têm aquele conhecimento matemático numa área que precisa, não que seja extremamente necessário</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Aprendizagem com o Formalismo
2R	<i>mas a dificuldade é justamente esta, você tirar a matemática da coisa e ainda tornar ela importante para o aluno saber, para a sociedade.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Dificuldade de Ensinar
2R	<i>Eu tenho certeza que é possível (ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado (todo ou parte) seu formalismo matemático original)</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Possibilidade de Ensinar
2R	<i>Não é fácil (ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado (todo ou parte) seu formalismo matemático original), mas eu acho que é aí que está a chave. Justamente tirar a matemática da coisa.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Dificuldade de Ensinar
2R	<i>mas acho que é o maior dos obstáculos (deixar de lado o formalismo matemático original)</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Dificuldade de Ensinar
2R	<i>A parte de Física de Partículas não há uma maneira de fazer, não tem como inserir nada de matemático no Ensino Médio porque a matemática que é necessária ali é muito abstrata</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático
2R	<i>se você pegar um aluno do terceiro ano eu acredito que tenha matemática suficiente para desenvolver o efeito</i>	Conteúdo com Formalismo

	<i>fotoelétrico, radiação do corpo negro.</i>	Matemático; Aprender com o Formalismo; Possibilidade de Ensinar
2R	<i>Mas a maioria das coisas, você começa a fazer conta com função de onda, por exemplo, perde o sentido no Ensino Médio, eles não sabem derivar bem, integrar bem, fazer contas, olhar aquela função como uma onda física mesmo, perde o sentido, fica abstrato, ou seja, não vai fazer sentido para eles. Eles pode até fazer a conta, mas não sabem o que eles estão fazendo.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Conteúdo Abstrato; Aprendizagem com o Formalismo; Dificuldade de Ensinar
2R	<i>Quando a pessoa não entende - e você não espera isso de um aluno de Ensino Médio - você tem que ter uma estratégia para atingir aquele objetivo, para driblar o formalismo matemático e driblar as dificuldades de abstração dos conteúdos.</i>	Conteúdo Abstrato; Conteúdo com Formalismo Matemático; Saber utilizar Estratégias de Ensino; Dificuldade de Ensinar

Tabela 25: Unidades de análise epistemológicas de Roberto relacionadas à questão 4 do questionário Likert

Acerca dos fenômenos de FMC nem sempre serem visíveis em laboratórios, questão 3, Roberto respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Indiferente”.

No que concerne à questão 2, sobre a FMC ter surgido de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais, inicialmente a resposta foi “Indiferente” e ao final foi “Concordo”.

Por fim, apresentamos ainda as unidades de análise a seguir que não têm uma correlação com os dados dos questionários:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>a parte mais motivante da Física é a Física Moderna.</i>	Conteúdo Motivante
1R	<i>Eles pegam um celular na mão, eles não sabem bem como funciona, mas eles sabem que é um tipo de interação à</i>	Conteúdo Aplicado

	<i>distância, que não tem fios em torno dele. Ali tem um monte de Física Moderna envolvida, aplicada ali no aparelho cotidiano deles.</i>	
1R	<i>É a Física que você pega aí os últimos cem anos que é a parte que a gente vê aplicada em todos os lugares da indústria de ponta, em todos os lugares você vê a Física dos últimos cem anos.</i>	Conteúdo Aplicado
2R	<i>É que tem tópicos que são bem difíceis de você achar uma coisa que faça sentido.</i>	Conteúdo Abstrato; Conteúdo Difícil; Dificuldade de Ensinar
2R	<i>Se você conseguir achar uma aplicação que faça parte do cotidiano do aluno ou um conceito que faça parte do cotidiano do aluno, já é válido</i>	Conteúdo Cotidiano; Aprendizagem com Cotidiano
2R	<i>Você tem que trazer então alguma coisa que tenha no mundo deles ali, naquele ambiente que eles estão acostumados, no cotidiano deles.</i>	Conteúdo Cotidiano; Aprendizagem com Cotidiano

Tabela 26: Outras unidades de análise epistemológicas de Roberto

4.3.4. Crenças Epistemológicas inferidas de Roberto

Apresentamos, mais adiante, as crenças epistemológicas inferidas de Roberto relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem epistemológica de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças epistemológicas a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Os conceitos de FMC são abstratos em geral.

2) Física de Partículas não há uma maneira de fazer, não tem como inserir nada de matemático no Ensino Médio porque a matemática que é necessária ali é muito abstrata.

3) Um obstáculo a ser transposto no ensino de FMC seria o fato dos conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas, mas é possível transpô-lo.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença epistemológica com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) Alguns conceitos de FMC não são tão abstratos.

2) A grande maioria dos conceitos de FMC são mais abstratos que os conceitos clássicos.

3) Quanto mais abstrato o conceito de FMC, maior será o esforço para superar a abstração no ensino do mesmo.

4) Um aluno do terceiro ano tem conhecimento matemático suficiente para que seja desenvolvido o efeito fotoelétrico e a radiação do corpo negro.

5) Realizar conta com funções de onda no Ensino Médio não tem sentido aos alunos.

6) É um obstáculo a ser transposto no ensino de FMC o fato dos seus objetos de estudo não estarem presentes nas nossas percepções cotidianas, mas é possível transpô-lo. Principalmente para alunos que vem de um ensino não muito bom, que não tenham as bases.

7) Pode ser utilizado como uma motivação o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas. É feita uma pergunta, os alunos respondem o que é óbvio, só que o que é óbvio não é verdade, aí é feita uma demonstração, ou é mostrado um vídeozinho curto, ou se faz um experimento.

8) A FMC é a parte da Física aplicada no cotidiano.

9) Os fenômenos de FMC nem sempre são visíveis em laboratórios

10) FMC surgiu de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais.

11) É necessário se buscar estratégias para se driblar a abstração dos conteúdos.

As ideias a seguir externadas pelo futuro professor ou estão em contradição com suas crenças epistemológicas anteriormente retratadas, ou com suas atitudes, ou ainda contêm em si mesmas uma contradição intrínseca:

1) Mecânica Quântica é algo difícil de trazer um exemplo do cotidiano, a não ser fazendo um experimento na frente dos alunos e mostrar o resultado do mesmo.

2) A maioria dos conteúdos de FMC precisam de um rigor matemático forte.

3) Os alunos precisariam de mais conhecimento matemático para se trabalhar com FMC.

4) A retirada do formalismo matemático seria a maior dificuldade para se ensinar FMC no Ensino Médio.

5) É possível ensinar FMC no Ensino Médio, mesmo deixando de lado seu formalismo matemático.

6) O formalismo matemático acaba trazendo a abstração para o mundo concreto para quem o entende.

7) Há muitos objetos de FMC que estão presentes no cotidiano, então para estes não há um obstáculo a ser transposto.

4.3.5. Dados Didático-Pedagógicos de Roberto

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 13: Mapa didático-pedagógico do questionário inicial de Roberto

Figura 14: Mapa didático-pedagógico do questionário final de Roberto

Quanto à impossibilidade de se ensinar FMC no ensino médio, questão 7, Roberto manteve sua resposta em “Discordo Plenamente” em ambos questionários respondidos. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Como fazer (para implementar com segurança tópicos de FMC no Ensino Médio), o que não é algo simples, né? É uma coisa complicada, na verdade.</i>	Possibilidade de Ensinar; Dificuldade de Ensinar
1R	<i>Mas que eu concordo que tem que ser implementada, eu concordo.</i>	Possibilidade de Ensinar
1R	<i>mas ainda eu não consigo ver como fazer na prática</i>	Dificuldade de Ensinar
1R	<i>Não sei como ensinar para um aluno de Ensino Médio.</i>	Dificuldade de Ensinar
1R	<i>Eu acho que ela (a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio) é necessária</i>	Possibilidade de Ensinar
1R	<i>eu aprendi Física Moderna de uma forma não didática para alunos do ensino médio. Em princípio, o que você faz é passar do jeito que você aprendeu.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino; Dificuldade

		de Ensinar
2R	<i>Principalmente acho que a falta de referência (de como ensinar). Você não sabe como abordar, é uma coisa difícil</i>	Dificuldade de Ensinar
2R	<i>Eu acredito que é muito importante (a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio).</i>	Possibilidade de Ensinar
2R	<i>mas eu acho muito válido e é o que condiz com o que os alunos, com o que a sociedade precisa hoje</i>	Possibilidade de Ensinar

Tabela 27: Unidades de análise didático-pedagógicas de Roberto relacionadas à questão 7 do questionário Likert

Sobre sua ideia do que os professores pensam quanto ao ensino de Física Clássica ter que anteceder o ensino de FMC, questão 9, inicialmente respondeu “Concordo Plenamente” e ao final “Concordo”.

No que concerne à questão 8, referente a se iniciar o ensino dos conceitos clássicos até se chegar aos modernos, o futuro professor manteve sua resposta em “Indiferente” em ambos questionários respondidos. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>acho que pode ser desta maneira (iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos) ou pode ser sem pré-requisitos também.</i>	Ensinar com Pré-Requisitos
1R	<i>Eu acho que o preferível é o aluno ter aprendido o clássico</i>	Ensinar com Pré-Requisitos
2R	<i>Eu acredito que tem vantagens sim, mas não que seja necessário, eu não colocaria como pré-requisito, mas não que não tenha vantagens, eu acho que tem vantagens você ensinar a clássica antes da moderna porque os alunos acabam trabalhando com coisas mais concretas</i>	Ensinar com Pré-Requisitos

Tabela 28: Unidades de análise didático-pedagógicas de Roberto relacionadas à questão 8 do questionário Likert

Ademais, na questão 10 houve uma mudança de “Concordo” para “Indiferente” quanto à maior eficiência de ensinar FMC com problemas e o uso de equações, enquanto na questão 12, relacionada à possibilidade de ensinar FMC somente com problemas e o uso de equações, Roberto manteve sua resposta em “Indiferente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
2R	<i>eu mostro onde que vai ser importante para elas talvez com brincadeiras ou coisas que façam sentido para o ambiente delas.</i>	Saber utilizar estratégias de Ensino
2R	<i>Tem que ter uma maneira de provar que aquilo que era óbvio não é certo, não é o que acontece. Ai você quebrou e usou como motivação</i>	Saber utilizar estratégias de Ensino
2R	<i>eu trabalho muito com a idéia de exemplificar com um exemplo que faça sentido.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
2R	<i>eu acredito que não é difícil fazer isso (de “quebrar” idéias cotidianas e usar como motivação) com a maioria dos conteúdos,</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino

Tabela 29: Unidades de análise didático-pedagógicas de Roberto relacionadas às questões 10 e 12 do questionário Likert

Acerca dos professores de Física acreditarem que inovar os conteúdos em sala de aula é algo desnecessário, questão 11, Roberto respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Concordo”.

No que concerne à questão 13, que versa sobre se a avaliação da aprendizagem de FMC deve ser feita apenas através de problemas fechados, inicialmente a resposta foi “Discordo” e ao final foi “Discordo Plenamente”.

Por fim, apresentamos ainda as unidades de análise a seguir que não têm uma correlação com os dados dos questionários:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>os alunos não vão ter as ferramentas, principalmente matemáticas, para entender o que eu vou ensinar.</i>	Aprender com o Formalismo; Dificuldade de Ensinar

Tabela 30: Outras unidades de análise didático-pedagógicas de Roberto

4.3.6. Crenças Didático-Pedagógicas inferidas de Roberto

Apresentamos, mais adiante, as crenças didático-pedagógicas inferidas de Roberto relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem didático-pedagógica de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças didático-pedagógicas a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) É possível ensinar tópicos de FMC no Ensino Médio, mas é algo dificultoso em função de não haver referências sólidas de como se ensina estes tópicos para o nível médio.

2) Os professores pensam que o ensino de Física Clássica tem que anteceder o ensino de FMC.

3) É preferível, mas não necessário, que os alunos conheçam bem conceitos clássicos para se trabalhar com conceitos de FMC.

4) A avaliação da aprendizagem de FMC não deve ser feita apenas através de problemas fechados.

5) Os professores de Física acreditam que inovar os conteúdos em sala de aula é algo desnecessário.

6) O professor deve buscar formas de diálogo entre o tema de FMC que está sendo trabalhado e o cotidiano dos estudantes.

7) A ideia de que só é possível ensinar FMC com o uso de problemas e o uso de equações é indiferente.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença didático-pedagógica com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) A maior eficiência ao ensinar FMC se dá apenas com o uso de problemas e o uso de equações.

4.3.7 Dados Motivacionais de Roberto

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 15: Mapa motivacional pessoal do questionário inicial de Roberto

Figura 16: Mapa motivacional pessoal do questionário Final de Roberto

Sobre sentir-se capaz de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula, questões 14 e 15, o licenciando respondeu, a princípio, “Concordo” e ao fim “Concordo”.

No que concerne a sentir-se capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio, questão 20, ele respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Concordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Gostaria muito de participar (de um processo de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio), inclusive.</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino
2R	<i>Eu acredito que sim, é uma coisa trabalhosa, porque você tem poucas referências</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino
2R	<i>mas eu acredito que sim, é uma coisa trabalhosa, você vai ter que testar para ver se funciona, então é uma coisa que talvez demoraria um certo tempo,</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino
2R	<i>mas propor eu conseguiria facilmente. Talvez não funcione, mas eu teria propostas.</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino

Tabela 31: Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 20 do questionário Likert

Quanto a sentir-se capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio, questão 19, Roberto respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Concordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Eu me acho capaz sim, eu precisaria claro é de tempo para adaptar, mas eu tenho certeza que é possível de fazer. Precisava de cobiça, né? Para ver se funciona.</i>	Pessoal

2R	<i>Eu acredito que sim. Eu só tenho experiência, por enquanto, com a Física de Partículas, mas eu acho que sentando para olhar como fazer, eu acho que eu consigo com outros tópicos também.</i>	Pessoal
2R	<i>Talvez eu precise da ajuda de outras pessoas, recorrer a algumas referências, mas eu acredito que eu sou capaz de fazer isso.</i>	Pessoal
2R	<i>Eu acredito que, por exemplo, Radiação do Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico (tópicos da disciplina Estrutura da Matéria), essas coisas eu tenho uma boa base, eu conseguiria olhando para aquilo que eu já fiz, eu conseguiria bolar um jeito, talvez complicado, talvez não, mas eu conseguiria fazer alguma coisa válida para ensinar no Ensino Médio.</i>	Pessoal

Tabela 32: Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 19 do questionário Likert

No que se refere a sentir-se capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio, questão 23, respondeu a princípio “Concordo” e ao término “Concordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Sim (se considera capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes), é claro que tem um ou outro conceito que eu não vou saber de pronto assim,</i>	Pessoal
1R	<i>mas, com certeza, eu tenho boas referências, eu sei onde procurar o que eu não sei, então não teria problema não.</i>	Pessoal
1R	<i>Eu preciso, é claro, de algo. De pronto, talvez eu não saiba, mas é questão de tempo até eu achar.</i>	Pessoal
2R	<i>Eu me considero capaz (de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes). Para mim já faz sentido, então é uma questão só de transpor.</i>	Pessoal
2R	<i>(Fazer a ‘transposição, ou seja, neste contexto, tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes) Eu acho que é uma coisa que vai depender muito da turma e das idades dos alunos. É, eu tenho</i>	Pessoal

	<i>que olhar para a cara deles e fazer perguntas, eu não sei te dizer se vai funcionar, mas que eu me considero capaz, eu me considero de fazer essa transposição.</i>	
--	--	--

Tabela 33: Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 23 do questionário Likert

Em relação a julgar-se capaz de ensinar FMC no Ensino Médio, questão 17, respondeu “Concordo” inicialmente e ao fim “Concordo Plenamente”.

Acerca de julgar-se capaz de compreender os conceitos de FMC, questão 18, respondeu “Concordo Plenamente” a princípio e “Concordo Plenamente” ao fim.

Roberto respondeu “Concordo Plenamente” inicialmente quanto a se julgar capaz de implementar de inovações curriculares, questão 14, e “Concordo Plenamente” ao término. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Eu me sentiria capaz, sim. Gostaria muito, aliás, de participar de um processo deste tipo (de implementar inovações curriculares em sala de aula).</i>	Pessoal
2R	<i>Eu me considero capaz (de implementar inovações curriculares em sala de aula), sim. Eu acho que eu aprendi bem durante a graduação.</i>	Pessoal
2R	<i>Eu me considero totalmente capaz (de implementar inovações curriculares em sala de aula). É claro que vai depender muito do conteúdo em si, mas nada que eu não possa aprender para poder implementar.</i>	Pessoal
2R	<i>Eu me considero capaz (de implementar inovações curriculares em sala de aula).</i>	Pessoal

Tabela 34: Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 14 do questionário Likert

O licenciando respondeu inicialmente “Concordo” sobre se julgar capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio, questão 16, e ao final respondeu “Concordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Se eu tiver um certo tempo para pensar em como fazer eu acho que não teria problemas (de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio) dependendo é claro do conteúdo</i>	Pessoal
1R	<i>eu não domino todos os conteúdos da Física Moderna e Contemporânea, mas a grande maioria eu me sentiria capaz (selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio).</i>	Pessoal
1R	<i>Tendo um tempo para preparar alguma coisa, para saber o como passar isso para os alunos eu acho que conseguiria sim (selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio).</i>	Pessoal
2R	<i>Eu acredito. Eu acredito sim que eu sou capaz (de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio).</i>	Pessoal
2R	<i>Tem até alguns que eu sou capaz de fazer isso agora (selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio). Tem alguns que eu já domino o conteúdo e que eu sei como fazer a transposição já</i>	Pessoal
2R	<i>mas a maioria dos tópicos eu teria que dar uma olhada e bolar um jeito de inserir (selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio)..</i>	Pessoal
2R	<i>É claro que eu olharia com muito carinho os documentos oficiais, do governo do Estado, ou do MEC</i>	Pessoal; Possibilidade de Ensinar
2R	<i>e é claro que eu vou dar preferência para aquilo que eu gosto mais se eu fosse escolher.</i>	Pessoal; Possibilidade de Ensinar
2R	<i>Então eu ia dar preferência, por exemplo, para Física de Partículas. Eu ia dar preferência para coisas relacionadas com teoria de campos, eletromagnetismo</i>	Pessoal; Possibilidade de Ensinar

2R	<i>então claro que eu ia mais em busca do meu perfil, mas eu iria olhar com muito carinho os documentos oficiais</i>	Pessoal; Possibilidade de Ensinar
-----------	--	--

Tabela 35: Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 16 do questionário Likert

Sobre julgar-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio, questão 21, inicialmente respondeu “Concordo” e ao término “Concordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Claro que eu acho, eu acho que é a principal parte, a parte mais motivante da Física é a Física Moderna.</i>	Pessoal; Conteúdo Motivante
2R	<i>Eu me considero capaz sim (de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio)</i>	Pessoal; Saber utilizar Estratégias de Ensino
2R	<i>como eu gosto do assunto, então para mim já é uma coisa que me motiva. Isso facilita com que eu motive outras pessoas também</i>	Pessoal
2R	<i>eu mostro onde que vai ser importante para elas talvez com brincadeiras ou coisas que façam sentido para o ambiente delas. Eu acho que eu sou capaz sim (de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio).</i>	Pessoal; Saber utilizar Estratégias de Ensino

Tabela 36: Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 21 do questionário Likert

Por fim, Roberto respondeu inicialmente “Concordo” no que concerne a ele se julgar capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC, questão 22, e ao fim respondeu “Concordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Me sinto seguro (de dar respostas às perguntas dos estudantes</i>	Pessoal

	<i>sobre temas de FMC). Tenho convicção que saberia responder a maioria e as que eu não souber, a gente vai procurar ou se orientar sobre referências possíveis.</i>	
2R	<i>É, não de todo conteúdo, mas de uma grande parte deles eu me sinto seguro sim (de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC)</i>	Pessoal
2R	<i>ou então talvez algumas coisas eu tenha que dar uma olhada. Detalhes assim que eles possam me pegar desprevenidos</i>	Pessoal
2R	<i>mas de uma forma geral eu me sinto preparado para abordar os conteúdos sim.</i>	Pessoal

Tabela 37: Unidades de análise motivacionais pessoais de Roberto relacionadas à questão 22 do questionário Likert

Figura 17: Mapa motivacional geral do questionário Inicial de Roberto

Figura 18: Mapa motivacional geral do questionário Inicial de Roberto

Roberto respondeu inicialmente “Concordo Plenamente” que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica, questão 24, e ao término respondeu “Concordo Plenamente”.

O licenciando respondeu inicialmente “Concordo Plenamente”, na questão 25, a respeito da ideia de que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio e respondeu ao final “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Eu acredito que agora que começou a ser discutido, principalmente a Proposta do Estado de São Paulo e a Nacional também, o Parâmetro Curricular Nacional que tem os temas inseridos começou... os professores da rede pública começaram a discutir isso agora.</i>	Geral
1R	<i>No meio acadêmico já acredito que era discutido há algum tempo a mais, mas por isto, por este motivo eu acredito que os professores que estão se formando agora são privilegiados, porque o curso deles os professores já comentam isto e eles já tem esta preocupação. Pelo menos o contato com o problema dentro da escola, antes de se formar.</i>	Geral
2R	<i>Eu acredito que sim (professores formados mais recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente) já que está sendo introduzido nos currículos das Licenciaturas</i>	Geral
2R	<i>o professor de uma maneira geral eu considero que tem resistência em inserir novos conteúdos</i>	Geral
2R	<i>Eu mesmo acho que resistiria em modificar o currículo, ou seja, se isto fez parte da minha formação, para mim não é uma modificação então.</i>	Geral

Tabela 38: Unidades de análise motivacionais gerais de Roberto relacionadas à questão 25 do questionário Likert

Quanto ao tempo dedicado à profissão tornar o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC em sua prática docente, questão 26, respondeu inicialmente “Indiferente” e no final “Indiferente”.

No que concerne à ideia de que somente mediante um curso de capacitação o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio, questão 27, inicialmente respondeu “Concordo” e ao fim respondeu “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Ah, sim, tem que ser com curso de capacitação.</i>	Geral
1R	<i>tem professor, que está há 15 anos dando aula - currículo tradicional no Estado. É praticamente impossível você mudar o esquema desse professor se você não mostrar que isto é importante ou então obrigatório, né?</i>	Geral
1R	<i>ele não vai mudar, ele vai fazer do jeito que ele fez e deu certo durante os últimos 15 anos. Você vai ter que mostrar pra ele que é importante ou obrigatório e mostrar como fazer.</i>	Geral
2R	<i>Eu acredito que um curso de capacitação é necessário.</i>	Geral
2R	<i>eu acredito que um curso, não importa se escrito ou presencial é importante sim. Não simplesmente modificar um currículo e falar, ó, cumpra-se isto.</i>	Geral

Tabela 39: Unidades de análise motivacionais gerais de Roberto relacionadas à questão 27 do questionário Likert

Por fim, Roberto, respondeu à questão 28, concernente ao estabelecimento de uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC, da seguinte forma: “Concordo” inicialmente e “Concordo” ao final. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1R	<i>Eu acho que tem a ver com a minha formação principalmente agora no último ano essa capacidade sim porque eu tive contato, mais contato com a Física Moderna, principalmente com o Ensino</i>	Geral

	<i>de Física Moderna agora no último ano.</i>	
1R	<i>o contato foi bem agora no último ano mesmo. Então tem uma relação sim direta do curso com a habilidade, com essa capacidade que eu acredito que eu tenha de abordar os conteúdos de Física Moderna.</i>	Geral
2R	<i>Eu considero que tem muita ligação. Uma parte é do meu interesse, eu diria 20% do meu interesse no assunto e 80 % a minha formação. Com certeza tem uma ligação direta com a minha formação sim. Certeza disto.</i>	Geral

Tabela 40: Unidades de análise motivacionais gerais de Roberto relacionadas à questão 28 do questionário Likert

4.3.8. Crenças Motivacionais inferidas de Roberto

Apresentamos, mais adiante, as crenças motivacionais pessoais inferidas de Roberto relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem motivacional pessoal de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças motivacionais pessoais a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

- 1) Sente-se capaz de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.
- 2) Sente-se capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio, inclusive, desde o princípio, querendo participar de um processo deste. Acrescenta que isto é um processo difícil, porque há poucas referências e talvez não funcione, mas que ele tentaria de qualquer forma.
- 3) Sente-se capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio, talvez buscando outras referências se necessário.
- 4) Sente-se capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio, mesmo que talvez um ou outro conceito ele não de pronto. Então, dispondo de algum tempo, ele não teria problema em tornar claro aos estudantes.
- 5) Julga-se capaz de ensinar FMC no Ensino Médio.
- 6) Julga-se capaz de compreender os conceitos de FMC.
- 7) Julga-se capaz de implementar de inovações curriculares, pontuando que dependendo do conteúdo teria que buscar aprendê-lo para implementá-la.
- 8) Julga-se capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio, pontuando que seria necessário, dependendo do conteúdo, um certo tempo para fazer isso.

9) Julga-se capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC, conquanto dependendo da pergunta tenha que procurar se orientar sobre o assunto.

10) Julga-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio, pois é a parte mais motivante da Física, porque ele já gosta do assunto e isso facilita motivar os outros mostrando o que é importante e com brincadeiras que façam sentido para os estudantes.

Apresentamos, mais adiante, as crenças motivacionais gerais de Roberto relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem motivacional geral de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças motivacionais gerais a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Acredita que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica.

2) Acredita que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio, já que tal preocupação está sendo introduzida nos currículos das Licenciaturas.

3) É indiferente à questão do tempo dedicado à profissão tornar o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC.

4) Estabelece uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC.

5) Acredita que somente mediante um curso de capacitação o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio.

4.3.9. Discussão sobre as Crenças inferidas de Roberto

Roberto acredita que é possível ensinar tópicos de FMC no Ensino Médio, mas é algo dificultoso em função de não haver referências sólidas de como se ensina estes tópicos para o nível médio e que o professor deve buscar formas de diálogo entre o tema de FMC que está sendo trabalhado e o cotidiano dos estudantes. É importante frisar como a falta de uma estrutura episódica dá ensejo a uma insegurança em lidar com a implementação destes temas. Por outro lado, essa lacuna pôde representar também, por sua vez, uma ótima oportunidade de elaboração de uma forma diferenciada de se trabalhar com os conteúdos de FMC no Ensino Médio.

Acredita ainda que os conceitos de FMC são em geral abstratos e que um obstáculo a ser transposto no ensino de FMC seria o fato dos conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas, ainda que seja possível superar tal questão.

O futuro professor acredita também que é possível ensinar FMC no Ensino Médio, mesmo deixando de lado seu formalismo matemático, reconhecendo mais especificamente, que no caso da Física de Partículas não há uma maneira de fazer esta transposição com a justificativa de que a matemática necessária neste caso é muito abstrata. Acredita também que a avaliação da aprendizagem de FMC não deve ser feita apenas através de problemas fechados, de maneira que tais crenças parecem se encaixar perfeitamente em sua estrutura de crenças.

O licenciando acredita que os professores pensam que inovar os conteúdos em sala de aula é algo desnecessário, assim como pensam que o ensino de Física Clássica tem que anteceder o ensino de FMC, enquanto ele mesmo acredita que isto é preferível, mas não necessário. Esta crença flexibiliza a inserção destes tópicos no currículo do Ensino Médio, pois não condiciona a inserção dos mesmos tão somente quando os conteúdos clássicos já foram esgotados, o que em geral não é possível.

Roberto julga-se capaz de ensinar FMC no Ensino Médio, assim como entende que ele é capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio, (talvez buscando outras referências se necessário), de criar

atividades de FMC no Ensino Médio, inclusive, desde o princípio, querendo participar de um processo como este. Acrescenta que isto é um processo difícil, porque há poucas referências e talvez não funcione, mas que ele tentaria de qualquer forma. Julga-se capaz ainda de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio, mesmo que talvez um ou outro conceito ele não saiba de pronto. Então, dispondo de algum tempo, ele não teria problema em tornar claro aos estudantes. Ademais, julga-se capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio, pontuando que seria necessário, dependendo do conteúdo, um certo tempo para fazer isso, bem como julga-se capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC, conquanto dependendo da pergunta tenha que procurar se orientar sobre o assunto e finalmente julga-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio, pois é a parte mais motivante da Física, porque ele já gosta do assunto e isso facilita motivar os outros mostrando o que é importante e com brincadeiras que façam sentido para os estudantes. Sente-se capaz ainda de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula e de implementar inovações curriculares, pontuando que dependendo do conteúdo teria que buscar aprendê-lo para implementá-la. Julga-se capaz, igualmente, de compreender os conceitos de FMC e estabelece uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC.

Roberto exerceu papel protagonista ao longo de suas intervenções junto ao seu grupo de trabalho formado por seus colegas futuros professores. Possivelmente suas crenças motivacionais positivas perpetuar-se-ão e deverão ser guias para seu comportamento na implementação de futuros desafios como o que seu grupo enfrentou relacionados à implementação de outros tópicos de FMC no Ensino Médio.

Ademais, o licenciando acredita que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica e acredita que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio, já que tal preocupação está sendo introduzida nos currículos das Licenciaturas. Isso indica que Roberto acredita que a experiência pela qual ele e seus colegas passaram tem

se generalizado através de grande parte dos cursos de formação de professores e ainda neste sentido ele é indiferente à questão do tempo dedicado à profissão tornar o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC. Por outro lado, acredita que somente mediante um curso de capacitação o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio.

Nossa inferência não pôde precisar ao certo suas ideias declaradas a seguir por conta de inconsistências em suas falas e respostas aos questionários:

Alguns conceitos de FMC não seriam tão abstratos, ainda que a grande maioria dos conceitos de FMC seriam mais abstratos que os conceitos clássicos e quanto mais abstrato o conceito de FMC, maior seria o esforço para superar essa abstração no ensino do mesmo. Um aluno do terceiro ano teria conhecimento matemático suficiente para que fosse desenvolvido o efeito fotoelétrico e a radiação do corpo negro e realizar contas com funções de onda no Ensino Médio não faria sentido aos alunos.

Seria um obstáculo a ser transposto no ensino de FMC o fato dos seus objetos de estudo não estarem presentes nas nossas percepções cotidianas, mas seria possível transpô-lo. Principalmente para alunos que venham de um ensino não muito bom, que não teriam as bases.

Poderia ser utilizado como uma motivação o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas. Seria feita uma pergunta, os alunos responderiam o que é óbvio, só que o que é óbvio não seria verdade. Ato contínuo, seria feita uma demonstração ou seria mostrado um vídeozinho curto, ou se faria um experimento.

A FMC seria a parte da Física aplicada no cotidiano e os fenômenos de FMC nem sempre seriam visíveis em laboratórios didáticos. A FMC teria surgido de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais observados em laboratório e seria necessário se buscar estratégias para se driblar a abstração dos conteúdos, bem como a maior eficiência ao ensinar FMC se daria apenas com o uso de problemas e o uso de equações.

A maioria dos conteúdos de FMC precisaria de um rigor matemático forte, os alunos precisariam de mais conhecimento matemático para se trabalhar com FMC, a retirada do formalismo matemático seria a maior dificuldade para se ensinar FMC no Ensino Médio e, finalmente, o formalismo matemático acabaria trazendo a abstração para o mundo concreto, para aqueles que o entendem.

Ademais e finalmente, apresentaram-se incoerentes suas declarações de que Mecânica Quântica seria algo difícil de trazer um exemplo do cotidiano, a não ser fazendo um experimento na frente dos alunos e mostrando o resultado do mesmo aos estudantes e de que há muitos objetos de FMC que estão presentes no cotidiano, de maneira que para estes não haveria um obstáculo a ser transposto neste sentido.

4.4. Dados da futura professora Ana

Postamos, mais adiante, as narrativas de suas entrevistas inicial e final para, mais além, articular seus dados, em forma de unidades de análise, junto àqueles contidos nos seus mapas cognitivos sobre a inserção de FMC no Ensino Médio, a fim de se inferir suas crenças relativas às dimensões epistemológicas, didático pedagógicas e motivacionais.

4.4.1 Narrativa da Entrevista Inicial de Ana

A licencianda Ana tem 23 anos de idade e sua escolha pelo curso de Licenciatura estava relacionada tanto com a sua situação econômica, quanto à necessidade de realizar um curso superior, pois afirma que apesar de não ter grande interesse em ser professora, optou pelo curso que possuía uma baixa nota de ingresso, por estudar em um colégio particular com bolsa de estudos e teria uma cobrança por sua aprovação no vestibular como resultado dos investimentos da instituição e ainda por se tratar de um curso noturno, já que acreditava na necessidade de trabalhar para se sustentar na universidade:

“No ensino médio eu era muito boa em exatas, principalmente em física, matemática, e eu prestei o curso de licenciatura, não porque eu queria licenciatura, mas porque era mais fácil de entrar e eu tinha uma bolsa no terceiro colegial e que eu ia de graça à escola então eu tinha que dar um nome para a escola e eu prestei um curso noturno porque eu achei que ia ter que trabalhar de manhã para me sustentar aqui, por isso que prestei Licenciatura em Ciências Exatas, na verdade na época eu queria Física Médica, não queria licenciatura, mas eu acho que é um trabalho muito legal agora que estou começando a dar aula, eu gosto.”

Ana não pretende lecionar assim que terminar a graduação, pois pretende primeiramente ingressar em um programa de mestrado de uma área não relacionada especificamente ao ensino e a licenciatura, porém afirma que gosta da idéia de ser professora apesar de acreditar que é preciso ter talento para a profissão:

“Eu gosto (da profissão de professor), não sei se tenho talento para isso, agora que vou saber. Eu gosto porque eu gosto de falar, de conversar, de expor idéias.”

Ana acredita ainda que para ser professor precise ter domínio total do conteúdo e ainda considera a necessidade da preocupação com os alunos:

“Acho que principalmente saber de todos os conceitos exatos, saber a matéria que vai dar aula (...) entender o que o aluno sabe; saber o conhecimento prévio que ele já tem que saber modificar o conhecimento prévio dele.”

Antes de inserir tópicos novos no ensino de Física, considera que uma inovação curricular seja uma reorganização no currículo, de forma que disciplinas como a Física tenham um número maior de aulas:

“Eu acho que está tudo errado no Ensino Médio, eu acho que o número de aulas teria que ser maior, *porque senão não dá para dar toda a matéria de física.*”

E ainda que haja uma efetiva proposição de atividades experimentais em sala de aula, prática pouco desenvolvida nos dias de hoje nas escolas de Ensino Médio:

“*Eu acho que práticas experimentais são o que faz com que o aluno se interesse muito, eu acho que isso deveria ser dado e não é dado, é dado muito lousa e giz e o aluno tá cansado disso, não é muito legal para eles, eles não prestam atenção como quando você vai lá e dá uma prática.*”

O principal problema para a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, na opinião da licencianda, é a falta de tempo, pois em seu ponto de vista, é necessário que todos os conteúdos referentes à Física Clássica sejam ensinados antes de inserir os conteúdos de Física Moderna:

“*Eu acho que é legal (Inserir Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio), mas tem que ser dado o que tem que ser dado, a Física Básica, sem ser a Física Moderna inteira também, para inserir a Física Moderna tem que ter educação física no período contrário e fazer mudanças para conseguir dar Física Moderna.*”

Ana afirma não ter o conhecimento necessário para Ensinar Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, tal como é evidenciado em sua fala e aponta ainda outras dificuldades que teria para trabalhar com esta temática:

“*Eu não tenho noção geral ainda de física moderna sabe, para saber o que dar. (...) principalmente com relação ao conteúdo e ao tempo de aula (teria dificuldades para ensinar tópicos de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio), com o tempo que a gente tem não dá para organizar os conteúdos.*”

A licencianda acredita que os conceitos clássicos são pré-requisitos para o aprendizado da Física Moderna e Contemporânea e expõe a necessidade de que sejam apresentados nesta ordem para os alunos:

“Eu acho que tem que aprender sim (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos).”

Ana acredita que com o conhecimento que possui até o momento teria dificuldades para ensinar Tópicos de Física Moderna e Contemporânea e afirma que recorrerá às publicações sobre o tema para compreender como deve ser a implementação:

“Eu acho que por enquanto eu acho que eu não seria capaz não. (...) Eu preciso ver mesmo como é dado, pegar um livro, vamos supor, nos livros de Ensino Médio como que é dado, fazer uma análise nos livros didáticos, como que é dada a física moderna, para a partir daí ver como que é.”

Ana se justifica com a falta de conhecimentos sobre conteúdos de Física Moderna e Contemporânea durante toda a sua vivência escolar:

“Porque eu não sei diferenciar ainda o ensino na graduação de física moderna e o ensino médio, porque até agora eu não tive física moderna no ensino médio e até agora eu não estudei ainda essa parte de física moderna do ensino médio na graduação.”

Quanto ao formalismo matemático original, Ana se mostrou favorável a idéia de que devam ser privilegiados os conceitos em detrimento dos cálculos mais complexos, porém, sua fala deixa clara sua posição de que o formalismo não deva ser extinto por completo, mas sim simplificado ou adaptado a uma linguagem mais próxima aos alunos:

“Eu acho que dá sim (para deixar de lado o formalismo matemático original), ‘pegar’ mais o contexto mesmo, não precisa dar aquelas derivadas, aquelas coisas.”

Ana concordou que o fato dos objetos de estudo dos tópicos de Física Moderna e Contemporânea não estarem presentes na percepção cotidiana representa uma dificuldade para a abordagem no Ensino Médio por se tratarem de conteúdos bastante abstratos, porém, ela acredita que tais dificuldades podem ser ultrapassadas pelo professor se ele estiver preparado para desenvolver os temas:

“Se você tiver uma maneira de ensinar que eles conseguem enxergar, acho que não tem esse problema. Eu acho que tudo vai do professor, acho que se o professor consegue ensinar, fizer um plano de aula legal, que ele possa entender essa abstração, acho que dá perfeitamente.”

Continuando a mesma linha de raciocínio, Ana afirma ser capaz de criar atividades sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea passíveis de entendimento pelos alunos, contanto que para isso ela pesquise e estude sobre o assunto, não só se utilizando dos conteúdos aprendidos em aula na graduação:

“Eu precisaria estudar sabe, ver como que é, para conseguir montar uma coisa (...) Se eu precisar agora montar uma aula para ele entender, eu não estou preparada para isso, de jeito nenhum. Preciso pesquisar bastante para conseguir montar uma aula assim.”

Para motivar o aluno a se interessar pelo tema, Ana deixou claro que não acredita que devam haver razões diferentes para o aluno aprender Física Clássica ou Física Moderna e Contemporânea, demonstrando que ela mesmo não as difere quanto à importância do ensino, talvez por desconhecer aspectos específicos que poderiam ser levados em conta em seu julgamento ou mesmo por não considerá-los especiais:

“Eu falaria que a Física Moderna é uma física, se você aprende Física Clássica, vai aprender Física Moderna também, eu faria assim, se o aluno tem vontade ele vai aprender Física Moderna assim como ele vai aprender Física Clássica.”

O desempenho do aluno é um fator importante para o aprendizado na opinião de Ana, sendo que o aluno precisa se interessar e se dedicar ao estudo de Física Moderna e Contemporânea para que consiga entender os conceitos envolvidos. Com relação aos questionamentos dos alunos sobre o tema, Ana se considera segura para respondê-los e ainda que se não tivesse condições de sanar as dúvidas, pesquisaria sobre o assunto e voltaria com a resposta num próximo encontro.

“Se eles me perguntassem algo que eu não sei, eu falaria: ‘Isso aí eu não sei e trago para você na próxima aula.’”

Nota-se que Ana está convencida de que não se encontra completamente preparada para desenvolver tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mas que acredita que a partir de sua vivência no curso, de pesquisas sobre o tema e experiências que possa vir a ter poderão ajudá-la a se sentir mais segura quanto a esta inserção.

“Desde que seja estudado, desde que eu esteja preparada para ensinar Física Moderna (...). Vamos supor agora, o professor está agora fazendo isso (trabalhando com a questão da inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio na disciplina ‘Prática de Ensino de Física’) com certeza a gente vai aprender alguma coisa para passar para o aluno e eu acho que vou sair capaz sim de passar de uma maneira legal para os alunos.”

A respeito da qualificação dos professores, Ana disse acreditar que os professores mais recentemente formados estão mais preparados para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente que os professores mais experientes:

“Quando eu saí do Ensino Médio eu acho que eles (os professores) não estavam preparados não para ensinar Física Moderna.”

Ana mantém contato com professores de Ensino Médio através de um projeto que participa (não relacionado ao tema em questão), e afirma não ter presenciado nenhuma discussão entre os pares que mostre preocupação a despeito do assunto e tem como justificativa o fato de ser um tema de discussão recente também nos cursos de licenciatura:

“Eu tenho contato com professores, mas até agora não vi não, se eles ensinam ou como eles ensinam, então eu não tenho noção de como que eles estão, mas acho que se está tendo essa inclusão de Física Moderna eu acho que quem está sendo formado recentemente está saindo melhor sim. (...) Depende de como o aluno foi preparado na graduação, então como está acontecendo agora, serei preparada para dar aula de Física Moderna.”

Para Ana, o fator mais importante para a efetiva inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio por professores experientes é a participação em cursos de capacitação, também considerada a maneira mais segura, porém, ela não descarta que o professor pode por si mesmo pesquisar fontes adequadas para o seu estudo e assim desenvolver e aplicar estratégias de aprendizagem, mas que o professor precisa de tempo e dedicação para tal:

“Depende da vontade do professor. Se ele quiser ensinar Física Moderna, ele vai estudar para fazer o aluno entender, (...) vai procurar ler bastante, procurar pesquisas de como dar aula.”

4.4.2 Narrativa da Entrevista Final de Ana

Na ocasião da entrevista, Ana havia terminado os trabalhos solicitados para a disciplina Prática de Ensino de Física que incluíam a participação em um minicurso de 16 horas sobre temas de Nanociência e Nanotecnologia, dentro da temática de inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e o aprimoramento, discussão e aplicação de um módulo de ensino sobre o mesmo tema para alunos de Ensino Médio em um encontro com duração total de 4 horas.

A resposta de Ana não foi diferente para a questão da escolha pelo curso de Licenciatura em Ciências Exatas:

“Não prestei porque eu quis a licenciatura, nunca foi meu sonho ser professora, foi porque o candidato vaga era menor, tinha que passar.”

Tampouco suas opiniões a respeito de seguir carreira na profissão, reafirmando sua crença de que para ser professor é necessário que se tenha ‘talento’, que nessa segunda entrevista ela utiliza a palavra ‘dom’:

“eu gosto, eu acho legal ensinar, eu acho que é um dom muito legal, ensinar e você ver que está aprendendo.”

Ana continua sem a intenção de lecionar:

“Ainda está incerto o meu futuro, mas dar aula eu acho que não pretendo não.”

E acreditando que o professor precisa ter um domínio sobre a disciplina que vai além dos requeridos pelos alunos e segundo ela, não envolve somente os conhecimentos sobre os conteúdos, mas também a capacidade de ensinar::

“o professor tem que ter um grau avançado de conteúdo para poder dar uma aula boa com segurança. (...) Tem gente que sabe muito para ele, mas para explicar é péssimo”.

Inovação Curricular na opinião da licencianda é uma reformulação no currículo, uma reorganização que substitui os conteúdos menos importantes ou que precisam ser melhorados por novos conteúdos que contribuam mais para a formação do indivíduo:

“Eu acho que primeiro é ver o que está bom, ver o que está ruim no currículo, tirar o que não está bom, por alguma coisa que precisa mais, acho que é fazer uma análise mesmo, ver o que eles precisam aprender pro futuro.”

Ana diz que implementaria as inovações curriculares em sua prática docente e ainda que este seria o caminho para que os alunos se interessassem pelos assuntos desenvolvidos em aula:

“Acho que se eu fosse dar aula, eu faria o melhor para que eles pudessem aprender sabe, não iria fazer para passar e deixar eles sem aprender nada, passar pelo que eu passei no Ensino Médio não queria ser uma professora assim não, eu queria ser uma professora boa, levar experimentos, fazer com que eles interagissem mais com a Física fazer com que eles se interessem pela física, não só aquelas contas que deixam eles apavorados”

Apesar de entender a necessidade da inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, a licencianda continua defendendo que a Física Clássica tem papel muito importante na disciplina de Física e de forma alguma deve ser descartada ou substituída:

“A Física Clássica eu acho que deve ser dada, mas acho que é super interessante a Física Moderna porque está presente nas tecnologias, acho que é importante os alunos aprenderem, saberem sobre as novas tecnologias”.

Ana ressalta ainda que necessitaria de ajuda para selecionar os conteúdos mais adequados de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio, pois se diz não conseguir realizar tal tarefa apenas com o que foi aprendido na faculdade:

“De acordo com o que aprendi na faculdade, não me acho muito capaz (...), mas se me derem os temas que estão em alta, acho que sou capaz sim, de ver o que é interessante para eles (os alunos) saberem”.

A licencianda atribui a dificuldade em selecionar os conteúdos também ao fato de não considerar uma ligação direta entre os tópicos de Física Moderna e Contemporânea e a vivência do aluno:

“Seria um pouco difícil para eles verem uma coisa que não está no cotidiano”.

Ana demonstra-se confusa em sua resposta quando lhe foi perguntado se para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos, pois inicia sua resposta de modo a desvincular Física Moderna e Contemporânea de Física Clássica afirmando se tratarem de assuntos desconexos, porém, termina de certa forma contrariando sua afirmação:

“Acho que não precisa de Física Clássica para ensinar Física Moderna, porque acho que uma coisa é uma coisa, outra coisa é outra coisa, mas às vezes a gente precisa, para entender a Física Moderna a gente precisa da Física Clássica”.

Para transpor os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação, Ana considera-se capaz, tomando como referência a linguagem utilizada nas aulas do minicurso mas acredita que o conteúdo seria um obstáculo para aprendizagem devido a sua complexidade:

“Em termos de linguagem eu acho que conseguiria sim (transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio) Em relação ao conteúdo eu acho que seria um pouquinho mais complicado deles entenderem.”

Com relação à utilização de um formalismo matemático original, a licencianda concorda com a possibilidade de ensinar os tópicos de Física Moderna e Contemporânea deixando-o de lado:

“eu acho que é possível sim, dar (o conteúdo de Física Moderna e Contemporânea) sem muitas contas”.

O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas e ainda de que seus objetos de estudo não estarem presentes em nossa percepção cotidiana representam grandes obstáculos ao processo de ensino e aprendizagem dos alunos, segundo Ana, pois ela acredita que para alguns conteúdos é necessário que o aluno tenha certo grau de abstração, e que isto não seja uma capacidade inerente a todos e que por esse motivo seja difícil o trabalho, Ana termina justificando este fato inclusive devido ao estágio de amadurecimento em que os alunos de Ensino Médio se encontram:

“Como eles são novos ainda, talvez não seja possível deles captarem, então acho que talvez seja por isso, por não estar presente mesmo, você não conseguir ver, talvez seja um pouquinho mais difícil”.

Considerando ainda que o aluno deva ter predisposição para tal atividade:

“A maioria dos tópicos não estão presentes, não consegue ver, é coisa que você tem que imaginar e são poucas pessoas que tem essa habilidade eu acho. É pra quem gosta mesmo”.

De acordo com a licencianda, a criatividade para desenvolver atividades sobre Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio depende do conteúdo a ser proposto, que se julga capaz de criá-las ou não de acordo com o tema a ser trabalhado:

“Acho que os conteúdos que eu gosto mais, conseguiria fazer uma atividade melhor, porque você gosta então você tem mais imaginação, consegue desenvolver atividades legais, se tiver um tema para eu dar, eu ia pesquisar, interagir mais com o assunto para eu conseguir criar uma atividade legal”.

Para motivar os alunos no estudo de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, a licencianda considera que se deva mostrar a sua importância tal como a presença de suas aplicações no cotidiano. Ana ressalta também que a predisposição do professor auxilia no entusiasmo dos alunos e desperta interesse pela matéria:

“Acho que só de você chegar disposto a ensinar e mostrar porque que é importante (o assunto a ser estudado), acho que já dá um ‘up’ no aluno, pelo menos para mim, quando eu fui aluna, isso já fazia diferença, só na vontade que o professor tem de ensinar, acho que já faz diferença”.

Quanto às perguntas dos alunos, acredita que seja necessário estudar mais:

“Para me sentir segura, eu ia ter que estudar muito mais Física Moderna”.

Sobre a tarefa de tornar os conceitos de Física Moderna e Contemporânea claros para os alunos de Ensino Médio, Ana acredita que a melhor forma seria

através de diálogo, fazendo perguntas para os alunos e trabalhando com as respostas que eles próprios produzem:

“Eu acho que é coisa de diálogo mesmo, eu ia fazendo perguntas sabe, instigando perguntas, fazendo eles pensarem”.

A opinião de Ana sofreu uma mudança nesta segunda entrevista, pois ela afirma que os professores mais experientes tem vantagens sobre os formados mais recentemente para ensinar Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, principalmente devido à experiência adquirida à frente das salas de aula:

“Porque a gente não teve Física Moderna no Ensino Médio e eles (professores mais experientes) também não tiveram, então eu acho que eles têm a mesma coisa que a gente. E acho que eles estão até melhores preparados, porque eles já tem experiência, então acho que já sabem transpor melhor para o aluno”.

Mas concorda com a idéia de que os cursos de capacitação são a melhor forma de os professores implementarem com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e que para o professor decidir, por conta própria pela implementação, demandaria bastante vontade e que nem todos fariam:

“Acho que vai de cada um, se a pessoa é disposta a estudar e correr atrás e tornar claro todo o conhecimento, acho que é possível mas nem todos, seria mais facilmente se tivesse o curso de preparação”.

Sobre a relação entre a sua formação acadêmica e a capacidade de implementar Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, Ana não demonstra muita confiança, alegando ter aprendido pouco conteúdo, mas que nas temáticas desenvolvidas, ela teria a capacidade de implementar com segurança:

“O que eu aprendi foi muito pouco, mas eu acho que o que eu aprendi sou capaz sim de implementar no Ensino Médio”.

4.4.3 Dados Epistemológicos de Ana

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 19: Mapa epistemológico do questionário inicial de Ana

Figura 20: Mapa epistemológico do questionário final de Ana

Quanto à abstração e à dificuldade de se entender FMC, questão 1, Ana respondeu tanto inicial, quanto finalmente “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>É um pouco abstrato né</i>	Conteúdo Abstrato

Tabela 41: Unidade de análise epistemológica de Ana relacionadas à questão 20 do questionário Likert

No que concerne às questões 5 e 6, referentes respectivamente aos obstáculos oriundos dos conceitos de FMC romperem com ideias cotidianas e dos objetos de estudos de FMC não estarem presentes na percepção cotidiana, Ana respondeu inicialmente “Concordo” para ambas as questões, ao passo que ao final ela respondeu “Discordo” para a questão 5 e “Concordo” para a questão 6. Nas entrevistas, temos que:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>É, eu acho que talvez (representasse um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas). Depende do aluno, acho que seria para um terceiro colegial mais ou menos. Eu acho que eles são capazes de entender sim.</i>	Conteúdo Abstrato; Aprendizagem com Pré-requisitos
1A	<i>tudo vai do professor, acho que se o professor consegue ensinar, fazer um plano de aula legal, que ele possa entender essa abstração, acho que dá perfeitamente (para vencer a dificuldade do fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana)</i>	Conteúdo com o Formalismo Matemático; Saber Utilizar Estratégias de Ensino; Possibilidade de Ensinar
2A	<i>Eu acho que sim... (os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas e isto representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem dos mesmos) porque a gente não vê, de como eles são novos ainda, talvez não seja possível deles captarem, até para a gente que está na universidade, as vezes é demora para cair a ficha (sobre os conceitos de FMC), então acho que talvez seja por isso, por não estar presente mesmo, você não conseguir ver, talvez seja um pouquinho mais difícil.</i>	Conteúdo Abstrato; Conteúdo Difícil; Dificuldade de Ensinar
2A	<i>Acho que sim, os objetos de estudos não estão presente no cotidiano aí acho que fica mais difícil para a pessoa entender. A maioria não consegue...</i>	Conteúdo Abstrato; Conteúdo Difícil; Dificuldade de Ensinar
2A	<i>A maioria dos tópicos não estão presentes, não consegue ver, é coisa que você tem que imaginar e são poucas pessoas que tem essa habilidade eu acho (de ver os objetos de estudo que não estão presentes em nossa percepção cotidiana).</i>	Conteúdo Abstrato; Conteúdo Difícil; Dificuldade de Ensinar
2A	<i>de acordo com o que tive, por exemplo, relatividade, seria um</i>	Conteúdo Abstrato;

	<i>pouco difícil para eles verem uma coisa que não está no cotidiano, para eles imaginarem sabe. (quando se está ensinando tópicos de Física Moderna e Contemporânea)</i>	Conteúdo Difícil; Dificuldade de Ensinar
--	---	---

Tabela 42: Unidades de análise epistemológicas de Ana relacionadas às questões 5 e 6 do questionário Likert

Ademais, na questão 4, sobre a possibilidade de ensinar FMC no Ensino Médio, mesmo deixando de lado seu formalismo matemático, Ana em ambos questionários aplicados respondeu “Concordo” e durante as entrevistas referiu-se ao assunto como segue:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>Eu acho que dá sim (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original), pega mais o contexto mesmo</i>	Conteúdo com o Formalismo Matemático; Possibilidade de Ensinar
2A	<i>eu acho que é possível sim, dar sem muitas contas.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático
2A	<i>É, relatividade, já não sei se seria possível sem nada de conta, que é a única coisa que eu tive né.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático
2A	<i>De acordo com o mini-curso que a gente deu, acho que sim, acho que dá sim (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original).</i>	Conteúdo com Formalismo; Possibilidade de Ensinar

Tabela 43: Unidades de análise epistemológicas de Ana relacionadas à questão 4 do questionário Likert

Acerca dos fenômenos de FMC nem sempre serem visíveis em laboratórios, questão 3, Ana respondeu inicialmente “Concordo” e ao final também “Concordo”.

No que concerne à questão 2, sobre a FMC ter surgido de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais, inicialmente a resposta foi “Concordo” e ao final foi “Concordo”.

Por fim, apresentamos ainda as unidades de análise a seguir que não têm uma correlação com os dados dos questionários:

	Unidades de Análise	Categoria
2A	<i>Em relação ao conteúdo, agora, eu acho que seria um pouquinho mais complicado deles entenderem</i>	Conteúdo Difícil; Dificuldade de Ensinar
2A	<i>a física moderna porque está presente nas tecnologias</i>	Conteúdo Aplicado

Tabela 44: Outras unidades de análise epistemológicas de Ana

4.4.4. Crenças Epistemológicas inferidas de Ana

Apresentamos, mais adiante, as crenças epistemológicas inferidas de Ana relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem epistemológica de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças epistemológicas a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) É possível ensinar FMC no Ensino Médio, mesmo deixando de lado seu formalismo matemático.

2) Relatividade já não tem certeza se é possível sem o formalismo matemático, pois foi assim que aprendeu ela.

3) Os fenômenos de FMC nem sempre são visíveis em laboratórios.

4) FMC surgiu de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais.

5) É um obstáculo a ser transposto o fato dos objetos de estudo da FMC não estarem presentes nas nossas percepções cotidianas.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença epistemológica com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) A FMC é um pouco abstrata.

2) Um obstáculo a ser transposto no ensino de FMC seria o fato dos conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas. Isso dependeria do aluno. Estudantes do terceiro colegial conseguiriam entender.

3) O professor pode vencer as dificuldades de abstração dos objetos de estudo de FMC mediante um bom planejamento da aula.

4.4.5. Dados Didático-Pedagógicos de Ana

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 21: Mapa didático-pedagógico do questionário inicial de Ana

Figura 22: Mapa didático-pedagógico do questionário final de Ana

Quanto à impossibilidade de se ensinar FMC no ensino médio, questão 7, Ana manteve sua resposta em “Discordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>Principalmente (dificuldades em inserir FMC no EM) com relação ao conteúdo e tempo de aula né, com o tempo que a gente tem não dá pra organizar os conteúdos.</i>	Possibilidade de Ensinar; Conteúdo Difícil
1A	<i>para inserir a física moderna tem que ter aquilo que eu te falei, educação física no período contrário.</i>	Possibilidade de Ensinar
1A	<i>Isso, fazer mudanças (no número de aulas) para conseguir dar física moderna.</i>	Possibilidade de Ensinar
2A	<i>eu acho que é legal sim (a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio)</i>	Possibilidade de Ensinar

Tabela 45: Unidades de análise didático-pedagógicas de Ana relacionadas à questão 7 do questionário Likert

Sobre sua ideia do que os professores pensam quanto ao ensino de Física Clássica ter que anteceder o ensino de FMC, questão 9, inicialmente respondeu “Concordo Plenamente” e ao final “Concordo”.

No que concerne à questão 8, referente a se iniciar o ensino dos conceitos clássicos até se chegar aos modernos, a futura professora manteve sua resposta em “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>Eu acho que sim (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos).</i>	Ensinar com Pré-requisitos
1A	<i>eu acho que (o aluno) tem que aprender (FC antes para aprender FMC)</i>	Ensinar com Pré-Requisitos
1A	<i>se você aprende física clássica, vai aprender física moderna também</i>	Aprendizagem com Pré-requisitos
1A	<i>desde que o aluno tenha vontade de estudar, eu acho que é capaz de aprender física moderna.</i>	Aprendizagem com Pré-requisitos
1A	<i>se o aluno tem vontade ele vai aprender física moderna assim como ele vai aprender física clássica.</i>	Aprendizagem com Pré-requisitos
2A	<i>acho que não precisa de física clássica para ensinar física moderna</i>	Ensinar com Pré-Requisitos
2A	<i>às vezes a gente precisa né, para entender a física moderna a gente precisa da física clássica.</i>	Ensinar com Pré-Requisitos
1A	<i>tem que ser dado o que tem que ser dado né, a física básica, sem ser a física moderna inteira também</i>	Ensinar com Pré-requisitos; Possibilidade de Ensinar

Tabela 46: Unidades de análise didático-pedagógicas de Ana relacionadas à questão 8 do questionário Likert

Ademais, na questão 10 houve uma mudança de “Discordo Plenamente” para “Discordo” quanto maior à eficiência de ensinar FMC com problemas e o uso de

equações, enquanto na questão 12, relacionada à possibilidade de ensinar FMC somente com problemas e o uso de equações, Ana manteve sua resposta em “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
2A	<i>mostrar para eles porque que é importante a física moderna</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
2A	<i>acho que é mais uma coisa de diálogo, eu conseguiria motivar eles.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
2A	<i>Acho que só de você chegar disposto a ensinar e mostrar porque que é importante, acho que já dá um ‘up’ no aluno</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
2A	<i>acho que é importante os alunos aprenderem, saberem sobre as novas tecnologias.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino

Tabela 47: Unidades de análise didático-pedagógicas de Ana relacionadas às questões 10 e 12 do questionário Likert

Acerca dos professores de Física acreditarem que inovar os conteúdos em sala de aula é algo desnecessário, questão 11, Ana respondeu inicialmente “Discordo Plenamente” e ao final “Discordo Plenamente”.

No que concerne à questão 13, que versa sobre se a avaliação da aprendizagem de FMC deve ser feita apenas através de problemas fechados, inicialmente a resposta foi “Discordo” e ao final foi “Discordo”.

4.4.6. Crenças Didático-Pedagógicas inferidas de Ana

Apresentamos, mais adiante, as crenças didático-pedagógicas inferidas de Ana relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem motivacional de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças didático-pedagógicas a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Acredita que é possível ensinar FMC no Ensino Médio, embora seja necessário reformular o currículo e expandir o número de aulas da disciplina para tanto.

2) Os professores pensam que o ensino de Física Clássica tem que anteceder o ensino de FMC.

3) Para Ana, os professores os professores de Física acreditam que inovar conteúdos em sala de aula é algo necessário.

4) A avaliação da aprendizagem de FMC não deve ser feita apenas através de problemas fechados.

5) A maior eficiência ao ensinar FMC não se dá apenas com o uso de problemas e o uso de equações.

6) É possível ensinar FMC de outras formas além do uso de problemas e o uso de equações.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença didático-pedagógica com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) Acredita que é necessário os alunos conhecerem conceitos clássicos para se trabalhar com conceitos de FMC.

2) O professor deve mostrar porque Física Moderna é importante através de diálogos.

4.4.7. Dados Motivacionais de Ana

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 23: Mapa motivacional pessoal do questionário inicial de Ana

Figura 24: Mapa motivacional pessoal do questionário final de Ana

Sobre sentir-se capaz de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula, questões 14 e 15, a licencianda respondeu, a princípio, “Discordo” e ao fim “Concordo”.

No que concerne a sentir-se capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio, questão 20, ela respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>Ah, eu acho que sim, eu acho que eu conseguiria sim, fazer uma aula legal.</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino
1A	<i>É, eu precisaria estudar sabe, ver como que é, para conseguir montar uma coisa.. eu agora não estou preparada.</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino
1A	<i>Se eu precisar agora montar uma aula para ele entender, eu não estou preparada para isso, de jeito nenhum.</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino
1A	<i>Preciso pesquisar bastante para conseguir montar uma aula assim.</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino
2A	<i>Ah, acho que sim, acho que conseguiria sim, fazer umas atividades legais, dependeria do conteúdo</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino
2A	<i>Acho que sim, de física moderna também, acho que conseguiria sim</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino
2A	<i>se tiver um tema para eu dar, eu ia pesquisar, interagir mais com o assunto para eu conseguir criar uma atividade legal.</i>	Pessoal; Saber Criar Atividades de Ensino

Tabela 48: Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 20 do questionário Likert

Quanto a sentir-se capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio, questão 19, Ana respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
--	----------------------------	------------------

1A	<i>Eu acho que por enquanto eu acho que eu não seria capaz não.</i>	Pessoal
1A	<i>eu acho que eu preciso ver mesmo como é dado, pegar um livro, vamos supor, nos livros de Ensino Médio como que é dado, fazer uma análise nos livros didáticos, como que é dada a física moderna, para a partir daí ver como que é (que se transpor tópicos de FMC para o Ensino Médio)</i>	Pessoal
1A	<i>eu não sei diferenciar ainda o ensino na graduação de física moderna e o ensino médio</i>	Pessoal
1A	<i>até agora eu não tive física moderna no ensino médio e até agora eu não estudei ainda essa parte de física moderna na graduação no ensino médio..</i>	Pessoal
2A	<i>Acho que sim, em termos de linguagem eu acho que conseguiria sim (transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio).</i>	Pessoal
2A	<i>Acho que assim, (um obstáculo seria) em termos de linguagem, tentar falar na língua deles, eu acho que conseguiria sim (transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio).</i>	Pessoal
2A	<i>(Transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação) Em relação ao conteúdo, agora, eu acho que seria um pouquinho mais complicado deles entenderem.</i>	Pessoal

Tabela 49: Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 19 do questionário Likert

No que se refere a sentir-se capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio, questão 23, respondeu a princípio “Concordo” e ao término “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>É, desde que seja estudado, desde que eu esteja preparada para ensinar Física Moderna.</i>	Pessoal
1A	<i>eu acho que com certeza a gente vai aprender alguma coisa para passar para o aluno e tal,</i>	Pessoal

1A	<i>e eu acho que vou sair capaz sim de passar de uma maneira legal para os alunos.</i>	Pessoal
2A	<i>De tornar claro (os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes)? Ah, eu acho que sim.</i>	Pessoal

Tabela 50: Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 23 do questionário Likert

Em relação a julgar-se capaz de ensinar FMC no Ensino Médio, questão 17, respondeu “Concordo” inicialmente e ao fim “Discordo”.

Acerca de julgar-se capaz de compreender os conceitos de FMC, questão 18, respondeu “Concordo” a princípio e “Concordo” ao fim.

Ana respondeu “Concordo” inicialmente quanto a se julgar capaz de implementar de inovações curriculares, questão 14, e “Concordo” ao término. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>Sim, uma prática experimental acho que eu sou capaz sim.</i>	Pessoal
2A	<i>Ah, eu acho que sim, acho que se eu fosse dar aula, eu faria o melhor para que eles pudessem aprender sabe, não iria assim, fazer para passar e deixar eles sem aprender nada</i>	Pessoal
2A	<i>passar pelo que eu passei no ensino médio, não queria ser uma professora assim não, eu queria ser uma professora boa, levar experimentos, fazer com que eles interajam mais com a física.</i>	Pessoal

Tabela 51: Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 14 do questionário Likert

A licencianda respondeu inicialmente “Concordo” sobre se julgar capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio, questão 16, e ao final respondeu “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
--	----------------------------	------------------

1A	<i>então eu não tenho noção geral ainda de física moderna sabe, para saber o que dar.</i>	Pessoal
2A	<i>Então, de acordo com o que aprendi na faculdade, não me acho muito capaz assim (de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de FMC em sala de aula), de acordo com o conhecimento que eu tenho</i>	Pessoal
2A	<i>mas se me derem os temas que estão em alta, acho que sou capaz sim, de ver o que é interessante para eles saberem, o que não é</i>	Pessoal
2A	<i>mas de acordo com o que eu tive na faculdade, acho que não.</i>	Pessoal

Tabela 52: Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 16 do questionário Likert

Sobre julgar-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio, questão 21, inicialmente respondeu “Concordo” e ao término “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>Ah, eu acho que sim, eu acho que desde que o aluno tenha vontade de estudar, eu acho que é capaz de aprender física moderna.</i>	Pessoal
2A	<i>Ah, acho que sim (me considera capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea).</i>	Pessoal
2A	<i>Acho que sim, ah, mostrar para eles porque que é importante a física moderna, acho que é mais uma coisa de diálogo, eu conseguiria motivar eles. Porque que é importante e onde está presente.</i>	Pessoal; Saber utilizar Estratégias de Ensino
2A	<i>Acho que só de você chegar disposto a ensinar e mostrar porque que é importante, acho que já dá um ‘up’ no aluno</i>	Pessoal; Saber utilizar Estratégias

		de Ensino
2A	<i>pelo menos para mim quando eu fui aluna, isso já fazia uma diferença, só na vontade que o professor tinha de ensinar, acho que já faz uma diferença.</i>	Pessoal; Saber utilizar Estratégias de Ensino

Tabela 53: Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 21 do questionário Likert

Por fim, Ana respondeu inicialmente “Discordo” no que concerne a ele se julgar capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC, questão 22, e ao fim respondeu “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>não sei não viu, mas eu acho que assim, se eles me perguntassem algo que eu não sei, eu falaria, isso aí eu não sei e trago para você na próxima aula</i>	Pessoal
1A	<i>Mas o que eles perguntarem, se eu souber eu respondo, se eu não souber vou pesquisar e responder depois.</i>	Pessoal
1A	<i>nossa tem umas perguntas que às vezes você sai correndo, dá até medo, mas assim, eu falaria, se eu não souber responder, eu procuro e depois eu trago na próxima aula</i>	Pessoal
2A	<i>Para me sentir segura, eu ia ter que estudar muito mais física moderna</i>	Pessoal
2A	<i>vamos supor que eu veja um tema de uma aula, eu vou estudar o máximo que eu puder para ser capaz de responder as perguntas</i>	Pessoal
2A	<i>mas com o que eu tenho hoje, eu acho que não (me sentiria segura para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula).</i>	Pessoal

Tabela 54: Unidades de análise motivacionais pessoais de Ana relacionadas à questão 22 do questionário Likert

Figura 25: Mapa motivacional geral do questionário inicial de Ana

Figura 26: Mapa motivacional geral do questionário final de Ana

Ana respondeu inicialmente “Concordo Plenamente” que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica, questão 24, e ao término respondeu “Concordo”.

A licencianda respondeu inicialmente “Concordo”, na questão 25, a respeito da ideia de que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio e respondeu ao final “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>eu tenho contato com um professor, mas até agora não vi não, se ele ensina, como que ele ensina, então eu não tenho noção de como que eles estão, mas acho que se tá tendo essa inclusão de física moderna eu acho que quem está sendo formado recentemente eu acho que está saindo melhor sim.</i>	Geral
1A	<i>Depende de como o aluno foi preparado na graduação (pode estar mais preparado do que professores experientes para implementar tópicos de FMC em sua prática docente), então como tá acontecendo agora, serei preparada para dar aula de física moderna.</i>	Geral
2A	<i>Eu acho que não, eu acho que eles estão iguais a nós, que estamos formados agora.</i>	Geral
2A	<i>mas acho que é igual (ou seja, os professores formados mais recentemente estão no mesmo nível de professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente) foi uma coisa que eu acho que mudei de opinião</i>	Geral

Tabela 55: Unidades de análise motivacionais gerais de Ana relacionadas à questão 25 do questionário Likert

Quanto ao tempo dedicado à profissão tornar o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC em sua prática docente, questão 26, respondeu inicialmente “Discordo” e no final “Concordo”.

No que concerne à ideia de que somente mediante um curso de capacitação o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio, questão 27, inicialmente respondeu “Concordo” e ao fim respondeu “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>É, eu acho que sim.</i>	Geral
1A	<i>Eu acho que assim também, depende da vontade do professor. Se ele quiser ensinar física moderna, ele vai estudar para fazer o aluno entender física moderna, ele vai procurar, vai procurar ler bastante física moderna, procurar pesquisa de física moderna, como dar aula de física moderna.</i>	Geral
1A	<i>(Depende de) Quanto ele tem disponível (de tempo) e quanto ele tem de vontade também né (para implementar com segurança tópicos de FMC no EM)</i>	Geral
2A	<i>Acho que sim (somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio).</i>	Geral
2A	<i>Acho que vai de cada um, se a pessoa é disposta a estudar e correr atrás e tornar claro todo o conhecimento, acho que é possível, mas nem todos...</i>	Geral
2A	<i>Mais facilmente (seria) se tivesse o curso de preparação.</i>	Geral

Tabela 56: Unidades de análise motivacionais gerais de Ana relacionadas à questão 27 do questionário Likert

Por fim, Ana, respondeu à questão 28, concernente ao estabelecimento de uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC, da seguinte forma: “Concordo” inicialmente e “Concordo” ao final. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1A	<i>de acordo com o que eu aprendi eu acho que é possível sim (estabelecer uma relação entre a formação acadêmica dela e sua capacidade em implementar FMC no EM)</i>	Geral

2A	<i>o que eu aprendi foi muito pouco, mas eu acho que o que eu aprendi sou capaz sim de implementar no Ensino Médio.</i>	Geral
-----------	---	--------------

Tabela 57: Unidades de análise motivacionais gerais de Ana relacionadas à questão 28 do questionário Likert

4.4.8. Crenças Motivacionais inferidas de Ana

Apresentamos, mais adiante, as crenças motivacionais pessoais inferidas de Ana relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem motivacional pessoal de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças motivacionais pessoais a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Não se sente capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio, inclusive a partir do leque de assuntos aprendidos na disciplina Estrutura da Matéria, embora reconheça que precisaria de uma preparação, de um certo tempo para tanto.

2) Não se sente capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio.

3) Não se sente capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio.

4) Não se julga capaz de ensinar FMC no Ensino Médio.

5) Julga-se capaz de compreender os conceitos de FMC.

6) Julga-se capaz de implementar de inovações curriculares, o que para ela seria levar atividades experimentais em sala

7) Não se julga capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio.

8) Não se julga capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC, pois teria que estudar muito mais para tanto.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença motivacional com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir

de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) Sente-se capaz de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.

2) Julga-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio, dialogando, transmitindo entusiasmo aos alunos e falando da finalidade de estudá-los.

Apresentamos, mais adiante, as crenças motivacionais gerais de Ana relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem motivacional geral de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças motivacionais gerais a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Acredita que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica.

2) Não acredita que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio, pensa que ambos estão nas mesmas condições.

3) Acredita que o tempo dedicado à profissão torna o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC.

4) Estabelece uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC, embora ache que tenha aprendido pouco de FMC.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença motivacional pessoal com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) Acredita que somente mediante um curso de capacitação o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio.

4.4.9. Discussão sobre as Crenças inferidas de Ana

Ana acredita que é possível ensinar FMC no Ensino Médio, mesmo deixando de lado seu formalismo matemático. A futura professora ainda acredita que os fenômenos de FMC nem sempre são visíveis em laboratórios. É um obstáculo a ser transposto o fato dos objetos de estudo da FMC não estarem presentes nas nossas percepções cotidianas. Pode-se depreender daí que tais crenças sobre a natureza da FMC guiarão a organização do ensino destes tópicos da licencianda.

Ademais, por outro lado, ela não tem certeza se com Relatividade seria possível retirar o formalismo, pois foi apenas com ele que aprendeu o tema na graduação. Neste sentido, tal crença foi claramente adquirida por meio de uma experiência vivenciada. Tal experiência, incorporada com uma crença, orientará a licencianda caso ela pretenda ensinar Relatividade a seus estudantes.

Ana também acredita que é possível ensinar FMC no Ensino Médio, embora seja necessário reformular o currículo e expandir o número de aulas da disciplina para tanto. Possivelmente, esta crença poderia ser um obstáculo para que ela trabalhasse com estes temas em sala de aula, ainda que os mesmos estejam prescritos no currículo oficial.

A licencianda julga que os professores pensam que o ensino de Física Clássica tem que anteceder o ensino de FMC e que os professores pensam que inovar conteúdos em sala de aula é algo necessário.

Acredita ainda que a avaliação da aprendizagem de FMC não deve ser feita apenas através de problemas fechados. Esta crença é interessante, pois, de fato, em nenhum momento de toda experiência didática relacionada ao tema de Nanociência este tipo de avaliação foi encaminhada. Isto também está ligado com sua crença de que é possível ensinar FMC de outras formas além do uso de problemas e o uso de equações, bem como de que a maior eficiência ao ensinar FMC não se dá apenas com o uso de problemas e o uso de equações.

A futura professora também não se julga capaz de ensinar FMC no Ensino Médio, o que engloba não se sentir capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio, inclusive a partir do leque de assuntos aprendidos na disciplina Estrutura da Matéria, embora reconheça que precisaria de uma preparação, de um certo tempo

para tanto; não se sentir capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio; não se sentir capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio; não se julgar capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio e não se julgar capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC, pois teria que estudar muito mais para tanto.

Essas crenças são reveladoras porque afetarão profundamente o comportamento de Ana diante da inserção de FMC no Ensino Médio, sendo as mesmas grandes obstáculos neste sentido. Ademais, corre-se o risco destas crenças se perpetuarem ao longo do tempo, aumentando ainda mais a dificuldade de tal implementação por parte dela. Em alguma medida, a atuação de Ana ao longo do processo de criação e aplicação do minicurso de Nanociência para os estudantes do Ensino Médio tem uma contribuição significativa nestes resultados, dado que sua atuação foi insegura e desarticulada em grande parte do minicurso oferecido aos estudantes de nível médio.

Ainda assim, no que concerne a compreender os conceitos de FMC e implementar inovações curriculares em sala de aula – o que para ela seria levar atividades experimentais em sala – sente-se capaz. Deste modo, Ana aponta que a FMC, em suas crenças, não aparecem como uma inovação curricular, dado que ela não se sente capaz de trabalhá-la no Ensino Médio de um modo geral.

Some-se que a licencianda acredita que para um professor ser inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica. Nada mais natural, diga-se de passagem, tanto que ela acredita que há uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC, embora ache que tenha aprendido pouco de FMC.

Ao mesmo passo que ela não acredita que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio, reitera que ambos estão nas mesmas condições e vai além quando também acredita que o tempo dedicado à profissão torna o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC.

Nossa inferência não pôde precisar ao certo suas ideias declaradas a seguir por conta de inconsistências em suas falas e respostas aos questionários:

A FMC seria um pouco abstrata e seria um obstáculo a ser transposto no ensino de FMC o fato dos conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas, embora ela tenha declarado que isso dependeria do aluno e que estudantes do terceiro colegial conseguiriam entender.

Ademais, sua ideia a respeito de que seria necessário os alunos conhecerem conceitos clássicos para se trabalhar com conceitos de FMC não ficou clara, assim como a sua concepção de que o professor deveria mostrar porque a Física Moderna é importante através de diálogos.

Também se mostraram inconsistentes suas declarações de que se sente capaz de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula e de que somente mediante um curso de capacitação o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio.

Ademais, apresentaram-se incoerentes suas declarações de que o professor pode vencer as dificuldades de abstração dos objetos de estudo de FMC mediante um bom planejamento da aula e seu julgamento sobre sentir-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio dialogando, transmitindo entusiasmo aos alunos e falando da finalidade de estudá-los quando confrontamos suas falas e respostas dos questionários com sua prática em sala de aula.

Por outro lado, é importante lembrar que esta incoerência é perfeitamente factível dentro do sistema de crenças de Ana e pode não representar um incômodo para a licencianda, conforme nos assevera a literatura.

4.5. Dados da futura professora Lia

Postamos, mais adiante, as narrativas de suas entrevistas inicial e final para, mais além, articular seus dados, em forma de unidades de análise, junto àqueles contidos nos seus mapas cognitivos sobre a inserção de FMC no Ensino Médio, a fim de se inferir suas crenças relativas às dimensões epistemológicas, didático pedagógicas e motivacionais.

4.5.1 Narrativa da Entrevista Inicial de Lia

A licencianda Lia tem 23 anos de idade e sua escolha pelo curso de Licenciatura se deu principalmente pela aptidão pela Física e pelas Ciências Exatas em geral e durante o curso começou a se interessar em ser professora:

“Bom, Física, porque eu sempre gostei das Exatas, mais das exatas que de outras, a licenciatura na verdade eu entrei no curso sem estar com a licenciatura em mente. (...) No início do curso quis ser mais professora do que quero agora, agora estou em dúvidas em relação a dar aulas”.

Lia não expõe uma idéia clara sobre o que pretende fazer ao terminar a graduação, mas afirma não ter a pretensão de exercer a profissão de professora, apesar de ainda sustentar certa dúvida:

“não sei responder se gosto de ser professora de física, porque não com em relação com a física, mas quanto a dar aula”.

A insatisfação de Lia quanto à profissão de professor é justificada devido ao contato que teve com professores em serviço e com relação à experiência obtida através dos estágios de regência:

“eu me ‘desencantei’ muito com o professorado, a licenciatura, na verdade desencantei muito de ver professor insatisfeito não gostei da sensação de estar na frente de uma sala de aula.”

Quando perguntado sobre como deve ser a atuação do professor, Lia se utiliza de conhecimentos adquiridos durante o curso para reforçar seu discurso e se justifica explicitando que o professor tem que procurar maneiras de fazer o aluno entender o conteúdo proposto não só por uma obrigação escolar, mas por se tratar de assuntos relacionados com a vida e o cotidiano dos alunos. Segundo ela, dentre as tarefas do professor, está a de tornar o conteúdo interessante:

“Tem uma coisa que a gente tem falado muito que é transposição didática (...) acho que na Física é fundamental o professor saber falar de uma forma que não seja complicada, Física acho que é fácil ser interessante, então o professor tem que pegar exemplo, tem que trazer o mais próximo da realidade do aluno tem que deixar interessante a aula”.

Além disso, deve ter um domínio do conteúdo que o permita explicitá-lo de uma maneira didática:

“ele tem que saber, tem que saber conteúdo, tem que saber o que ele tá falando, tem que simplificar tornar interessante para que os alunos se aprofundem até o nível necessário”.

A licencianda possui uma visão de certa forma bem construída, com relação ao significado do termo ‘Inovação Curricular’ e exemplifica sua afirmação com a proposta de inserção de Física Moderna e Contemporânea, assunto que só foi tomar conhecimento durante o curso, mas que considera de extrema necessidade que seu desenvolvimento se inicie no nível médio:

“Inovação curricular é uma mudança nos tópicos, incluindo tópicos que foram deixados pra trás e que são importantes. Eu não conhecia Física Moderna antes de vir pra faculdade, fui conhecer aqui e isso eu acho que não é legal, é inadmissível, porque é extremamente importante”.

Lia atribui a não implementação de Física Moderna e Contemporânea e Inovação Curricular em geral, a problemas da organização educacional, fator que vai além da programação dos tópicos a serem ensinados e das próprias intenções do professor ao organizar o currículo:

“Não seria uma culpa do currículo, porque acho que o currículo aborda mais coisas, mas acho q o sistema atrapalha um pouco.”

Com relação à sua capacidade de implementar inovações curriculares em sala de aula, Lia atribui sua resposta positiva ao aprendizado que desenvolvia na universidade:

“Capaz sim (de implementar inovações curriculares em sala de aula), com esse curso sim, com certeza é possível.”

Mais especificamente com relação à inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, Lia é bastante favorável, tendo como justificativa a ausência deste conteúdo durante esta fase escolar:

“Necessário (a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio), extremamente necessário no dia que eu fui conhecer física moderna, fiquei chateada porque eu não sabia nada”.

Quando questionada sobre sua capacidade de selecionar quais tópicos de Física Moderna e Contemporânea seriam mais adequados para serem trabalhados no Ensino Médio, fica implícito em seu discurso, a importância demonstrada por ela no desenvolvimento de pesquisas nesta área, mas a primeira maneira que encontra para resolver o impasse é a utilização de uma análise das diferenças entre Física Clássica e Física Moderna e Contemporânea:

“Não sei se eu sou a pessoa mais capaz para saber selecionar não, talvez outros estudiosos da área poderiam fazer isso melhor do que eu, mas se eu fosse selecionar, selecionaria a comparação mesmo de clássica com moderna, colocaria pelo menos essas comparações, a inserção que eu faria seria essa”.

Mais uma vez, a licencianda demonstra grande confiança no curso e em sua capacidade de suprir suas necessidades como professora através das disciplinas por ela cursadas. Acredita que não encontraria dificuldades que envolvam o conteúdo de Física Moderna e Contemporânea, pois o nível de aprofundamento no Ensino Médio é baixo e que os problemas que podem ocorrer no ensino de tópicos dessa natureza não diferem dos encontrados para os tópicos tradicionalmente ensinados:

“Com relação a conteúdo, acho que não, porque o curso é capaz de suprir isso, até porque acho que não seria aprofundado o conteúdo a ser dado para o ensino médio”.

As dificuldades enfrentadas para o ensino de Física Moderna e Contemporânea, no entanto, não se diferenciam daquelas já encontradas no ensino de Física Clássica, na opinião de Lia:

“Com relação aos alunos acho que cairia no mesmo problema que já existe, mesmo com a Física Clássica, que ia ser chamar a atenção dos alunos, falar de uma forma que eles entendam.”

E isto fica ainda mais evidente no seguinte trecho:

“acho que os mesmos problemas enfrentados seriam os que iam enfrentar para ensinar física moderna, eu penso que são os mesmos.”

No que diz respeito à forma com que os temas de Física devem estar dispostos na grade curricular do Ensino Médio, Lia não propõe nenhum sistema hierárquico entre eles e demonstra como já havia citado antes, que acredita que não necessariamente é preciso iniciar pelos conceitos clássicos para chegar aos modernos e defende ainda que devam ser feitas comparações entre Física Clássica e Física Moderna e Contemporânea, trabalhando em paralelo e de acordo com as possibilidades de cada tópico:

“Acho que seria legal falar no começo de física moderna, não necessariamente a clássica preceder moderna, comparar um com outro, comparação entre os dois, eu acho que é importante.”

A maneira com que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea foram desenvolvidos na disciplina de ‘Estrutura da Matéria’ possibilitou, segundo LIA, que ela possa trabalhar tais conteúdos com alunos de nível médio, pois a forma com que lhe foi ensinada já contempla certa transposição:

“Eu acho que a forma que foi ensinada para nós está sendo fácil entender o professor de ‘Estrutura da Matéria’ já está fazendo essa transposição.”

Lia demonstra plena convicção de que é possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original, de uma forma qualitativa e mais ainda que esta seja a melhor forma de se fazer, atentando inclusive ao fato de que muitos dos problemas relacionados ao ensino de Física Clássica também estão relacionados com o formalismo matemático, mesmo que para esta, os problemas sejam de expostos de maneira já simplificada:

“Acho que tem que ser a mais a parte qualitativa mesmo, tenho essa certeza, até porque a quantitativa é e sempre foi um problema, as pessoas aprendem fórmula e Física não é nada disso, é muito mais interessante, mas acho que acaba se reduzindo a isso, acho que a Física Moderna principalmente tinha que ser mais qualitativa mesmo”.

O que torna um estudo interessante para o aluno na opinião de Lia é a relação que ele consegue estabelecer entre o seu cotidiano e o assunto proposto. Dessa forma, concorda com o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas podem representar um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem e dificulta o entendimento do tema, porém, acredita que pode ser um assunto interessante por ser atual e estar relacionado com inovação:

“É um obstáculo, mas é interessante também, porque acho que o que interessa os alunos é o que está perto deles, é trazer pra mais próximo deles os conteúdos.”

Apesar de acreditar ser capaz de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio inclusive utilizando os conteúdos e abordagens desenvolvidas na disciplina de graduação, Lia não se considera capaz de criar atividades para o mesmo fim e alega que teria dificuldades para abordar o conteúdo de uma maneira didática:

“Acho difícil fazer atividades, pelo conteúdo mesmo, os tópicos não são coisas que a gente tem objetos para manipular, para poder entender melhor, eu acho difícil, eu não me acho capaz”.

Para fins de motivação, procuraria despertar a curiosidade dos alunos devido às características que ela mesma considera inerentes à Física Moderna e Contemporânea, como o caráter inovador e a importância para o desenvolvimento tecnológico:

“Porque é um assunto interessante, então acho que tentar mostrar, o quão interessante, o quão importante, o quão novo”.

E ainda com respeito a perguntas que possam ser feitas pelos alunos, Lia se diz segura para respondê-las e para pesquisar caso não saiba e trazer a resposta aos alunos, neste ponto tratando Física Moderna e Contemporânea da mesma forma que trataria a Física Clássica:

“Mesmo se eu não soubesse responder uma questão com certeza eu iria procurar e no outro dia responder, acho que ia tratar da mesma forma que eu trato todo o resto da Física, que eu sei que eu não sei tudo”.

Neste momento da entrevista, Lia fez uma revelação que demonstra que cultiva uma visão desmitificada sobre Física Moderna e Contemporânea, fato que pode auxiliar na construção do entendimento do tema pelos alunos:

“Eu não acho a Física Moderna diferente das outras, mais difícil, mas na forma de se tratar, com relação a responder questões eu acho que eu levaria da mesma forma”.

E ainda explica como acredita que deva ser ensinado para que o conteúdo fique claro aos alunos:

“Buscando exemplos, perguntando para ver se eles estão entendendo mesmo, buscando a participação, acho que deixaria claro, pelo menos a parte qualitativa”.

Os professores formados mais recentemente estão mais preparados para trabalhar temas de Física Moderna e Contemporânea na opinião da licencianda. Mesmo acreditando que os professores mais experientes tenham cursado disciplinas de Física Moderna e Contemporânea na graduação, as exigências do currículo e de exames de ingresso na carreira são atuais, sendo que aqueles que já passaram por este processo não se obrigavam a pesquisar sobre o tema:

“O próprio currículo está mais aberto para a física moderna. Essa mudança claro que afetou os professores, então acho que eles tem estado mais preparados, tanto que em prova de concurso, com certeza deve cair, nunca fiz uma prova, mas com certeza deve cair, então acho que professor mais recente está mais preparado”.

Os cursos de capacitação seriam a única maneira de os professores mais experientes implementarem com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea em suas práticas docentes, segundo Lia, mesmo não considerando a forma mais adequada:

“Com certeza não é adequado, mas para remediar seria uma boa alternativa fazer um curso de capacitação para que esses professores possam implementar

esses cursos em sala. Eu não vejo outra alternativa, o professor não iria voltar pra faculdade”.

Por fim, a relação que Lia estabelece entre sua formação acadêmica e sua capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é bastante positivista, pois ela crê que os tópicos aprendidos na graduação são os que ela considera ter segurança para implementar em uma possível sala de aula:

“Eu penso que os tópicos que eu consegui aprender vão ser os tópicos que eu vou conseguir transmitir e mesmo os tópicos que estarão nos currículos não são os tópicos mais complicados”.

4.5.2 Narrativa da Entrevista Final de Lia

Na ocasião da entrevista, Lia havia terminado os trabalhos solicitados para a disciplina Prática de Ensino de Física que incluíam a participação em um minicurso de 16 horas sobre tópicos de Nanociência e Nanotecnologia, dentro da temática de inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e o aprimoramento, discussão e aplicação de um módulo de ensino sobre o mesmo tema para alunos de Ensino Médio em um encontro com duração total de 4 horas.

A resposta inicial de Lia sobre a motivação para realizar o curso de Licenciatura não sofreu diferença com relação à entrevista inicial, de modo que a licencianda reafirmou ter escolhido o curso por sua aptidão em Física, mas não pretende exercer a profissão de professora devido a motivos inerentes as suas experiências adquiridas no curso:

“A licenciatura veio meio que de surpresa, acho que comentei isso na primeira entrevista, eu entrei no curso sem saber exatamente do que tratava a área de física é uma área que eu gosto muito a minha decepção foi com a licenciatura, não gostei da sensação de dar aula acho que não consigo ter o domínio de uma sala de aula”.

Para Lia, um professor de Física precisa ter um bom conhecimento sobre a disciplina que ministra e ainda saber como deve ser feita a transposição destes conteúdos aos alunos, de forma que eles consigam aprender o que é pretendido:

“Ele precisa saber do assunto que ele tá falando, ter domínio de conteúdo, isso sem duvida, ter o domínio mínimo de conteúdo é necessário. Passar isso para os alunos de uma forma clara que eles (os pesquisadores) chamam de transposição didática”.

A licencianda ressalta ainda a importância de tratar a disciplina de Física considerando seus aspectos qualitativos, sem reduzir as aulas a simples aplicações de fórmulas:

“(O professor) tem que saber lidar com a Física não só tratando em aspecto quantitativo, de fazer conta, o que geralmente se vê, acho que isso tem sido o maior problema, acho que o professor tem que saber lidar com os aspectos qualitativos

mesmo, passar isso de uma forma mais enfática para os alunos, não do jeito que tem sido feito, que é reduzir para as formulas”.

Lia considera que o curso de Licenciatura lhe deu preparo suficiente para que tenha capacidade de implementar inovações curriculares em sua prática docente. Com relação a sua concepção sobre o termo ‘Inovação Curricular’, considera que seja uma mudança não só nos conteúdos desenvolvidos no Ensino Médio, mas também em suas formas de abordagem:

“Inovação curricular é uma mudança nos conteúdos talvez até nas abordagens desses conteúdos.”

Ela deixa claro que as melhoras no currículo não necessariamente implicam em novos conteúdos, mas as formas com eles são trabalhados:

“É tentar uma melhora modificando os conteúdos e a abordagem desses conteúdos para as turmas”.

A inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é extremamente necessária, na opinião de Lia, que admite ter uma visão diferente sobre Física Moderna e Contemporânea antes da primeira entrevista e do trabalho desenvolvido:

“Antes na primeira entrevista (...) a minha idéia de Física Moderna era até diferente do assunto que nós tratamos, era mais as relativísticas”.

Ressalta o quanto sente falta de não ter tido aulas durante o Ensino Médio:

“Eu acho que é muito necessário e que eu não tive isso e vim sentir na faculdade o que era, o quão importante era e eu não tinha visto, então eu acho extremamente necessário que pelo menos seja citado, acho que tem que ser trabalhado por um tempo mesmo dentro do currículo, mas pelo menos ser citado precisa, porque pra mim não existia essa diferença de clássica e moderna e eu acho que é um absurdo”.

Lia acredita que a partir dos conteúdos que estudou na graduação é capaz de selecionar quais são possíveis para desenvolver Física Moderna e Contemporânea

nas salas de aula do Ensino Médio e para fazer isso deve se atentar a alguns pontos que chamariam mais atenção dos alunos:

“Acho que sou capaz sim, do que eu recebi, do que eu tive, é, selecionar os mais gerais, os com mais aplicação, os que são mais possíveis de serem transmitidos e de passar essa idéia de Física Moderna para os alunos. Acho que, o que eu tive na universidade eu acho suficiente para gente passar para o Ensino Médio.”

Aponta ainda que a dificuldade que pode ter no ensino destes tópicos seria com relação a questões feitas pelos alunos que vão além do proposto em sala de aula, mas acredita que isso é um problema que pode ser resolvido no decorrer do curso e das atividades:

“A dificuldade vai ser surgirem questões que eu não tenha condições de responder, mas para mim isso não é um empecilho porque tudo uma questão de se conversar, pesquisar depois, falar depois, a dificuldade acho que seria essa, de conteúdo, talvez de falhar em algo a mais que eles peçam, não no que eu for passar, mas se eles pedirem algo a mais, acho que aí eu não sou capaz”.

A licencianda acredita que não seja necessário iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos, considera que não deva existir uma ordem ou separação entre os temas, pelo contrário, acredita que deva haver um paralelo entre eles:

“A (Física) Clássica não precisa preceder a Moderna não, dá para se trabalhar as duas juntas, talvez estabelecer uma comparação”.

Com relação à utilização do formalismo matemático original, Lia acredita que seja desnecessário para o nível médio não só para Física Moderna e Contemporânea, mas também para a Física Clássica:

“Eu acho que até a Física como um todo devia ser um pouco mais assim, mais conceitual mesmo, mas em particular a Física Moderna, para mim, acho que não tem nem como ser com o formalismo matemático”.

O fato de os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e

aprendizagem na opinião de Lia, mas acredita que dependendo da forma que o professor trabalha os conteúdos, pode ser facilmente ultrapassado:

“Acho que é um obstáculo sim, mas se tratado de uma forma adequada é possível, pode deixar de ser”.

Acredita ainda que a proposição de problemas que demonstrem aplicações possa minimizar as dificuldades relacionadas ao fato dos objetos de estudo de Física Moderna e Contemporânea não estarem presentes à percepção cotidiana do aluno.

Com relação a sua capacidade de criar atividades, Lia ressalta que antes não se considerava capaz, mas que viu na prática que é possível, pois havia organizado uma atividade para aplicar no módulo de ensino ministrado por seu grupo a partir do conteúdo que havia sido proposto:

“Agora eu acho que é possível. Porque a gente fez e deu certo.”

“Enquanto você está fazendo seu plano de ensino, é possível você pensar em alguma coisa, no caso a gente elaborou pro módulo de ensino, está certo que já tínhamos o material, mas de qualquer forma fizemos uma atividade nova e isso me fez ver que é possível”.

Para motivar os alunos, Lia acredita que o papel do professor é essencial, pois é ele quem vai despertar ou não interesse nos alunos, através da maneira que abordar o tema:

“Eu acho que isso está na forma do professor se portar na sala, de começar o assunto, começar de uma forma que surja interesse. Acho que da forma que a gente fala, mostra que isso é necessário para entusiasmar, acho que é suficiente.”

No que diz respeito às perguntas feitas pelos alunos durante a aula e que vão além do seu conhecimento sobre o conteúdo, a licencianda propõe uma pesquisa e uma resposta em um momento posterior:

“Com certeza se algum aluno me perguntar e eu não saber, vou procurar em outro lugar.”

Com isso acredita na sua capacidade de tornar claros os conceitos de Física Moderna e Contemporânea e ainda defende que estabelecer uma relação com o cotidiano é a melhor forma para tornar claros os conceitos para os alunos:

“Eu acho que sim, acho que eu sou capaz, e acho que é possível, mostrando as aplicações, tentar relacionar com o ambiente do aluno.”

Lia considera que os professores formados mais recentemente estão mais preparados para ensinar Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio que os professores mais experientes principalmente devido ao fato de ser uma cobrança recente, pois mesmo considerando que os professores mais experientes tenham estudado Física Moderna e Contemporânea na graduação, não havia a cobrança da abordagem no Ensino Médio e por isso os cursos não tinham essa preocupação:

“Essa tendência de se incluir (Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio) mesmo, está ficando bem mais evidente agora, porque está aparecendo no Enem (Exame Nacional do Ensino Médio), no vestibular, então está sendo mais requisitado e isso está fazendo com que os cursos se preocupem mais e os alunos estão saindo melhor. Os professores que já estão trabalhando, acho que ainda não, não ‘pegaram’ isso. Nós que estamos saindo agora, estamos com um conhecimento muito claro de que é necessário e deve ser abordado em sala”.

Quanto à capacitação dos professores para ensinar Física Moderna e Contemporânea, Lia acredita que a melhor forma seria através de cursos, mas não descarta a possibilidade de o professor buscar individualmente temas e formas de abordagem que possa utilizar em sua sala de aula:

“Com o curso acho que é possível, mas acho que também por iniciativas pessoais também é possível. Passar a idéia geral do que é a Física Moderna é possível, acho que não só o curso mas mais importante que o curso são as iniciativas pessoais mesmo”.

Quando lhe foi perguntado se a licencianda se considera capaz de estabelecer uma relação entre sua formação acadêmica e a sua capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, sua resposta foi positiva, alegando que o curso lhe auxiliou principalmente quanto às

possibilidades de selecionar conteúdos e de como trabalhá-los. Lia aproveita ainda para enfatizar a importância de ter estudado tais temas:

“Eu me acho capaz de selecionar os conteúdos então eu acho capaz de relacionar o que eu aprendi com o que eu devo, com o que preciso, com o que eu posso, com o que eu tenho capacidade de passar para a sala de aula. Acho que estamos saindo da faculdade com certeza com esta idéia muito clara que é necessário, que realmente tem que se fazer: colocar Física Moderna no Ensino Médio”.

4.5.3. Dados Epistemológicos de Lia

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 27: Mapa epistemológico do questionário inicial de Lia

Figura 28: Mapa epistemológico do questionário final de Lia

No que concerne às questões 5 e 6, referentes respectivamente aos obstáculos oriundos dos conceitos de FMC romperem com ideias cotidianas e dos objetos de estudos de FMC não estarem presentes na percepção cotidiana, Lia respondeu inicialmente “Concordo” e “Discordo”, ao passo que ao final ele respondeu “Concordo” para ambas questões. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Os tópicos não são coisas que a gente tem objetos para manipular, para poder entender melhor</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar
1L	<i>Então, na verdade, sim, é um obstáculo (o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas)</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar
1L	<i>Sim, com certeza é um obstáculo, porque é difícil imaginar (os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea)</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar
1L	<i>(em relação aos objetos de estudo não fazerem parte da</i>	Conteúdo Abstrato;

	<i>nossa percepção cotidiana isto) seria um obstáculo mas possível de ser transposto, porque é interessante,</i>	Conteúdo Motivante; Dificuldade de Ensinar
1L	<i>Então, na verdade, sim, é um obstáculo (o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas), mas é interessante também, porque acho que o que interessa os alunos é o que está perto deles, é trazer pra mais próximo deles os conteúdos, mas é um conteúdo interessante também, talvez sim, mas talvez não.</i>	Conteúdo Abstrato; Conteúdo Motivante; Dificuldade de Ensinar
1L	<i>então isso (dos objetos de estudo não estarem presentes em nossa percepção cotidiana) seria interessante para os alunos e seria possível deles aprenderem sim conceitos.</i>	Conteúdo Abstrato; Conteúdo Motivante; Possibilidade de Ensinar
2L	<i>Acho que é um empecilho sim, mas nada que um trabalho, que um tratamento dessas ideias não supra (o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas)</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar; Saber Utilizar Estratégias de Ensino
2L	<i>mas se tratado adequadamente, nessa área específica, se tratado isso de uma forma legal, de uma forma adequada é possível, pode deixar de ser um obstáculo (a questão dos conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas)</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar; Saber Utilizar Estratégias de Ensino
2L	<i>Sim, com certeza também (uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana.)</i>	Conteúdo Abstrato; Dificuldade de Ensinar

Tabela 58: Unidades de análise epistemológicas de Lia relacionadas às questões 5 e 6 do questionário Likert

Ademais, na questão 4, sobre a possibilidade de ensinar FMC no Ensino Médio, mesmo deixando de lado seu formalismo matemático, Lia inicialmente

respondeu “Concordo Plenamente” e ao final “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>as pessoas aprendem formula e física não é nada disso, é muito mais interessante e pode ser muito interessante, mas acho que acaba se reduzindo a isso, acho que a física moderna principalmente tinha que ser mais qualitativa mesmo.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Conteúdo Motivante
1L	<i>ele começou a passar uma forma menos árdua, mais qualitativa e depois foi passando para cálculos, essas coisas</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático
1L	<i>(O ensino de FMC no Ensino Médio) tem que ser mais a parte qualitativa mesmo, tenho essa certeza, até porque a quantitativa é um problema e sempre foi um problema, é o mesmo problema que acontece com a física (em geral), as pessoas aprendem formula</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático; Dificuldade de Ensinar
2L	<i>É mais conceitual e acho que é nesse sentido (mais conceitual) que tem que ser a Física Moderna no ensino médio.</i>	Conteúdo com Formalismo Matemático

Tabela 59: Unidades de análise epistemológicas de Lia relacionadas à questão 4 do questionário Likert

Quanto à abstração e a dificuldade de se entender FMC, questão 1, Lia respondeu em ambos os questionários “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Eu não acho a física moderna diferente das outras, mais difícil, não é, é um pouquinho mais complicada</i>	Conteúdo Difícil

Tabela 60: Unidade de análise epistemológica de Lia relacionadas à questão 1 do questionário Likert

Acerca dos fenômenos de FMC nem sempre serem visíveis em laboratórios, questão 3, Lia respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Concordo”.

No que concerne à questão 2, sobre a FMC ter surgido de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais, inicialmente a resposta foi “Concordo” e ao final foi “Indiferente”.

Por fim, apresentamos ainda as unidades de análise a seguir que não têm uma correlação com os dados dos questionários:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>é um assunto, eu já falei 10 vezes que é um assunto interessante</i>	Conteúdo Motivante
1L	<i>(FMC) é extremamente importante.</i>	Conteúdo Motivante
1L	<i>(O conteúdo de FMC) é importante, é interessante e não é ensinado.</i>	Conteúdo Motivante
2L	<i>o assunto em si já era interessante</i>	Conteúdo Motivante
2L	<i>é um tema muito interessante, e o legal é você mostrar o quanto é interessante para os alunos, é você mostrar o quanto é legal, o quanto pode ser legal</i>	Conteúdo Motivante; Saber Utilizar Estratégias de Ensino
2L	<i>mostrando as aplicações, tentar relacionar com o ambiente do aluno</i>	Conteúdo Aplicado; Saber utilizar Estratégias de Ensino
2L	<i>aplicações deixam mais claro, facilitam o entendimento, eu acho.</i>	Conteúdo Aplicado; Saber Utilizar Estratégias de Ensino

Tabela 61: Outras unidades de análise epistemológicas de Lia

4.5.4. Crenças Epistemológicas inferidas de Lia

Apresentamos, mais adiante, as crenças epistemológicas inferidas de Lia relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem epistemológica de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças epistemológicas a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) FMC é um conteúdo interessante.

2) Os fenômenos de FMC nem sempre são visíveis em laboratórios.

3) É possível ensinar FMC no Ensino Médio, mesmo deixando de lado seu formalismo matemático.

4) Um obstáculo a ser transposto no ensino de FMC seria o fato dos conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas, mas é possível de transpô-lo.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença epistemológica com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) A FMC surgiu de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais.

2) A FMC não é tão abstrata e de difícil compreensão pelos estudantes.

3) O formalismo matemático sempre foi e é um problema para se ensinar Física e seria também para a FMC.

4) É um obstáculo a ser transposto o fato dos objetos de estudo da FMC não estarem presentes nas nossas percepções cotidianas, porém é possível que os alunos aprendam estes tópicos e isto também seria interessante para eles.

5) Os tópicos de FMC não permitem uma manipulação de seus objetos para que os entender melhor, mas é possível de transpô-lo.

4.5.5. Dados Didático-Pedagógicos de Lia

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 29: Mapa didático-pedagógico do questionário inicial de Lia

Figura 30: Mapa didático-pedagógico do questionário final de Lia

Sobre sua ideia do que os professores pensam quanto ao ensino de Física Clássica ter que anteceder o ensino de FMC, questão 9, inicialmente respondeu “Discordo” e ao final “Concordo”.

No que concerne à questão 8, referente a se iniciar o ensino dos conceitos clássicos até se chegar aos modernos, a futura professora alterou sua resposta de “Concordo” para “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Não necessariamente, inclusive acho que seria legal falar no começo de física moderna, não necessariamente a clássica preceder moderna, mas comparar um com outro, comparação entre os dois, eu acho que é importante</i>	Ensinar com Pré-Requisitos
2L	<i>Eu achava que sim, agora eu acho que não (se deve iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos para se</i>	Ensinar com Pré-requisitos

	<i>ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio)</i>	
2L	<i>a Clássica não precisa preceder a Moderna não, dá para se trabalhar as duas juntas, talvez estabelecer uma comparação não sei</i>	Ensinar com Pré-requisitos
2L	<i>não necessariamente a Clássica preceder a Moderna, não acho que é necessário</i>	Ensinar com Pré-requisitos

Tabela 62: Unidades de análise didático-pedagógicas de Lia relacionadas à questão 8 do questionário Likert

Quanto à impossibilidade de se ensinar FMC no ensino médio, questão 7, Lia transitou de “Discordo Plenamente” para “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>acho que não seria aprofundado o conteúdo a ser dado para o ensino médio</i>	Possibilidade de Ensinar
1L	<i>(Inserir a FMC no Ensino Médio é) necessário, extremamente necessário</i>	Possibilidade de Ensinar
2L	<i>eu acho que é muito necessário</i>	Possibilidade de Ensinar
2L	<i>eu acho extremamente necessário que pelo menos seja citado</i>	Possibilidade de Ensinar
2L	<i>acho que tem que ser trabalhado por um tempo mesmo dentro do currículo</i>	Possibilidade de Ensinar

Tabela 63: Unidades de análise didático-pedagógicas de Lia relacionadas à questão 7 do questionário Likert

Ademais, na questão 10 houve uma mudança de “Indiferente” para “Discordo” quanto à maior eficiência de ensinar FMC com problemas e o uso de equações, enquanto na questão 12, relacionada à possibilidade de ensinar FMC somente com problemas e o uso de equações, Lia manteve sua resposta em “Discordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
--	----------------------------	------------------

2L	<i>daí usamos o filme, usamos várias coisas que fez com que eles se interessassem.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
2L	<i>eu acho que isso tá na forma do professor se portar na sala, de começar o assunto, começar de uma forma que surja interesse e tal</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
2L	<i>Nas próprias falas, acho que da forma que a gente fala, mostrar o que é interessante, mostrar que é bacana, acho que isso (a forma como se fala) é necessário para entusiasmar, acho que é suficiente</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino; Conteúdo Motivante
2L	<i>selecionar os mais gerais, os com mais aplicação, os que são mais possíveis de serem transmitidos e de passar essa idéia de Física Moderna para os alunos.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
1L	<i>acho que tentar mostrar, o quão interessante, o quão importante, o quão novo.</i>	Saber utilizar Estratégia de Ensino; Conteúdo Motivante
1L	<i>na forma de tratar, de responder questões (de FMC), eu acho que eu levaria da mesma forma (que faz em relação à clássica).</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino
1L	<i>buscando exemplos, perguntando pra ver se eles estão entendendo mesmo, buscando a participação, acho que deixaria claro, pelo menos a parte qualitativa sim, acho possível.</i>	Saber utilizar Estratégias de Ensino; Conteúdo com Formalismo Matemático

Tabela 64: Unidades de análise didático-pedagógicas de Lia relacionadas às questões 10 e 12 do questionário Likert

Acerca dos professores de Física acreditarem que inovar os conteúdos em sala de aula é algo desnecessário, questão 11, Lia respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Indiferente”.

No que concerne à questão 13, que versa sobre se a avaliação da aprendizagem de FMC deve ser feita apenas através de problemas fechados, inicialmente a resposta foi “Discordo” e ao final foi “Discordo Plenamente”.

Por fim, apresentamos ainda as unidades de análise a seguir não que tem uma correlação com os dados dos questionários:

	Unidades de Análise	Categoria
1.	<i>(Quanto às dificuldades de inserção de FMC no Ensino Médio) com relação aos alunos acho que cairia no mesmo problema que já existem, mesmo com a física clássica, que ia ser chamar a atenção dos alunos, falar de uma forma que eles entendam</i>	Dificuldade de Ensinar
1L	<i>acho difícil fazer atividades, pelo conteúdo (de FMC) mesmo.</i>	Dificuldade de Ensinar; Saber Criar Atividades de Ensino; Conteúdo Difícil
2L	<i>acho que a dificuldade vai ser surgirem questões que eu não tenha condições de responder</i>	Dificuldade de Ensinar
2L	<i>a dificuldade acho que seria essa, de conteúdo, talvez de falhar em algo a mais que eles peçam, não no que eu for passar,</i>	Dificuldade de Ensinar

Tabela 65: Outras unidades de análise didático-pedagógicas de Lia

4.5.6. Crenças Didático-Pedagógicas inferidas de Lia

Apresentamos, mais adiante, as crenças didático-pedagógicas inferidas de Lia relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem didático-pedagógica de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças didático-pedagógicas a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Acredita que é possível ensinar FMC no Ensino Médio.

2) A avaliação da aprendizagem de FMC não deve ser feita apenas através de problemas fechados.

3) É possível ensinar FMC de outras formas além do uso de problemas e o uso de equações.

4) O professor deve mostrar porque Física Moderna é importante.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença didático-pedagógica com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) Os professores pensam que o ensino de Física Clássica tem que anteceder o ensino de FMC.

2) A maior eficiência ao ensinar FMC não se dá apenas com o uso de problemas e o uso de equações.

3) Os professores de Física acreditam que inovar conteúdos em sala de aula é algo desnecessário.

4) Acredita que não é necessário os alunos conhecerem conceitos clássicos para se trabalhar com conceitos de FMC.

5) A FMC deve ser ensinada através de diálogos, filmes, exemplos e da postura do professor.

4.5.7. Dados Motivacionais de Lia

Interpolaremos a seguir dados dos questionários e das entrevistas.

Para tanto, serão apresentados mapas cognitivos, oriundos de alguns itens do questionário, construídos segundo os parâmetros delineados no item 3.5 que versa sobre as ferramentas analíticas para tratamento dos dados.

Os mapas cognitivos serão seguidos pelas unidades de análise correlatas extraídas das narrativas. Estas unidades estarão destacadas em *itálico* dentro de tabelas. A nomenclatura 1S ou 2S indicará respectivamente se a unidade de análise pertence à entrevista inicial ou final. Além disso, as categorias que caracterizam cada unidade analítica aparecerão em **negrito**.

Figura 31: Mapa motivacional pessoal do questionário inicial de Lia

Figura 32: Mapa motivacional pessoal do questionário final de Lia

Sobre sentir-se capaz de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula, questões 14 e 15, a licencianda respondeu, a princípio, “Concordo” e ao fim “Concordo”.

No que concerne a sentir-se capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio, questão 20, ela respondeu inicialmente “Discordo” e ao final “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Não muito (..) acho difícil fazer atividades, pelo conteúdo mesmo.</i>	Pessoal
1L	<i>Os tópicos não são coisas que a gente tem objetos para manipular, para poder entender melhor, eu acho difícil, eu não me acho capaz (de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio)</i>	Pessoal
2L	<i>Sim, agora eu acho que é possível, é possível sim.</i>	Pessoal
2L	<i>enquanto você está fazendo seu plano de ensino, é possível você pensar em alguma coisa, elaborar (atividades de FMC no Ensino Médio)</i>	Pessoal
2L	<i>a gente elaborou pro mini-curso, tá certo que a gente já tinha o material, mas de qualquer forma, a gente fez uma atividade nova e isso me fez ver que é possível.</i>	Pessoal

Tabela 66: Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 20 do questionário Likert

Quanto a sentir-se capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio, questão 19, Lia respondeu inicialmente “Concordo” e ao final “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Sim, até porque eu acho que a forma que foi ensinada (na disciplina Estrutura da Matéria), que no caso o Hernandez que está ensinando passou, é, ele já tá fazendo essa transposição, pra nós tá sendo fácil entender né</i>	Pessoal
1L	<i>Sim, porque eu tive dessa forma... (...) ele começou a passar uma</i>	Pessoal

	<i>forma menos árdua, mais qualitativa e depois foi passando para cálculos, essas coisas.</i>	
2L	<i>Eu acho que sim, eu acho que sim, e foi o trabalho que nós fizemos no mini-curso,</i>	Pessoal
2L	<i>eu achei que foi uma das dificuldades (do minicurso), deixar de uma forma clara (a transposição dos tópicos de FMC trabalhados), mas acredito que sou capaz sim.</i>	Pessoal
2L	<i>Sim, sim, acho possível sim (transpor o que ela aprendeu na disciplina de Estrutura da Matéria)</i>	Pessoal

Tabela 67: Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 19 do questionário Likert

No que se refere a sentir-se capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio, questão 23, respondeu a princípio “Concordo” e ao término “Indiferente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Acho que sim (seria capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio), principalmente na parte qualitativa, que eu já insisti.</i>	Pessoal
1L	<i>Sim (seria capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio), buscando exemplos, perguntando pra ver se eles estão entendendo mesmo, buscando a participação, acho que deixaria claro, pelo menos a parte qualitativa sim, acho possível.</i>	Pessoal
2L	<i>Eu acho! Eu acho que sim, acho que eu sou capaz (de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio), e acho que é possível...</i>	Pessoal
2L	<i>Isso, mostrando as aplicações, tentar relacionar com o ambiente do aluno.</i>	Pessoal

Tabela 68: Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 23 do questionário Likert

Em relação a julgar-se capaz de ensinar FMC no Ensino Médio, questão 17, respondeu “Concordo” inicialmente e ao fim “Concordo”.

Acerca de julgar-se capaz de compreender os conceitos de FMC, questão 18, respondeu “Concordo” a princípio e “Concordo” ao fim.

Lia respondeu “Concordo” inicialmente quanto a se julgar capaz de implementar de inovações curriculares, questão 14, e “Concordo Plenamente” ao término. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

Nº	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Capaz sim, com esse curso sim, com certeza. É possível.</i>	Pessoal
2L	<i>Sim, eu acho que o curso dá um preparo suficiente para isso.</i>	Pessoal

Tabela 69: Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 14 do questionário Likert

A licencianda respondeu inicialmente “Concordo” sobre se julgar capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio, questão 16, e ao final respondeu “Concordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>não sei se eu sou a pessoa mais capaz para saber selecionar não</i>	Pessoal
1L	<i>mas acho que não sei, talvez outros estudiosos da área poderiam fazer isso melhor do que eu</i>	Pessoal
2L	<i>Eu penso que sim, acho que sou capaz sim, do que eu recebi, do que eu tive,</i>	Pessoal
2L	<i>é, selecionar os mais gerais, os com mais aplicação, os que são mais possíveis de serem transmitidos e de passar essa idéia de Física Moderna para os alunos</i>	Pessoal

Tabela 70: Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 16 do questionário Likert

Sobre julgar-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio, questão 21, inicialmente respondeu “Concordo” e ao término “Concordo Plenamente”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Sim (julga-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio), ah, despertando a curiosidade mesmo, porque é um assunto, eu já falei 10 vezes que é um assunto interessante, mas é, então acho que tentar mostrar, o quão interessante, o quão importante, o quão novo</i>	Pessoal
2L	<i>Sim (julga-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio), vou responder igual ao que respondi da outra vez, é um tema muito interessante, e o legal é você mostrar o quanto é interessante para os alunos, é você mostrar o quanto é legal, o quanto pode ser legal</i>	Pessoal
2L	<i>eu acho que isso tá na forma do professor se portar na sala, de começar o assunto, começar de uma forma que surja interesse e tal.</i>	Pessoal
2L	<i>Exemplo do mini curso mesmo, o assunto em si já era interessante, daí usamos o filme, usamos várias coisas que fez com que eles se interessassem.</i>	Pessoal
2L	<i>Nas próprias falas, acho que da forma que a gente fala, mostrar o que é interessante, mostrar que é bacana, acho que isso (a forma como se fala) é necessário para entusiasmar, acho que é suficiente.</i>	Pessoal

Tabela 71: Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 21 do questionário Likert

Por fim, Ana respondeu inicialmente “Concordo” no que concerne a ela se julgar capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC, questão 22, e ao fim respondeu “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Sim (se julga capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC), na verdade, para toda a física a gente, pelo menos eu, eu não acho que eu sei tudo</i>	Pessoal
1L	<i>mas o que eu sei é possível e mesmo se eu não soubesse responder uma questão com certeza eu ia procurar e no outro dia responder</i>	Pessoal
2L	<i>acho que assim, o além eu não ia dar conta, mas assim, eu não me sinto insegura, eu sinto segura de estar numa sala</i>	Pessoal
2L	<i>com certeza se algum aluno me perguntar e eu não saber, vou procurar em um outro lugar.</i>	Pessoal

Tabela 72: Unidades de análise motivacionais pessoais de Lia relacionadas à questão 22 do questionário Likert

Figura 33: Mapa motivacional geral do questionário inicial de Lia

Figura 34: Mapa motivacional geral do questionário final de Lia

Lia respondeu inicialmente “Concordo” que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica, questão 24, e ao término respondeu “Concordo”.

A licencianda respondeu inicialmente “Concordo”, na questão 25, a respeito da ideia de que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio e respondeu ao final “Concordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Acho que o próprio currículo tá mais aberto para a física moderna, então essa mudança claro que afetou os professores, então acho que eles tem estado mais preparados, tanto em prova de concurso</i>	Geral
1L	<i>então acho que professor mais recente está mais preparado.</i>	Geral
2L	<i>Eu acredito que sim, porque essa tendência de se incluir mesmo, tá ficando bem mais evidente agora, porque tá aparecendo no Enem, no vestibular, então tá sendo mais requisitado</i>	Geral
2L	<i>então isso tá fazendo com que os cursos se preocupem mais com isso e os alunos estão saindo melhor. Os professores que já estão trabalhando, acho que ainda não, não pegaram isso.</i>	Geral
2L	<i>Para nós, nós estamos (os professores em formação inicial) saindo agora com um conhecimento muito claro né, que é necessário e deve ser abordado em sala (tópicos de FMC no Ensino Médio)</i>	Geral

Tabela 73: Unidades de análise motivacionais gerais de Lia relacionadas à questão 25 do questionário Likert

Quanto ao tempo dedicado à profissão tornar o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC em sua prática docente, questão 26, respondeu inicialmente “Discordo” e no final “Discordo”.

No que concerne à ideia de que somente mediante um curso de capacitação o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio, questão 27, inicialmente respondeu “Discordo” e ao fim respondeu “Discordo”. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Eu acho que é possível, mas não acho que é adequado, com certeza não é adequado, mas para remediar seria uma boa alternativa fazer um curso de capacitação para que esses professores possam implementar esses cursos em sala. Eu não vejo outra alternativa, o professor não iria voltar pra faculdade, né?</i>	Geral
2L	<i>Então, com o curso acho que é possível (implementar com segurança tópicos de FMC no EM), mas acho que também por iniciativas pessoais também é possível (implementar com segurança tópicos de FMC no EM)</i>	Geral
2L	<i>acho que não só o curso mas mais importante que o curso são as iniciativas pessoas mesmo dos professores</i>	Geral

Tabela 74: Unidades de análise motivacionais gerais de Lia relacionadas à questão 27 do questionário Likert

Por fim, Lia, respondeu à questão 28, concernente ao estabelecimento de uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC, da seguinte forma: “Concordo Plenamente” inicialmente e “Concordo” ao final. Nas entrevistas, referiu-se a este assunto da seguinte forma:

	Unidades de Análise	Categoria
1L	<i>Eu acho que eu sou capaz, eu penso que os tópicos que eu consegui aprender vão ser os tópicos que eu vou conseguir transmitir</i>	Geral
2L	<i>Sim, com certeza.</i>	Geral

Tabela 75: Unidades de análise motivacionais gerais de Lia relacionadas à questão 28 do questionário Likert

4.5.8. Crenças Motivacionais inferidas de Lia

Apresentamos, mais adiante, as crenças motivacionais pessoais inferidas de Lia relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem motivacional pessoal de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças motivacionais pessoais a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Sente-se capaz de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.

2) Sente-se capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio.

3) Sente-se capaz de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio, pois julga que a maneira que aprendeu estes tópicos auxiliou neste sentido.

4) Julga-se capaz de ensinar FMC no Ensino Médio

5) Julga-se capaz de compreender os conceitos de FMC

6) Julga-se capaz de implementar de inovações curriculares, atribuindo tal capacidade ao curso de graduação que fez.

7) Julga-se capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio.

8) Julga-se capaz de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio, pois o assunto em si já muito interessante e o que deve ser feito é se mostrar ao aluno o quanto ele é interessante para entusiasamá-lo.

Já a ideia a seguir apareceu apenas de modo inconsistente para inferirmos sua crença motivacional pessoal com mais precisão em função de não ter sido obtida a partir de todos os nossos instrumentos de coleta de dados disponíveis e/ou os dados aferidos não manterem uma boa coerência entre si:

1) Sente-se capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio.

2) Julga-se capaz de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC.

Apresentamos, mais adiante, as crenças motivacionais gerais de Lia relacionadas à inserção de FMC no Ensino Médio a partir das unidades de análise de ordem motivacional geral de suas entrevistas, dos dados de seus questionários pertinentes a esta dimensão e, finalmente, de suas atitudes e ações correlatas a este domínio observadas por nós ao longo desta investigação:

As inferências das crenças motivacionais gerais a seguir foram realizadas em função de terem sido concebidas a partir do cruzamento dos nossos instrumentos de coleta de dados e dos mesmos manterem uma boa coerência entre si:

1) Acredita que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica.

2) Acredita que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio, já que tal preocupação está sendo introduzida nos currículos das Licenciaturas.

3) Não acredita que o tempo dedicado à profissão torna o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC.

4) Não acredita que somente mediante um curso de capacitação o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio.

5) Estabelece uma relação entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC, embora ache que tenha aprendido pouco de FMC.

4.5.9. Discussão sobre as Crenças inferidas de Lia

Lia acredita que é possível ensinar FMC no Ensino Médio, mesmo deixando de lado seu formalismo matemático. Ao longo desta pesquisa, a licencianda trabalhou com o ensino de Nanociência através de uma abordagem que prescindia do formalismo matemático, de maneira que a tendência é que esta crença seja arraigada ao longo do tempo em sua estrutura de crenças e, assim, ela influa na sua postura didática frente à inserção de FMC no Ensino Médio.

A futura professora também tem a crença de que os fenômenos de FMC nem sempre são visíveis em laboratórios e de que um obstáculo a ser transposto no ensino de FMC seria o fato dos conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas, embora aponte que é possível transpor essa barreira conceitual.

O conteúdo de FMC, segundo a crença de Lia, é interessante e o professor deve mostrar porque a Física Moderna é importante para seus estudantes. Tal crença está em total consonância com os parâmetros curriculares nacionais, no que diz respeito à pertinência da inserção de FMC no Ensino Médio e da relevância do professor pensar em uma concepção de ensino que privilegie conteúdos importantes e, portanto, significativos aos estudantes.

Acredita que é possível ensinar FMC no Ensino Médio, inclusive utilizando-se de outras formas além do uso de problemas e equações, além do que também acredita que a avaliação da aprendizagem de FMC não deve ser feita apenas através de problemas fechados. A licencianda acredita em uma diversidade maior de estratégias para se trabalhar com FMC no Ensino Médio, tendo inclusive em sua estrutura episódica, ou seja, sua memória, o minicurso de Nanociência realizado por ela e as demais futuras professoras de seu grupo

Nesta direção, acredita que é capaz de ensinar FMC no Ensino Médio, o que também engloba ser capaz de criar atividades de FMC no Ensino Médio, de transpor os tópicos de FMC aprendidos na graduação para o Ensino Médio (pois julga que a maneira que aprendeu estes tópicos auxiliou neste sentido), assim como de selecionar conteúdos adequados para se inserir FMC no Ensino Médio, de motivar os estudantes ao trabalhar com tópicos de FMC no Ensino Médio (pois o assunto em

si já é muito interessante e o que deve ser feito é se mostrar ao aluno o quanto ele é interessante para entusiasmá-lo). Lia também se sente capaz de desenvolver atividades inovadoras em sala de aula. Estas crenças de Lia começaram a se solidificar durante suas experiências vividas ao longo do processo de coleta de dados desta pesquisa, uma vez que a licencianda atuou ativamente com suas colegas futuras professoras para programar as atividades do minicurso de Nanociência e Nanotecnologia para os estudantes de Ensino Médio, inclusive sugerindo a criação de um jogo de cartas para se trabalhar com a ideia de ordens de grandeza.

Ela se julga capaz de implementar inovações curriculares, atribuindo tal capacidade ao curso de graduação que fez, bem como também acredita na conexão entre sua formação acadêmica e sua capacidade de implementar tópicos de FMC, embora tenha aprendido pouco sobre o tema.

Lia julga-se capaz de compreender os conceitos de FMC e acredita que para ser um professor inovador é necessário que o mesmo tenha uma boa formação acadêmica. Ademais, acredita que os professores recém formados estão mais bem preparados do que professores formados a mais tempo para implementar tópicos de FMC no Ensino Médio, já que tal preocupação está sendo introduzida nos currículos das Licenciaturas. No que concerne a esta última crença, possivelmente Lia tomou o seu caso – que julga bem sucedido – de estar participando na graduação de um processo de implementação de tópicos de FMC no Ensino Médio como uma referência para deduzir o que se está passando no todo.

A licencianda não acredita que o tempo dedicado à profissão torna o professor mais bem preparado para introduzir tópicos de FMC, nem que apenas através de um curso de capacitação o professor terá segurança para implementar a FMC no Ensino Médio.

Nossa inferência não pôde precisar ao certo suas ideias declaradas a seguir por conta de inconsistências em suas falas e respostas aos questionários: A FMC surgiu de dificuldades da Física Clássica em poder interpretar dados experimentais observados em laboratório e ela não é tão abstrata e de difícil compreensão pelos

estudantes. Além disso, os tópicos de FMC não permitem uma manipulação de seus objetos para entendê-los melhor, embora seja possível transpor este problema.

O formalismo matemático sempre foi um problema para se ensinar Física e seria também para a FMC, assim como o fato dos objetos de estudo da FMC não estarem presentes nas nossas percepções cotidianas, porém seria possível que os alunos aprendessem estes tópicos e isto também seria interessante para eles.

Os professores pensam que o ensino de Física Clássica tem que anteceder o ensino de FMC e que a maior eficiência ao ensinar FMC não se daria apenas com o uso de problemas e o uso de equações, além do que eles acreditam que inovar conteúdos em sala de aula seria algo desnecessário.

Acredita que não seria necessário os alunos conhecerem os conceitos clássicos para se trabalhar com conceitos de FMC e que ela deveria ser ensinada através de diálogos, filmes, exemplos e da postura do professor.

Por fim, faz referências inconsistentes para inferirmos se ela se sente capaz de tornar claros os conceitos de FMC aos estudantes de Ensino Médio e também sobre sua capacidade de dar respostas às perguntas dos estudantes sobre temas de FMC.

5. CONCLUSÕES

5. CONCLUSÕES

No Capítulo 1, buscamos caracterizar o contexto da inovação curricular pelo qual o ensino de Ciências e, mais especificamente, o ensino de Física tem sido submetidos ao longo dos últimos anos explicitando ainda que a compreensão sobre as crenças dos professores tem sido apontada como um fator primordial para que a inovação curricular alcance a sua plena execução em sala de aula.

As crenças educacionais de uma maneira geral e suas condições de contorno foram apresentadas no Capítulo 2 incluindo a questão de que elas devem ser inferidas, o que teve um impacto metodológico importante neste trabalho. Ademais, acrescentamos neste encaminhamento inicial das conclusões que as crenças dos indivíduos e, mais particularmente, dos futuros professores investigados sempre estão passíveis de serem alteradas ainda que também estejam submetidas ao já referido processo de perpetuação por que todas as crenças passam.

No que concerne à coleta e ao tratamento dos dados desta investigação, explicitados no Capítulo 3, podemos afirmar que foi feliz a escolha de utilizar os questionários, as entrevistas e os vídeos como forma de dados a serem percorridos e confrontados para se chegar às inferências.

No Capítulo 4, percebemos que imergir nas crenças alheias é um processo complexo porque nos exigiu muitos dados dos indivíduos. Isto foi bom, visto que não desejávamos chamar ‘crenças’ apenas os dados declarativos dos futuros professores, mas utilizar o processo de inferência das mesmas a partir do confronto de mais fontes de dados.

Neste Capítulo, após iniciar com estes apontamentos dos Capítulos anteriores, vamos também tecer em linhas gerais outros aspectos que mais nos pareceram importantes ao longo do trabalho, bem como tecer algumas novas considerações que julgamos pertinentes.

5.1. Considerações Finais

Iniciamos nossas considerações finais realçando a questão de que inferir as crenças dos quatro futuros professores investigados só foi possível realizar de uma forma razoável mediante os diversos dados coletados a partir de diferentes fontes. Neste aspecto, este trabalho tem talvez seu maior mérito.

De qualquer maneira, como em qualquer estudo de caso, reconhecemos que os resultados permitem diversas leituras, de modo que a inferência aqui realizada é apenas uma dentre várias outras plausíveis. Por exemplo, achamos mais confiável nesta investigação apresentar como crenças inferidas apenas aquelas que apresentavam concordância entre atitudes, ações e declarações, porém também seria possível interpretar algumas discrepâncias entre atitudes, ações e declarações como conflitos entre o que o indivíduo pensa e aquilo que faz.

A principal contribuição desta investigação está em sua compilação disponibilizada das crenças epistemológicas, didático-pedagógicas e motivacionais de futuros professores, assim como a discussão delas sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Este repertório pode se configurar como um conjunto de informações importantes para formadores de professores que desejam comparar tais resultados com os dos seus próprios estudantes e buscar interferir sobre suas crenças, melhorando desta forma a formação inicial de seus licenciandos no que concerne a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Acreditamos que os cursos de formação de professores, no futuro, certamente ainda deverão ser formulados levando em consideração dados de pesquisas como esta, a fim de melhor preparar os futuros professores neste sentido.

Certamente, apontamos que é preciso conhecer muito mais em relação às crenças de futuros professores sobre tópicos de FMC e seu ensino em nível médio e que este é apenas um passo pequeno, conquanto importante para que o formador de professores tenha condições de refletir sobre a operacionalização de estratégias para trabalhar com esta proposta de inovação curricular junto aos licenciandos.

Igualmente, destacamos ainda os benefícios que os próprios futuros professores teriam ao ter contato com os resultados desta investigação, na medida em que, eles também poderiam se reconhecer nas diversas situações vivenciadas, nas falas e, sobretudo, nas crenças aqui identificadas de cada um dos futuros professores pesquisados, além de poderem conhecer os mecanismos que regem as crenças educacionais, o que possibilitaria um possível processo lento e árduo de mudanças de algumas crenças, caso desejassem buscar melhores estratégias para trabalhar com temas de FMC no Ensino Médio.

Evidentemente que, de um modo geral, tal movimento dificilmente partiria dos futuros professores por si mesmos, mas acreditamos que com a orientação de um formador de professores, isto poderá transcorrer de modo bastante significativo para todos os envolvidos. Chamamos a atenção ainda para o fato de que esta proposta de imersão nas crenças educacionais de futuros professores sobre este tema teria, a nosso ver, que ser bem cuidadosa no sentido de não constranger os licenciandos diante de toda a turma durante as discussões, o que colocaria o professor em estado defensivo e o bloquearia de falar o que realmente acredita.

Um aspecto importante a ressaltar de nossos dados em confronto com a teoria sobre crenças é o de que o sistema de crenças dos licenciandos sobre a inserção de FMC no Ensino Médio estudados apresentou-se, de fato, por meio de uma forma psicológica não necessariamente lógica, dado que muitas inconsistências e incoerências foram observadas em seus sistemas de crenças.

Estas ocorrências também eram previstas pela teoria das crenças que utilizamos, além do que pudemos também confirmar que um futuro professor pode considerar declarações sobre a inserção de FMC no Ensino Médio que na verdade são incompatíveis entre si como igualmente válidas em seus sistemas de crenças.

As etapas de coleta de dados e a estrutura de atividades sob as quais participaram os futuros professores nesta pesquisa lançaram eles em várias situações conflitantes, seja ao serem perquiridos quando respondiam ao questionário e às entrevistas e, sobretudo, quando estiveram sendo observados ao longo do processo de organização e execução dos minicursos sobre Física de Partículas e Nanociência.

Nestes últimos momentos citados, os futuros professores estavam em meio a uma situação de estresse maior, tanto internamente nos grupos de colegas, quanto em função dos prazos. Além disso, estavam eles mobilizados em busca de materiais que favorecessem a compreensão dos conceitos pelos estudantes, assim como mantinham a preocupação de articularem uma sequência que fizesse sentido aos estudantes do Ensino Médio. Assim, através destas etapas, podemos afirmar que realmente mobilizamos os sistemas de crenças dos futuros professores para que pudessemos realizar as inferências.

Pudemos ainda confirmar que estas mesmas etapas desafiadoras as quais estávamos nos referindo no parágrafo anterior, foram substrato rico para iniciar a consolidação de suas crenças aprendidas por contato direto através desta oportunidade de trabalhar com temas ligados à inovação curricular, pois elas foram presenciadas pelo indivíduo e tornam-se um fenômeno existencial para ele. Entretanto, como estas experiências eram ainda novas, sabemos que tais crenças a respeito de FMC e do seu ensino para estudantes do Ensino Médio naturalmente não poderiam ser tão fortes quanto aquelas referentes à Física Clássica e seu processo de ensinar no Ensino Médio.

Por exemplo, a crença de Roberto de que a Física Clássica é mais concreta foi criada durante seus anos de estudo ao longo de toda sua formação inicial. Sabemos então que tal crença se perpetuou grandemente, de maneira que apenas através de um grande esforço dedicado a explicitar o quão abstratos podem ser também os conceitos de Física Clássica é que esta crença poderá começar a ser revista pelo futuro professor e podemos supor, neste caso, que tal fenômeno é geral, na medida em que essa crença foi construída em situações educacionais comuns a muitos futuros professores.

Importante citar também nestas considerações finais que a crença sobre o exíguo tempo destinado à Física em sala de aula é uma condição de contorno concreta a ser enfrentada por aqueles que fazem o currículo, para os pesquisadores da área e para os professores do Ensino Médio.

Ademais, ainda que tal conclusão seja óbvia, é possível deduzir das crenças destes futuros professores a importância de se trabalhar temas de Física Moderna e

Contemporânea nos cursos seus cursos de formação em termos de conteúdos e em termos pedagógicos a fim de proporcioná-los meios de planejar e tomar decisões com mais segurança ao implementar temas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, sobretudo quando o próprio professor percebe que ele não tem referências de como se ensinar estes tópicos para o Ensino Médio.

Somente um bom trabalho realizado nos cursos iniciais de formação de professores poderá lançar bases sólidas para a consolidação de suas crenças sobre a inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, embora tal realização ainda seja um grande desafio, uma vez que não há consenso sobre a melhor forma de como proceder.

A partir da crença de Roberto de que é preferível, mas não necessário, que os alunos conheçam bem conceitos clássicos para se trabalhar com conceitos de FMC, concluímos que seria possivelmente interessante também estimular esta crença em futuros professores a fim de se tentar criar um ambiente mais flexível para a inserção de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.

Por fim, voltamos a enfatizar o desafio que vencemos ao conseguir inferir e identificar as crenças destes quatro futuros professores sobre um contexto de inovação curricular específico: a inserção de FMC no Ensino Médio.

5.2 Impressões do investigador

Tudo isto aconteceu, acredite ou não... Inesperado!
Lenine

Este trecho da música 'Acredite ou não' de Lenine representa bem este trabalho de investigação com inúmeras idas e vindas, repleto de surpresas e do inesperado.

Ademais, é importante ressaltar que como futuro professor que também era à época da coleta de dados e da análise inicial da pesquisa, investigar as crenças destes colegas licenciandos sobre a inserção de FMC no Ensino Médio foi também desvendar a mim mesmo como em um espelho, de modo que as generalizações naturalísticas que realizava tinham grande impacto em mim.

A pesquisa nesta área também foi e tem sido um processo novo e extremamente rico em minha vida. Neste sentido, devo reconhecer as suas limitações, como o encaminhamento frio e rígido, sem jogo de cintura, que dei às primeiras entrevistas que realizei.

Àquele tempo, ainda no primeiro ano do mestrado, em 2009, quando não tinha uma bolsa de dedicação exclusiva a este projeto, também cursava a Habilitação em Química do curso de Licenciatura em Ciências Exatas, a qual pude cursar e completar ao longo daquele ano e me via em uma curiosa situação ambivalente.

Voltando rapidamente no tempo, em 2006, participei de um projeto de reforço escolar de Física e Matemática em uma escola estadual de São Carlos ao longo de um semestre em 2006 vinculado ao Grupo de Óptica do Centro de Pesquisas em Ótica e Fotônica (CEPOF). Em 2008, tive a ótima experiência de co-coordenar em São Carlos um projeto de difusão de ciências chamado "A USP Vai à Sua Escola" em que capacitávamos alunos das escolas que desejavam nos receber para serem multiplicadores do conhecimento específico de um dos nossos painéis a serem exibidos, os quais versavam, sobretudo, sobre Óptica e Genética e eram expostos nas escolas sempre com nosso acompanhamento e dos estudantes que havia se tornado monitores do Projeto, também vinculado ao CEPOF e ao Centro de Estudos do Genoma Humano (CEGH).

Assim, em 2009, ainda era alguém que nunca havia tido a experiência de assumir uma sala de aula de Física, tendo, neste sentido, apenas minha experiência de estágio e regência, bem como as outras já referidas.

Ao mesmo tempo, estava cursando as disciplinas do mestrado e participando das reuniões semanais dos grupos de pesquisa e começando a me envolver com a temática de Física de Partículas, com o grupo de professores da rede pública que já trabalhavam no NUPIC no Projeto de Ensino Público de Multiplicadores de Física Moderna e Contemporânea relacionado a este tema, bem como ainda era estagiário de Química e estava começando a investigar as crenças de meus ex-colegas de curso de Licenciatura quanto à inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Por fim, considere importante traçar minha trajetória a fim de clarear ao leitor a posição a partir da qual executei esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J. R. **The architecture of cognition**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.
- ANDERSON, J. R. **Cognitive Psychology and its implications**. San Francisco: Freeman, 1985.
- BANDURA, A. Self-efficacy: toward a unifying theory of behavioral change. **Psychological Review**, v. 84, n.2, 191-215, 1977.
- BANDURA, A. **Social foundations of thought and action: A social cognitive theory**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1986
- BANDURA, A. **Self-efficacy: The exercise of control**. New York: Freeman, 1997.
- BARROS, M. A. Análise da influência das crenças motivacionais de professores de Física do ensino médio. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 5., 2005, Bauru. Anais...Bauru: ABRAPEC, 2005. CD-ROM.
- BARROS, M. A.; PINTÓ, R.; MARQUES FILHO, E.C. Beliefs of Preservice Teachers regarding the Implementation of Topics of Modern and Contemporary Physics in High School, Comunicação oral apresentada na **XVIII Conferência Internacional do “Groupe Internationale de Recherche sur l’Enseignement de la Physique (GIREP)”**, Reims, 2010.
- BARROS, M.A.; LABURÚ, C.E.; SILVA, F.R. An Instrument for Measuring Self-Efficacy Beliefs of Secondary School Physics Teachers, Pôster apresentado na **XVIII Conferência Internacional do “Groupe Internationale de Recherche sur l’Enseignement de la Physique (GIREP)”**, Reims, 2010.
- BEACH, R.; PEARSON, D. Changes in preservice teachers' perceptions of conflicts and tensions. **Teaching and Teacher Education**, 14, 3, 337-51, 1998.
- BEJARANO, N. R. R; CARVALHO, A.M.P. Tornando-se professor de ciências: crenças e conflitos. **Ciência e Educação**. 9, 1, 1-15, 2003.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação**. Uma Introdução à Teoria e aos Métodos. Porto Editora (Coleção Ciências da Educação). Lisboa – Portugal, 1994.

BRASIL, Secretaria de Educação Básica. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.**
<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acessado em 07/10/10.

BROCKINGTON, G. 2005. **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado, IFUSP/FEUSP, São Paulo, 2005.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. 2006. Serão as regras da Transposição Didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências** (On line), UFRGS - Porto Alegre - RS, 10, 3, 1-17, 2006.

BROWN, S.; MCINTYRE, D. Factors influencing teachers' responses to curricular innovations. **Research Intelligence**, 4(1), 19 – 23, 1978.

BROWN. C. A.; COONEY, T. J. Research on teacher education: A philosophical orientation. **Journal of Research and Development in Education**. 15(4). 13-18, 1982.

BUCHMANN, M. Teaching knowledge: The lights that teachers live by. **Oxford Review of Education**, 13, 151-164, 1987.

CALDERHEAD, J.; ROBSON, M. Images of Teaching: Student teachers' early conceptions of classroom practice. **Teaching and Teacher Education**, 7. 1-8, 1991.

CLARK, C.M. Asking the right questions about teacher preparation: Contributions of research on teaching thinking. **Educational Researcher**, 17(2), 5-12, 1988.

COHEN, L.; MANION, L. **Research Methods in Education**. London: Croom Helm, 1980.

CUADRA, G; ROMERO, L. F. R. Concepciones y creencias del profesorado de secundaria sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. **Enseñanza de las Ciencias**, 21(1), 27-47, 2003.

DA-SILVA, C. et. al. Evolution of the Conceptions of a Secondary Education Biology Teacher: Longitudinal Analysis Using Cognitive Maps, **Science Education**, 91, 461-491, 2007.

DAVIS, K. S. "Change is Hard": What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices, **Science Education**, 87, 3-30, 2003.

FELDMAN, A. Multiple perspectives for the study of teaching: Knowledge, reason, understanding, and being. **Journal of Research in Science Teaching**, 39(10), 1032 – 1055, 2002.

FLORIO-RUANE, S.; LENSIRE, T.J. Transforming future teachers' ideas about writing instruction. **Journal of Curriculum Studies**, 22. 277-289, 1990.

FULLAN, M.; HARGREAVES, A. (Orgs.). Teacher development and educational change. London: Falmer, 1992.

GUBA, E.; LINCOLN, Y. S.. **Fourth generation evaluation**. Beverly Hills, CA: Sage, 1989.

HARVEY, O.J. Belief systems and attitudes toward the death penalty and other punishments, **Journal of Psychology**, 54, 143-159, 1986.

IREZ, S. Are We Prepared?: An Assessment of Preservice Science Teacher Educators' Beliefs About Nature of Science, **Science Education**, 90, 1113-1143, 2007.

IREZ, S. Nature of Science as Depicted in Turkish Biology Textbooks, **Science Education**, 93, 422-447, 2009.

KAGAN, D. M. Professional Growth among preservice and beginning teachers. **Review of Educational Research**, 62, 2, 129-169, 1992.

LANG, M. et. al. Teacher professional development in the context of curriculum reform. In: LANG, M.; OISON, J.; HANSEN, H.; BUNDER. W. (Orgs.). **Changing schools/changing practices: Perspectives on educational reform and teacher professionalism**. Louvain: IPN and Garant, Louvain: IPN and Garant, 121–131, 1999.

LASZLO, E. et. al. **The Evolution of Cognitive Maps – new Paradigms for the Twenty-first Century**. Amsterdam: Gordon and Breach, 1995.

LEWIS, H. **A question of values**. San Francisco: Harper & Row, 1990.

LLINARES, S.C; SÁNCHEZ, V.G. Las creencias epistemológicas sobre la naturaleza de las matemáticas y su enseñanza y el proceso de llegar a ser un profesor, **Revista de educación**, 290, 389-406, 1989.

LORTIE, D. **Schoolteacher: A sociological study**. Chicago: University of Chicago Press, 1975.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

LUMPE, A. T.; HANEY, J. J.; CZERNIAK, C.M. Assessing teachers' beliefs about their science teaching context. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 3, p. 275-92, 2000.

MACDONALD, B.; RUDDUCK, J. Curriculum research and development projects: Barriers to success. **British Journal of Educational Psychology**, 41(2), 148–154, 1971.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Avaliação do ensino e aprendizagem de física moderna e contemporânea no ensino médio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4., 2003, Bauru. **Anais...** Porto Alegre: ABRAPEC, CD-ROM, 2004.

MARQUES FILHO, E. C.; BARROS, M. A. Crenças de um futuro professor em um contexto de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, Comunicação oral apresentada no **XIX “Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)”**, Manaus, 2011.

MARQUES FILHO, E. C.; BARROS, M. A. Crenças de auto-eficácia de futuros professores em um contexto de inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio à luz de mapas cognitivos, Comunicação oral apresentada no **XIX “Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)”**, Manaus, 2011a.

MCALPINE, L.; CRAGO, M. The induction year experience in a cross-cultural setting. **Teaching and Teacher Education**, v. 11, n.4, 403-415, 1995.

MCINTYRE, D.; BROWN, S. Science teachers' implementation of two intended innovations. **Scottish Educational Review**, 11(1), 42–57, 1979.

MELLADO, V. The classroom practice of preservice teachers and their concepções of teaching and learning science. **Science Education**, 82, 197-214, 1998.

MELLADO, V. *et. al.* Los mapas cognitivos en el análisis gráfico de las concepciones del profesorado. **Campo Abierto**, 22, 37-58. 2002.

MELLADO, V., PEME-ARANEGA, C., REDONDO, C. y BERMEJO, M. L. Los mapas cognitivos en el análisis gráfico de las concepciones del profesorado. **Campo Abierto**, 22, 37-58, 2002.

MILNER, H. R.; WOOLFOLK HOY, A. A case study of an African American Teacher's self-efficacy, stereotype threat, and persistence. **Teaching and Teacher Education**, 19, 263-276, 2003.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência e Educação**, 9(2), 191–211, 2003.

MULHOLLAND, J.; WALLACE, J. Teacher induction and elementary science teaching: enhancing self-efficacy. **Teaching and Teacher Education**, v. 17, 243-261, 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy Press. 1996.

NESPOR, J. The role of beliefs in the practice of teaching. **Journal of Curriculum Studies**, 19, 317-328, 1987.

OSTERMANN, F. Um texto para professores do Ensino médio sobre partículas elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, nº 3, 1999.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa: Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, 5, 1, 2000a.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. **Revista Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, 18, 3, 391-404, 2000b.

OSTERMANN, F.; FERREIRA, L.M.; CAVALCANTI, C.J.H. Tópicos de física contemporânea no Ensino Médio: um texto para professores sobre supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, nº 3, 1998.

PAJARES, F. Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning Up a Messy Construct. **Review of Educational Research**, 62, 307–332, 1992.

PARIS, S.G.; LIPSON, M.; WIXSON, K. Becoming a strategic reader. **Contemporary Educational Psychology**, 8, 293–316, 1983.

PERRENOUD, P. Formar professores em contextos sociais de mudança. Prática reflexiva e participação crítica. **Revista Brasileira de Educação**, 12, p. 5-22, 1999.

PIETROCOLA, M. Modern Physics in Brazilian Secondary Schools. In: **International Conference on Physics Education**, 2005, Nova Delhi: ICPE, 2005.

PINTÓ et. al. Teachers transformations trends when implementing innovations. STTIS Report RW4, 2001 [online]. Retrieved March 15, 2003, from <http://www.blues.uab.es/~idmc42>.

PINTÓ et. al. Introducing curriculum innovations in science: identifying teachers' transformations and the design of related teacher education, **Science Education**, 89, 1–12, 2005.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o ensino médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 16. n. 1, p. 7-34, 1999.

PORLÁN, R. **Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores**. Tesis Doctoral. Sevilla. 1989.

PORLÁN, R.; RIVERO, A. e MARTÍN, R. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores-I: teoría, métodos e instrumentos. **Enseñanza de las Ciencias**, 15(2), 155–171, 1997.

PUCHNER, L. D.; TAYLOR, A. R. Lesson study, collaboration and teacher efficacy: Stories from two school-based math lesson study groups. **Teaching and Teacher Education**, 22, 922-934, 2006

RUIZ, C. et. al. Construcción de mapas cognitivos a partir Del cuestionario INPECIP. Aplicación al estudio de La evolución de las concepciones de una profesora de secundaria entre 1993 y 2002. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, 4, 1, 2005.

SILVA, F. R. **Análise das Crenças de Eficácia de Professores de Física do Ensino Médio**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Centro de Ciências Exatas, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

RIGGS, I. M.; ENOCHS, L. G. Toward the development of an elementary teachers science teaching efficacy belief instrument. **Science Education**, 74, 6, 625-637, 1990.

ROCHA, D. M.; MARQUES FILHO, E.C. Auto-eficácia docente: um novo instrumento para a medida das crenças de auto-eficácia dos professores sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, Comunicação oral apresentada no **XIX “Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)”**, Manaus, 2011.

ROEHLER, et. al. Knowledge structures as evidence of ‘personal’: Bridging the gap from thought to practice. **Journal of Curriculum Studies**, 20, 159-165, 1988.

ROKEACH, M. **Beliefs, attitudes and values: A theory of organization and change**. San Francisco: Jossey-Bass, 1968.

SCHUTZ, A. **On phenomenology and social relations**. Chicago: University of Chicago Press, 1970.

SIGEL, I. E. A conceptual analysis. In: SIGEL, I.E. (Org.) **Parental belief systems: The psychological consequences for children**. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 345-371, 1985.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. 2006, A Transposição Didática aplicada a teoria contemporânea: A Física de Partículas elementares no Ensino Médio. In: X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Londrina, 2006. **Anais...** Londrina: SBF, 2006. CD-ROM.

TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: **Revista Brasileira de Educação**.13, p. 5-24, 2000.

TERHART, E. Developing a professional Culture. In: LANG, M.; OISON, J.; HANSEN, H.; BUNDER. W. (Orgs.). **Changing schools/changing practices: Perspectives on educational reform and teacher professionalism**. Louvain: IPN and Garant, 27-39, 1999.

TERRAZAN, E.A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2o grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, 9, 3, 209-214, 1992.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 2007.

TOBIN, K.; MCROBBIE, C.J. Cultural Myths as Constraints to the Enacted Science Curriculum, **Science Education**, 80(2): 223-241, 1996.

VALADARES, E.C.; MOREIRA, M.A. Ensinando Física Moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

VAN FLEET, A. Learning to teach: The cultural transmission analysis. **Journal of Thought**, 14, 281-290, 1979.

WILSON, S.M. The secret garden of teacher education. **Phi Delta Kappan**, 72, 204-209, 1990.

ANEXOS

ANEXO A – Entrevistas de Saulo

A.1. Transcrição da Entrevista Inicial de Saulo

1) O que o motivou a fazer Licenciatura em Física? Por que?

S: O que motivou? Uma que o fato de ser professor, ter a oportunidade de ser professor é uma coisa que eu sempre quis, né? E é uma oportunidade de podermos, assim, de passar, de ensinar alguém, passar algo para a pessoa adquirir o conhecimento. Eu acho que é uma coisa muito importante.

2) Você gosta de ser professor de Física? Por que?

S: Sim eu tenho muita vontade de ser mesmo professor de Física.

E: Por que você escolheu mais especificamente a Licenciatura em Física?

S: Porque a Física ela envolve tudo em nossa volta, né? E é uma coisa que tá sempre perto da gente, você está sempre aplicando a Física, eu, antes de optar pela Física, eu sempre gostei de coisa relacionada à Mecânica, à Eletricidade. Então a Física engloba tudo, além de Matemática que também gosto. Então, ela é um conjunto de coisas que eu gosto, por isso que escolhi Física.

3) Você pretende exercer a profissão de professor depois que terminar a graduação?

S: Com certeza! Pretendo mesmo.

4) Para você o que um professor de Física precisa saber e saber fazer para dar uma boa aula?

S: Ele precisa estar primeiramente preparado para a aula que ele vai dar. Jamais ele deve achar que ele vai tirar de letra a aula. Se ele... Autoconfiança não deve ter, ele deve estar sempre preparado e pronto porque vai vir muitas perguntas e ele tem que estar preparado para responder as perguntas. E para o professor conseguir passar as informações para os alunos ele também tem que saber, independente da escola que esteja, às vezes que tem pouco recurso, saber aproveitar coisas do cotidiano para fazer tipo de um experimento para as crianças poderem entender. Acho que ele

tem que ser bem versátil, não ficar dependendo de coisas prontas. Ah! Isso fica tão caro pra fazer, não vai ter jeito. Sempre achar que dá para fazer algum experimento.

5) O que você acredita que seja uma inovação curricular?

S: Inovação curricular? Eu acho, na minha opinião, é ampliar o conhecimento. Ah, inovação curricular você tá falando com respeito ao currículo do professor ou ao ensino para os alunos?

E: Eu to me referindo ao currículo, vamos dizer, geral. Quando você tem, por exemplo, os PCN que são Parâmetros Curriculares Nacionais, então você tá dando um parâmetro de currículo. Quando você dá um novo parâmetro geral, no caso, por exemplo, a Proposta Curricular do Estado de São Paulo.

S: O que eu acho dela você tá perguntando?

E: Na verdade eu tinha te perguntado o que era uma inovação curricular? O que você entendia como uma inovação curricular?

S: Eu acredito que é um aperfeiçoamento do que é ensinado no ensino de Física. Eu acho que é uma inovação, é um aperfeiçoamento. Um melhoramento do ensino de Física.

6) Você se consideraria capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula?

S: Sim (se considera capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula). Eu acho que sim.

7) O que você pensa sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

S: Seria, para mim, seria a coisa mais bonita que pode ter, mas eu acho um pouco complicado, porque já o conteúdo básico em Física, a Física Clássica, já não é totalmente preenchido. Não se consegue ultimamente preencher o currículo, e incorporar mais coisa, eu acho que vai complicar um pouco porque se já não tá tendo tempo de fazer a Física Clássica, colocar Física Moderna, a menos que colocar bem. Se for para colocar ela bem rápido, uma passagem bem rápida, para mim não vale. Ou faz bem feito, ou não faz. Então eu acho que a Física Clássica

deveria ser bem feita no Ensino Médio porque a Física Moderna eu acho que vai ser um pouco complicado.

8) Você acredita que é capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula? Por que?

S: Sim, sim (em termos de ser capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula) mas aí para fazer isso (selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula) seria legal ter um pouco mais de tempo dedicado à Física, um pouco mais de aula por semana. Mais, mais, aí seria bom. Porque não adianta só introduzir o conteúdo de Física Moderna e não alterar nada com respeito à quantidade de horas.

9) Quais as dificuldades você acredita que encontraria para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

S: Fora o tempo, tirando o tempo que vai ser escasso (para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio), as dificuldades seriam os experimentos. Os experimentos de Física Moderna eu acho que não são tão fáceis de se mostrar quanto um experimento de Física Clássica. E numa, por exemplo, numa escola que tem condição de ter instrumentação tudo bem, mas uma escola de baixa renda, carente, já não dá para você ficar improvisando com Física Moderna, né? Mas, eu acho que é válido, né? Essa é a dificuldade.

10) Você acredita que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos?

S: Sim, tem que ter um pré-requisito (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio).

11) Você se considera capaz de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio?

S: Sim (em termos de ser capaz de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio).

12) É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original?

S: É um pouco difícil não dispor dele (formalismo matemático) porque, falar de uma maneira conceitual, qualitativamente, até que dá, mas vai ficar muito vago (para os alunos), mas dá sim, eu acho que dá sim (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original).

13) O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com ideias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem?

S: É um obstáculo a ser transposto (os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com ideias cotidianas). É um obstáculo sim. Eu já andei comentando com amigos meus que não estudam, comecei falar algumas coisas, eu tive uma grande resistência, da parte deles, de aceitar alguma coisa. Então deve ser, a classe tem que estar bem preparada para introduzir a Física Moderna, mas dá pra se transpor, mas não deixa de ser um obstáculo sim, essa intuição que as pessoas tem.

E: Que assunto você tava comentando com eles assim? Pra... que você sentiu essa resistência?

S Ah... Com respeito à luz (E: Dualidade?) como uma onda, a respeito da reflexão, da absorção da luz, da refração... Também da... Como chama? Difração da luz, essas coisas. Ai o cara não entendeu nada, né, então eu tive bastante dificuldade. (E: Entendi.)

14) Você acredita que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana?

S: É por isso que eu falo: É (uma dificuldade o fato de que os objetos de estudo de FMC não estão presentes em nossa percepção cotidiana). Por isso que a classe, se for introduzir isto (FMC), a classe tem que estar acostumada com Física, tem que estar preparada pelo próprio professor ir colocando devagar os conceitos.

15) Você se considera capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio?

S: Atividades práticas?

E: Atividades de ensino de uma maneira geral. Pode ser práticas, pode ser de aulas diferentes, digo, com dinâmicas diferentes, expositivas, ou, enfim, de ensino de uma maneira geral.

S: Sim (em termos de se considerar capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio).

16) Você se considera capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Como você faria isto?

S: Motivá-los... Para motivá-los eu deveria, assim, mostrar a eles um porque de eles estarem aprendendo isto, né? Então tem diversas maneiras de procurar despertar a curiosidade deles. Eu acho que sim (em termos de se considerar capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea). Eu proporia algum desafio, alguma coisa, faria alguma pergunta, por que disto, por que daquilo.

17) Você se sentiria seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?

S: Sim (em termos de se sentir seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula).

18) Você se considera capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes? De que forma?

S: Seria (capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes).

E: De que maneira ce acha que isto seria mais fácil de fazer isso? Mais claro?

S: É, tem que começar, tem que fazer com aula expositiva, tem que explicar as teorias. É uma...a Física Moderna é muito teórica, né? E tem que explanar todas estas teorias aos poucos - passo a passo. Procurar mostrar...

19) Você acredita que professores formados mais recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente? Por que?

S: Sim, eu acho que eles (os professores formados mais recentemente) estão mais preparados que os mais antigos (para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente).

E: E qual é a explicação que você daria para este fenômeno?

S: Bom, eu estou presenciando, estou fazendo um curso de Licenciatura recente e eu não sei como os professores mais antigos fizeram na época, né? Eles devem ter visto também, mas por nós estarmos aprendendo a menos tempo que eles aprenderam, então tá mais fresco na mente. Eu acho que isto é uma vantagem para quem fez o curso agora.

20) Você considera que somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

S: Somente com curso de capacitação? Sim, uma Licenciatura ce tá dizendo?

E: Na verdade, eu to pensando num curso de capacitação (J: Uma reciclagem?) Uma ideia que o pessoal chama de reciclagem, de formação continuada de professores, né?

S: Isto (de se fazer cursos de capacitação) ajudaria muito, mas não que isto seja a única forma do professor ser capaz de dar o curso de Física Moderna. A graduação ela tem que ser suficiente. Mas os cursos (de capacitação) que você se referiu ai são muito bem vindos.

21) Você consegue estabelecer uma relação entre a sua formação acadêmica e a sua capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

S: Minha formação acadêmica com a capacidade. Ela é totalmente...a graduação que eu fiz ela me ajudou 100%. Ela me ajudou 100% porque ela abordou vários tópicos...

A.2. Transcrição da Entrevista Final de Saulo

1) O que o motivou a fazer Licenciatura em Física?

S: Foi a possibilidade de poder dar aulas de Física. Física é uma matéria que eu gosto e gosto de ensinar.

2) Você gosta de ser professor de Física? Por que?

S: Gosto, gosto muito de explicar sobre as coisas da natureza, né? Os estados da matéria, tal.

E: Você já deu aula alguma vez?

S: Eu dei aula só particular.

E: Por quanto tempo você deu?

S: Não, assim, tirar dúvidas de alunos que estavam indo mal na escola. Aula de reforço eu dei.

3) Você pretende exercer a profissão de professor depois que terminar a graduação?

S: Sim, pretendo. Pretendo exercer.

E: Imediatamente?

S: Imediatamente, inclusive tá até o concurso aberto aí e eu inscrito pra professor de Física. Se passar eu tô dentro.

4) Para você o que um professor de Física precisa saber e saber fazer para dar uma boa aula?

S: Eu acho que o professor de Física precisa saber o conteúdo, ele precisa saber também trazer a Física para o aluno com coisas do cotidiano do aluno para que o aluno possa estar inteirado no assunto. Falar de Física porque tudo na vida, tudo no mundo envolve Física e ele pode usar, o professor pode usar coisas do cotidiano imediato do aluno para explicar Física. Ele tem que saber fazer isso.

E: Tem mais alguma coisa que você acha que é necessária?

S: Também ele tem que saber improvisar. Caso ele for dar aula de laboratório, fazer algumas maquetes, porque às vezes existem maquetes prontas que são caríssimas, mas ele pode com material barato fazer algumas coisas de Física e ajudar os alunos, incentivar os alunos a fazer em casa também experiências.

5) O que você acredita que seja uma inovação curricular?

S: (Inovação curricular é) Colocar tópicos novos de Física no Ensino Médio.

E: Mais alguma coisa?

S: Também reformular o que está sendo ensinado, melhorar. Fazer mudanças que venham a melhorar o ensino de Física.

6) Você se consideraria capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula?

S: Sim, seria (capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula).

E: Tem alguma coisa a mais?

S: Desde que tenha uma proposta para implementar, né? Ou você tá falando que eu deveria inovar, assim? Por exemplo, se existe uma sugestão, por exemplo, do Estado: vai ter que ensinar, por exemplo, Física de Partículas, aí eu introduzir isso aí. É isso que você tá perguntando, né?

E: Inovações curriculares de uma maneira geral, segundo o seu entendimento.

S: Segundo o meu entendimento, bem, no caso o que eu to querendo dizer é assim, (inovação curricular seria) uma sugestão por exemplo de um órgão aí, sugerir que eu ensine tal coisa que não tem no currículo. Então eu vou me inteirar desta coisa (da inovação), vou procurar aplicar no currículo o conteúdo e transpor isso para o aluno. Sim, eu me considero capaz sim.

7) O que você pensa sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

S: Eu acho muito bom, porém às vezes é complicado para o professor já passar este conteúdo normal - o conteúdo sem a Física Moderna. Agora incluindo a Física Moderna vai ser uma coisa a mais. Então deve haver um remanejamento, uma

reestruturação do conteúdo atual para inserir a Física Moderna. Então que não fique sobrecarregado pro professor também. Então é necessário, para se implementar Física Moderna, dar uma reformulada no que existe hoje.

8) Você acredita que é capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula? Por que?

S: Sim (em termos de ser capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula).

E: E de uma maneira geral, como você faria isto?

S: Procuraria apresentar os tópicos (de FMC) para os alunos, os conteúdos. Procuraria mostrar, assim, as partes para que eles possam entender, né?

E: Então, a pergunta é: selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de FMC. De que maneira você selecionaria estes conteúdos adequados?

S: Eu procuraria ver uma maneira que ficasse mais fácil para os alunos entenderem, né? Não seria uma abordagem profunda, mas mais superficial, mais para os alunos saberem do que se trata que esteja no nível dos alunos de Ensino Médio.

E: Tem mais alguma coisa que você queira falar sobre esta pergunta?

S: Porque Física Moderna tem algumas coisas que é um pouco difícil aproximar para o dia a dia, o cotidiano do aluno. Tem umas coisas de Física Moderna que é um pouco viagem. Então, eu procuraria aproximar o máximo do aluno para ele poder entender e também as ferramentas matemáticas, né? Para poder ajudar o aluno.

9) Quais as dificuldades você acredita que encontraria para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

S: Bom dificuldade vai surgir, né? Acho que uma dificuldade seria aplicação.

E: Em que sentido?

S: (Dificuldade) Onde podia ser usado as coisas: aplicação. Embora tenha bastante aplicação, mas às vezes Física de Partículas, por exemplo, tem coisas que é um pouco difícil de você mostrar uma aplicação para isto, para que serve aquilo.

E: Você acha que o difícil é a aplicação, neste caso, ou uma aplicação próxima deles?

S: (É difícil ter uma aplicação) Próxima deles.

E: No caso específico da Física de Partículas, existe algum outro tópico de Física Moderna que talvez haveria aplicações mais próximas do cotidiano na sua concepção?

S: É, por exemplo, sobre a Óptica Física, né: também é um pouco complicado mas é mais próximo de uma onda, né? Explicar mais as ondas. Agora, por exemplo, a Física de Partículas que nem nós fizemos naquele minicurso tem umas coisas lá que é difícil de ser próximo do cotidiano. Por exemplo, o bóson de Higgs. Um campo. Já acho um pouco complicado para você... Foi complicado pra mim. É uma dificuldade mas não significa que seria impossível, né? É uma dificuldade, assim, um pouco de obstáculo mas dá pra fazer.

10) Você acredita que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos?

S: Sim, às vezes os conceitos clássicos ajudam bastante, mas já começar do zero FÍSICA DE PARTÍCULAS - eu não lembro o que eu respondi antes - mas eu acho que é necessário um pouco de Física Clássica. É necessário sim. Pelo menos um básico.

11) Você se considera capaz de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio?

S: Sim, me considero capaz (de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio).

E: Quais são os tópicos que vocês aprenderam na graduação?

S: Mecânica, aprendemos Cinemática.

E: Ah, mas os de Física Moderna.

S: Ah, os de Física Moderna, ah desculpe. Então, foi no quarto ano mais que

aprendemos né? E aprendemos Óptica Física (sobre a interferência, a outra - qual que é? - a difração), aprendemos sobre Maxwell, sobre o comportamento da luz, interferômetro de Maxwell eu já falei, né? Efeito fotoelétrico, sobre a Relatividade, né? Os conceitos de Albert Einstein, a velocidade da luz como ele chegou. Deixa eu ver agora, é que eu fiz isso em 2008, tá? Sobre o raio-x. É precisaria dar uma relembração, agora eu não to lembrando assim de cabeça de todos os tópicos, puxa vida! Também vimos o comportamento da onda, aquela equação de Schrödinger, vimos sobre Bohr, Rutherford, sobre as órbitas estacionárias dos elétrons.

E: E ai todos esses assuntos você se consideraria capaz de transpor para o EM?

S: Sim, conseguiria (transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio).

12) É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado (todo ou parte) seu formalismo matemático original?

S: Então, a ferramenta matemática ela é quase que necessária, viu? Se for deixar de lado o formalismo matemático vai ficar muito superficial, vai ficar muito qualitativo. Eu acho que é bom quantificar sim. É necessário. Depende do objetivo, se for para ficar muito superficial, dá para excluir os conceitos matemáticos, a ferramenta matemática, só que vai ficar muito superficial, muito qualitativo. Agora tendo a ferramenta matemática, o formalismo vai ficar mais profundo, porém vai ficar mais estruturado. Mas aí é que tá: a pergunta é se dá para fazer. Dá (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado (todo ou parte) seu formalismo matemático original), só que vai ficar muito qualitativo.

13) O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com ideias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem?

S: Acho que representa (um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com

ideias cotidianas).

E: Em que sentido?

S: Do aluno visualizar, tentar entender. Porque o entendimento vem com associações a coisas do cotidiano. É difícil você entender algo extremamente novo (FMC) que não tenha nada em volta. Nada que você possa fazer uma comparação, então é necessário...a pergunta exatamente qual que é mesmo?

E: O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com as ideias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem?

S: É, sim por causa de que é necessário o aluno ter algo para ele fazer uma comparação. E o cotidiano é o melhor que tem. Porque ele está sempre fácil, né? Embora também sem esse cotidiano vai ajudar o aluno a forçar um pouco a imaginação dele. Vai ajudar.

14) Você acredita que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana?

S: Sim. Esse é um dos motivos, você perguntou?

E: Se você acredita que uma das dificuldades de ensinar seria esta: o fato destes objetos não estarem presentes em nossa percepção cotidiana?

S: Sim.

E: Você acha que é possível transpor essa dificuldade deles não estarem presentes em nossa percepção cotidiana?

S: É, mas vai cobrar o tempo né? (para se transpor essa dificuldade deles não estarem presentes em nossa percepção cotidiana) Acho que vai... O custo disto é o tempo. Você vai demorar mais para colocar na cabeça do aluno, porque não deve chegar e enfiar na mente deles isto. Tem que convencer eles e com isso você vai levar tempo para que eles entendam.

15) Você se considera capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de

Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio?

S: Sim, considero (capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio).

E: A partir de todo aquele leque de assuntos que você comentou da Estrutura da Matéria?

S: É. A partir daquele leque (de assuntos aprendidos na disciplina Estrutura da Matéria, considero capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio).

E: De bate e pronto ou você demoraria um certo tempo pra preparar essas atividades?

S: Ah! Precisaria de uma preparação, de um certo tempo (para aprender a criar atividades de ensino sobre tópicos de FMC para o EM). Mas uma vez que você preparou aí na seqüência você vai voltar nos anos seguintes já vai estar tudo em mãos.

16) Você se considera capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Como você faria isto?

S: Me considero (capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea). Ah! Porque falou em alguma coisa assim de Física todo mundo comenta.

E: Comenta bem ou comenta mal?

S: Comenta bem, inclusive no meu serviço lá se você falar de LHC, neguinho já fica tudo falando, sabe? Então isto daí estimula o interesse.

E: Como é que você faria esta motivação destes tópicos de FMC?

S: Eu procuraria talvez algum noticiário abordando algo assim, por exemplo, sei lá, um vazamento radioativo, eu ia procurar fazer associação, alguma coisa assim. Eu ia talvez usar a mídia, usar recursos, usar a internet, alguma coisa pra motivar eles. Está mais fresco na mente a FÍSICA DE PARTÍCULAS que nós fizemos. Falar sobre o televisor antigo e tal. Dá pra ajudar bem.

17) Você se sentiria seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?

S: Sim (se sentiria seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula).

E: Completamente?

S: Plenamente.

E: De bate e pronto?

S: Ai depende da pergunta talvez pode ser que eu não saiba, mas já na próxima aula eu traria a resposta. Mas de bate pronto dá pra responder bastante sim (perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula).

18) Você se considera capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes? De que forma?

S: Considero (ser capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes).

E: Como você faria isto?

S: Para tornar claro os conceitos eu procuraria usar o que eu tenho disponível. Os livros textos, procurar uma ajuda se não conseguir. Tornar claro? Precisaria estudar qual que é a dúvida dele, mas considero capaz sim (de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes).

19) Você acredita que professores formados mais recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente? Por que?

S: Eu acredito que sim (professores formados mais recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente).

E: E qual que é a explicação que dá pra isso?

S: Bom, pelo menos no curso que eu fiz, nós vimos Física Moderna, né? Tivemos um bom conceito, então provavelmente - eu não sei como eram os cursos dos professores do passado, mas não existe ninguém dando aula de Física Moderna até hoje e hoje existe um tipo de um incentivo. Inclusive nosso professor está querendo fazer este trabalho. Eu acho que dá para encarar sim. Eu acho que o professor formado mais recentemente vai estar mais preparado. Os mais antigos estão mais sossegados, mais acomodados eu acho. No geral, é claro.

20) Você considera que somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

S: Ah! É bom, ajuda, né? Eu acho que é necessário um curso de capacitação (para se implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio). É necessário.

E: Sem eles, o que você acha que seria possível?

S: Sem eles (os cursos), seria possível algo bem superficial. Às vezes não ia ser tão bom quanto um professor dando aula com um curso de capacitação, eu acho que seria melhor.

21) Você consegue estabelecer uma relação entre a sua formação acadêmica e a sua capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

S: É. Que foi na minha formação que eu aprendi esses tópicos. Então eles vão me ajudar com certeza, então eu tenho esse embasamento do curso que tem tópicos de Física Moderna e baseado nisto eu posso dar aula.

ANEXO B – Questionários de Saulo

Inicial

MOD. Vano

A física moderna no ensino médio e a formação de multiplicadores dentre professores da rede pública

Núcleo de Pesquisa em Inovações
Curriculares

Questionário **INICIAL**

Nome Completo: Jonas Maragno

Este questionário foi concebido para ajudar-nos a obter um melhor entendimento das crenças dos professores acerca da implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Nas questões abaixo, assinale com um X a lacuna, que mais está em concordância com o que você pensa ou acredita. As lacunas correspondem a:

CP: Concordo Plenamente
C: Concordo
I: Indiferente
D: Discordo
DP: Discordo Plenamente

1	Acredito que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea são muito abstratos e dificilmente entendidos pelos estudantes.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
2	As teorias da Física Moderna e Contemporânea surgiram a partir da incapacidade das teorias da Física Clássica de interpretar alguns resultados experimentais.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
3	Uma dificuldade a ser enfrentada na introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é o fato de seus fenômenos não estarem acessíveis no cotidiano, nem serem passíveis de apresentação em laboratórios didáticos por meio de experimentos simples.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
4	É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mesmo deixando de lado, evidentemente, seu formalismo matemático original.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
5	O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem dos mesmos.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
6	Acredito que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
7	Não acredito ser possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
8	Acredito que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
9	Os professores de Física acreditam que o ensino de Física Clássica deva necessariamente anteceder o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
10	Acredito que o ensino mais eficaz de Física ocorre através da proposição de problemas e exercícios.	CP(); C(x); I(); D(); DP()

ANEXO B – Questionários de Saulo

Inicial

RESPOSTA DUPLA

11	Os professores de Física, em geral, acreditam que inovar os conteúdos de Física em sala de aula é algo desnecessário.	CP(); C(✓); I(); D(✓); DP(✓)
12	Acredito que só é possível se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea a partir da apresentação de problemas e uso de equações.	CP(); C(✓); I(); D(); DP()
13	Eu considero que só é possível avaliar a aprendizagem dos estudantes de Física Moderna e Contemporânea a partir da resolução de problemas fechados. <i>DISCUTIR ISSO COM ETC</i>	CP(); C(); I(); D(✓); DP()
14	Eu me considero capaz de implementar inovações curriculares em meu ensino.	CP(); C(✓); I(); D(); DP()
15	Eu não sou muito eficaz em desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.	CP(); C(); I(); D(); DP(✓)
16	Acredito que sou capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea com meus estudantes.	CP(✓); C(); I(); D(); DP()
17	Eu me considero capaz de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea para meus estudantes.	CP(✓); C(); I(); D(); DP()
18	Eu me considero capaz de compreender conceitos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(✓); C(); I(); D(); DP()
19	Eu me considero capaz de transpor para o Ensino Médio os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação.	CP(); C(✓); I(); D(); DP()
20	Eu sou capaz de criar atividades de ensino de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(✓); I(); D(); DP()
21	Eu sou capaz de motivar meus estudantes através do ensino-aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(✓); C(); I(); D(); DP()
22	Eu sou capaz de responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(✓); C(); I(); D(); DP()
23	Eu me considero capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos meus estudantes.	CP(); C(✓); I(); D(); DP()
24	Para ser um professor inovador é fundamental uma boa formação acadêmica.	CP(✓); C(); I(); D(); DP()
25	Acredito que meu curso de graduação tem fornecido subsídios para que eu possa inserir tópicos de FMC em sala de aula.	CP(); C(✓); I(); D(); DP()
26	Professores recém formados estão mais preparados do que professores formados há muito tempo para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(✓); C(); I(); D(); DP()
27	O tempo dedicado à profissão torna o professor mais preparado para introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(); I(✓); D(); DP()
28	Eu considero que somente mediante cursos de capacitação, o professor de Física pode implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(); I(✓); D(); DP()
29	Eu consigo estabelecer uma relação entre a minha formação acadêmica e a minha capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(✓); C(); I(); D(); DP()

ANEXO B – Questionários de Saulo

Final

Questionário *FINAL*

Nome Completo: Jonas Maragno

Este questionário foi concebido para ajudar-nos a obter um melhor entendimento das crenças dos professores acerca da implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Nas questões abaixo, assinale com um X a lacuna, que mais está em concordância com o que você pensa ou acredita. As lacunas correspondem a:

CP: Concordo Plenamente

C: Concordo

I: Indiferente

D: Discordo

DP: Discordo Plenamente

01. Acredito que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea são muito abstratos e dificilmente entendidos pelos estudantes.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
02. As teorias da Física Moderna e Contemporânea surgiram a partir da incapacidade das teorias da Física Clássica de interpretar alguns resultados experimentais.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
03. Uma dificuldade a ser enfrentada na introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é o fato de seus fenômenos não estarem acessíveis no cotidiano, nem serem passíveis de apresentação em laboratórios didáticos por meio de experimentos simples.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
04. É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mesmo deixando de lado, evidentemente, seu formalismo matemático original.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
05. O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem dos mesmos.	CP(); C(); I(); D(); DP(x)
06. Acredito que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
07. Não acredito ser possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(); I(); D(); DP(x)
08. Acredito que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos.	CP(); C(); I(x); D(); DP()
09. Os professores de Física acreditam que o ensino de Física Clássica deva necessariamente anteceder o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
10. Acredito que o ensino mais eficaz de Física ocorre através da proposição de problemas e exercícios.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
11. Os professores de Física, em geral, acreditam que inovar os conteúdos de Física em sala de aula é algo desnecessário.	CP(); C(); I(x); D(); DP()

ANEXO B – Questionários de Saulo

Final

OK	12. Acredito que só é possível se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea a partir da apresentação de problemas e uso de equações.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
OK	13. Eu considero que só é possível avaliar a aprendizagem dos estudantes de Física Moderna e Contemporânea a partir da resolução de problemas fechados.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
	14. Eu me considero capaz de implementar inovações curriculares em meu ensino.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
	15. Eu não sou muito eficaz em desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
	16. Acredito que sou capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea com meus estudantes.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
	17. Eu me considero capaz de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea para meus estudantes.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
	18. Eu me considero capaz de compreender conceitos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
	19. Eu me considero capaz de transpor para o Ensino Médio os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
	20. Eu sou capaz de criar atividades de ensino de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
	21. Eu sou capaz de motivar meus estudantes através do ensino-aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
	22. Eu sou capaz de responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
	23. Eu me considero capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos meus estudantes.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
	24. Para ser um professor inovador é fundamental uma boa formação acadêmica.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
	25. Professores recém formados estão mais preparados do que professores formados há muito tempo para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
	26. O tempo dedicado à profissão torna o professor mais preparado para introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
	27. Eu considero que somente mediante cursos de capacitação, o professor de Física pode implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
	28. Eu consigo estabelecer uma relação entre a minha formação acadêmica e a minha capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(x); I(); D(); DP()

ANEXO C – Entrevistas de Roberto

C.1. Transcrição da Entrevista Inicial de Roberto

1) O que o motivou a fazer Licenciatura em Física? Por que?

R: Primeiro, foi o horário de oferecimento do curso, noturno, eu precisava trabalhar; outro eu tinha empatia com a Física, fazia bacharel, trabalhava. Eu mudei para a Licenciatura, mais porque era noturno. Eu sempre gostei de dar aulas também. Sempre gostei. Unir o útil ao agradável.

2) Você gosta de ser professor de Física? Por que?

R: Sim.

3) Você pretende exercer a profissão de professor depois que terminar a graduação?

R: Pretendo - não imediatamente - por que eu tenho já um emprego razoavelmente estável, mas surgindo oportunidade eu não pretendo perder.

4) Para você o que um professor de Física precisa saber e saber fazer para dar uma boa aula?

R: Além dos conteúdos? É claro que ele precisa saber muito bem os conteúdos acho que principalmente no Ensino Médio ele tem que saber muito bem os conteúdos porque o conteúdo de Física é extenso. Mas, além disso, tem que ter, também para preparar saber bastante sobre... como eu diria... Bom enfim, ele precisa é saber como contextualizar o conteúdo que ele aprendeu para o cotidiano do aluno. Senão ele vai boiar. É bem complexo e bem extenso.

5) O que você acredita que seja uma inovação curricular?

R: Uma inovação curricular? Seria uma proposta de um currículo inovadora, uma proposta nova, e que mudasse o rumo do ensino de Física.

6) Você se consideraria capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula?

R: Eu me sentiria capaz, sim. Gostaria muito, aliás, de participar de um processo deste tipo.

7) O que você pensa sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

R: Eu acho que ela é necessária, mas ainda eu não consigo ver como fazer na prática. Mas que eu concordo que tem que ser implementada, eu concordo. Não sei como ensinar para um aluno de Ensino Médio.

8) Você acredita que é capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula? Por que?

R: Se eu tiver um certo tempo para pensar em como fazer eu acho que não teria problemas dependendo é claro do conteúdo, eu não domino todos os conteúdos da Física Moderna e Contemporânea, mas a grande maioria eu me sentiria capaz. Tendo um tempo para preparar alguma coisa, para saber o como passar isso para os alunos eu acho que conseguiria sim.

9) Quais as dificuldades que você acredita que encontraria para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

R: Primeiro porque eu aprendi Física Moderna de uma forma não didática para alunos do ensino médio. Eu, em princípio, o que você faz é passar do jeito que você aprendeu. Nesta hora não dá porque os alunos não vão ter as ferramentas, principalmente matemáticas, para entender o que eu vou ensinar. Então, o que eu precisaria fazer era justamente adaptar como eu vou ensinar o que eu aprendi sem a matemática, mas dá para ser de uma maneira qualitativa, ou com um arsenal matemático menor do que foi aprendido na graduação. Acho que o caminho é este, mas tem que ser muito bem pensado, senão vai ficar artificial. Você vai passar, mas não vai ter o efeito, o aluno não vai ter aprendido.

10) Você acredita que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos?

R: Não, acho que pode ser desta maneira ou pode ser sem pré-requisitos também. Eu acho que o preferível é o aluno ter aprendido o clássico, porque o clássico

dependendo do conteúdo é mais do cotidiano. Por exemplo, a parte de Einstein, para altas velocidades ou para altas massas. Altas velocidades não é uma coisa do cotidiano, então a clássica vale para um limite de velocidade. Pro que não vale a clássica, vale a quântica, pro que não vale a clássica, vale a relatividade, que são as duas pontas ali, são as generalizações da teoria, mas, neste caso, por exemplo, é válido você ter o pré-requisito da Física Clássica, agora para Radiações, por exemplo, é indiferente, você pode já introduzir direto porque eles não vão ter mesmo a bagagem teórica no Ensino Médio é impossível de dar. Principalmente de teorias de campo, este tipo de coisa no Ensino Médio não tem como. Radiações já podia enfiar direto nos alunos aí.

11) Você se considera capaz de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio?

R: Eu me acho capaz sim, eu precisaria claro é de tempo para adaptar, mas eu tenho certeza que é possível de fazer. Precisava de cobaia, né? Para ver se funciona.

12) É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado (todo ou parte) seu formalismo matemático original?

R: Eu não sei como, mas eu acho que é possível, senão os alunos... Eles pegam um celular na mão, eles não sabem bem como funciona, mas eles sabem que é um tipo de interação à distância, que não tem fios em torno dele. Ali tem um monte de Física Moderna envolvida, aplicada ali no aparelho cotidiano deles. Dá pra fazer muita coisa, na verdade. É questão de sentar e pensar como fazer.

13) O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com ideias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem?

R: É, com certeza é um dificultante, um limitador até dependendo do conceito que precisa ser rompido porque é difícil você inserir uma coisa artificial que quebra um conceito real, do cotidiano do aluno, principalmente no Ensino Médio, que é uma fase ainda que eles não tem firmes os conceitos de Física.

14) Você acredita que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana?

R: É bem um obstáculo, principalmente para alunos que vem de um ensino não muito bom, que não tenham as bases, que não tenham um bom modelo de átomo, ou então alguém que não tem o conceito muito bom de energia formado, fica difícil. São coisas abstratas estes conceitos. Para você abstrair mais ainda em cima de conceitos que já são abstratos fica quase impossível

15) Você se considera capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio?

R: Gostaria muito de participar, inclusive.

16) Você se considera capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Como você faria isto?

R: Claro que eu acho, eu acho que é a principal parte, a parte mais motivante da Física é a Física Moderna. É a Física que você pega aí os últimos cem anos que é a parte que a gente vê aplicada em todos os lugares da indústria de ponta, em todos os lugares você vê a Física dos últimos cem anos. A Física do Newton você só na vê na verdade no Ensino Médio. Só no Ensino Médio você vê.

17) Você se sentiria seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?

R: Me sinto seguro. Tenho convicção que saberia responder a maioria e as que eu não souber, a gente vai procurar ou se orientar sobre referências possíveis.

18) Você se considera capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes? De que forma?

R: Sim, é claro que tem um ou outro conceito que eu não vou saber de pronto assim, mas, com certeza, eu tenho boas referências, eu sei onde procurar o que eu não sei, então não teria problema não. Eu preciso, é claro, de algo. De pronto, talvez eu não saiba, mas é questão de tempo até eu achar.

19) Você acredita que professores formados mais recentemente estão mais

preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente? Por que?

R: Eu acredito que agora que começou a ser discutido, principalmente a Proposta do Estado de São Paulo e a Nacional também, o Parâmetro Curricular Nacional que tem os temas inseridos começou...os professores da rede pública começaram a discutir isso agora. No meio acadêmico já acredito que era discutido há algum tempo a mais, mas por isto, por este motivo eu acredito que os professores que estão se formando agora são privilegiados, porque o curso deles os professores já comentam isto e eles já tem esta preocupação. Pelo menos o contato com o problema dentro da escola, antes de se formar.

20) Você considera que somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

R: Ah, sim, tem que ser com curso de capacitação. Porque, tem professor, que está há 15 anos dando aula - currículo tradicional no Estado. É praticamente impossível você mudar o esquema desse professor se você não mostrar que isto é importante ou então obrigatório, né? - já que faz parte do currículo obrigatório do Estado, hoje em dia, do Estado de São Paulo - ele não vai mudar, ele vai fazer do jeito que ele fez e deu certo durante os últimos 15 anos. Você vai ter que mostrar pra ele que é importante ou obrigatório e mostrar como fazer. Como fazer, o que não é algo simples, né? É uma coisa complicada, na verdade.

21) Você consegue estabelecer uma relação entre a sua formação acadêmica e a sua capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

R: Eu acho que tem a ver com a minha formação principalmente agora no último ano essa capacidade sim porque eu tive contato, mais contato com a Física Moderna, principalmente com o Ensino de Física Moderna agora no último ano. Antes, no começo não se discutia isto, nos primeiros três anos não era discutido o assunto. As disciplinas de Física Moderna são todas oferecidas no último ano. Antes você teve um contato com um tema ou com outro tema mais vagamente ou porque foi necessário pra tratar de outro problema. Então o contato foi bem agora no último

ano mesmo. Então tem uma relação sim direta do curso com a habilidade, com essa capacidade que eu acredito que eu tenha de abordar os conteúdos de Física Moderna.

B.2. Entrevista Final de Roberto

1) O que o motivou a fazer Licenciatura em Física? Por que?

R: Eu queria mudar o horário do curso e sempre gostei de dar aulas, já vinha trabalhando dando aula particular. Só uni o útil ao agradável. Tava trabalhando muito de dia, fazia bacharel de dia e não tinha outro curso que eu podia fazer noturno ligado à Física né? Então eu uni a educação, que é o que eu gostava já, com a Licenciatura noturna.

E: Você já dava aula na época?

R: Aula particular.

2) Você gosta de ser professor de Física? Por que?

R: Gosto, gosto muito. Se eu puder eu vou ter como profissão ainda isso.

3) Você pretende exercer a profissão de professor depois que terminar a graduação?

R: Pretendo assim que eu achar um salário que eu considere suficiente pra mim, eu deixo meu emprego para ser professor.

4) Para você o que um professor de Física precisa saber e saber fazer para dar uma boa aula?

R: Além de saber o conteúdo todo proposto nos currículos, tem que ter... É basicamente tem que saber todo o conteúdo e saber interpretar quais são as dúvidas dos alunos, saber ouvir os alunos. É claro que vai depender do número de alunos na turma, né? Tem horas que você vai dar palestra e não aula. Você não tem retorno, mas eu acho que basicamente você tem que saber bem os conteúdos.

5) O que você acredita que seja uma inovação curricular?

R: Inovação curricular é quando você traz um fato novo para o currículo, ou seja, você está tentando inserir no currículo uma coisa que ele antes não tinha. Para mim é isso inovação curricular. É inserir um novo assunto, um novo tópico. Tem um currículo fechado, você vai inserir mais uma coisa dentro daquele currículo fechado.

6) Você se consideraria capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula?

R: Eu me considero capaz, sim. Eu acho que eu aprendi bem durante a graduação. Eu me considero totalmente capaz. É claro que vai depender muito do conteúdo em si, mas nada que eu não possa aprender para poder implementar. Eu me considero capaz.

7) O que você pensa sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

R: Eu acredito que é muito importante. Eu acho que já deveria ter sido feito antes inclusive. Eu não tive esta oportunidade. Ainda mesmo durante o curso de graduação tem alguns tópicos de FMC que eu não vi, mas eu acho muito válido e é o que condiz com o que os alunos, com o que a sociedade precisa hoje, na minha opinião pelo menos.

8) Você acredita que é capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula? Por que?

R: Eu acredito. Eu acredito sim que eu sou capaz. Tem até alguns que eu sou capaz de fazer isso agora. Tem alguns que eu já domino o conteúdo e que eu sei como fazer a transposição já, mas a maioria dos tópicos eu teria que dar uma olhada e bolar um jeito de inserir.

E: E o critério de seleção que você utilizaria, qual seria para selecionar estes conteúdos adequados?

R: É claro que eu olharia com muito carinho os documentos oficiais, do governo do Estado, ou do MEC e é claro que eu vou dar preferência para aquilo que eu gosto mais se eu fosse escolher. Então eu ia dar preferência, por exemplo, para Física de Partículas. Eu ia dar preferência para coisas relacionadas com teoria de campos, eletromagnetismo, então claro que eu ia mais em busca do meu perfil, mas eu iria olhar com muito carinho os documentos oficiais.

9) Quais as dificuldades você acredita que encontraria para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

R: Principalmente acho que a falta de referência. Você não sabe como abordar, é uma coisa difícil, quer dizer, você tem que pressupor que os alunos não têm aquele conhecimento matemático numa área que precisa, não que seja extremamente necessário, mas a dificuldade é justamente esta, você tirar a matemática da coisa e ainda tornar ela importante para o aluno saber, para a sociedade.

10) Você acredita que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos?

R: Eu acredito que tem vantagens sim, mas não que seja necessário, eu não colocaria como pré-requisito, mas não que não tenha vantagens, eu acho que tem vantagens você ensinar a clássica antes da moderna porque os alunos acabam trabalhando com coisas mais concretas, do que trabalhar com conteúdos bem abstratos de FMC. Alguns nem tão abstratos, mas a maioria são bem mais abstratos que os conceitos clássicos.

11) Você se considera capaz de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio?

R: Eu acredito que sim. Eu só tenho experiência, por enquanto, com a FÍSICA DE PARTÍCULAS, mas eu acho que sentando para olhar como fazer, eu acho que eu consigo com outros tópicos também. Talvez eu precise da ajuda de outras pessoas, recorrer a algumas referências, mas eu acredito que eu sou capaz de fazer isso.

E: Com os tópicos que você aprendeu em Estrutura da Matéria?

R: Eu acredito que, por exemplo, Radiação do Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico, essas coisas eu tenho uma boa base, eu conseguiria olhando para aquilo que eu já fiz, eu conseguiria bolar um jeito, talvez complicado, talvez não, mas eu conseguiria fazer alguma coisa válida para ensinar no Ensino Médio.

12) É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado (todo ou parte) seu formalismo matemático original?

R: Essa acho que é a grande questão. Eu tenho certeza que é possível, mas acho que é o maior dos obstáculos porque o formalismo matemático acaba trazendo a abstração para o mundo concreto, pelo menos para quem entende matemática. Quando a pessoa não entende - e você não espera isso de um aluno de Ensino Médio - você tem que ter uma estratégia para atingir aquele objetivo, para driblar o formalismo matemático e driblar as dificuldades de abstração dos conteúdos. Não é fácil, mas eu acho que é aí que está a chave. Justamente tirar a matemática da coisa.

E: Para todos os conteúdos ou para alguns especialmente?

R: Não todos, eu acredito que os de maior dificuldade no formalismo matemático são a parte de Radiações, que é uma parte grande. A parte de Física de Partículas não há uma maneira de fazer, não tem como inserir nada de matemático no Ensino Médio porque a matemática que é necessária ali é muito abstrata. Eu acredito que não todos, mas a maioria sim precisa de um rigor matemático forte. Eu vou citar a Radiação do Corpo Negro, por exemplo, não precisa tanto da matemática. Dá para ensinar com a Matemática do Ensino Médio, o efeito fotoelétrico mesmo é um pouco mais difícil, mas mesmo assim dá para ensinar, ou seja, se você pegar um aluno do terceiro ano eu acredito que tenha matemática suficiente para desenvolver o efeito fotoelétrico, radiação do corpo negro. Mas a maioria das coisas, você começa a fazer conta com função de onda, por exemplo, perde o sentido no Ensino Médio, eles não sabem derivar bem, integrar bem, fazer contas, olhar aquela função como uma onda física mesmo, perde o sentido, fica abstrato, ou seja, não vai fazer sentido para eles. Eles pode até fazer a conta, mas não sabem o que eles estão fazendo. Não todos, mas muitos deles precisam.

13) O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com ideias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem?

R: É um obstáculo, mas eu acho que pode ser usado como motivação isso. É claro que vai depender muito do assunto e de como você coloca. Você pode usar para quebrar justamente. Você faz uma pergunta sabendo que o cara vai responder o que é óbvio, só que o que é óbvio não é verdade, aí você faz uma demonstração, ou

mostra um vídeo curto, ou faz um experimento. Tem que ter uma maneira de provar que aquilo que era óbvio não é certo, não é o que acontece. Ai você quebrou e usou como motivação, eu acredito que não é difícil fazer isso com a maioria dos conteúdos, mas o difícil, sim, é achar um exemplo para cada tópico, né? Mas eu acredito que dá para usar como motivação, mas é um obstáculo sim. Quanto mais abstrato, maior é o pulo que você tem que dar.

14) Você acredita que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana?

R: Não, eu acho que tem muitos que estão presentes, talvez não todos, então não é um obstáculo, têm muitos que estão presentes, você consegue exemplificar com coisas do cotidiano, mais da metade com certeza dos tópicos de Física Moderna, mas tem muitos que não estão presentes também e para esses se torna um obstáculo porque você não consegue trazer um exemplo que vá fazer sentido para o aluno.

E: Diferencia um pouco pra mim, o que você vê que está no cotidiano de alguma coisa que você não vê. Um ou outro exemplo.

R: Vamos ver! FÍSICA DE PARTÍCULAS, por exemplo, não é uma coisa do cotidiano na minha concepção. É claro que acaba sendo de interesse porque dependendo de como você faz, acaba despertando o interesse do aluno, mas não é uma coisa do cotidiano você falar de hádron, falar de partículas, de novas tabelas periódicas, então não é muito do cotidiano dos alunos. Tem outras coisas também, eu diria também que a parte de MQ não faz muito sentido porque eles não tem a ideia do que é a Ciência em si. Para a Quântica já trabalha com uma parte estatística da coisa. Então funções estatísticas de probabilidade, então fica muito mais vago do que a Ciência é em si, é uma coisa difícil de trazer um exemplo, a não ser fazendo um experimento na frente deles e mostrando o resultado, mas não tem um exemplo do cotidiano. Não me vem pelo menos neste momento, então é este tipo de coisa.

E: E alguma coisa que você comentou que está no cotidiano? Em termos de aplicações ou de conceitos que estão no cotidiano?

R: Os dois. Se você conseguir achar uma aplicação que faça parte do cotidiano do aluno ou um conceito que faça parte do cotidiano do aluno, já é válido. É que tem tópicos que são bem difíceis de você achar uma coisa que faça sentido. Se você conseguir encontrar para todos, talvez seja possível, eu não sei te dizer se é possível, mas talvez seja possível encontrar para todos. Ai é uma questão do tempo que você vai gastar procurando às vezes, mas eu trabalho muito com a ideia de exemplificar com um exemplo que faça sentido. Se você fala uma coisa numa turma, você vê aquele monte de interrogação na cara dos alunos, quer dizer que não fez sentido o que você falou para eles. Você tem que trazer então alguma coisa que tenha no mundo deles ali, naquele ambiente que eles estão acostumados, no cotidiano deles.

15) Você se considera capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio?

R: Eu acredito que sim, é uma coisa trabalhosa, porque você tem poucas referências, mas eu acredito que sim, é uma coisa trabalhosa, você vai ter que testar para ver se funciona, então é uma coisa que talvez demoraria um certo tempo, mas propor eu conseguiria facilmente. Talvez não funcione, mas eu teria propostas.

16) Você se considera capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Como você faria isto?

R: Eu me considero capaz sim, como eu gosto do assunto, então para mim já é uma coisa que me motiva. Isso facilita com que eu motive outras pessoas também, eu mostro onde que vai ser importante para elas talvez com brincadeiras ou coisas que façam sentido para o ambiente delas. Eu acho que eu sou capaz sim.

17) Você se sentiria seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?

R: É, não de todo conteúdo, mas de uma grande parte deles eu me sinto seguro sim, ou então talvez algumas coisas eu tenha que dar uma olhada. Detalhes assim que eles possam me pegar desprevenidos, mas de uma forma geral eu me sinto preparado para abordar os conteúdos sim.

18) Você se considera capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e

Contemporânea aos estudantes? De que forma?

R: Eu me considero capaz. Para mim já faz sentido, então é uma questão só de transpor.

E: Como é que você pensa essa transposição de uma maneira geral?

R: Eu acho que é uma coisa que vai depender muito da turma e das idades dos alunos. É, eu tenho que olhar para a cara deles e fazer perguntas, eu não sei se vai funcionar, mas que eu me considero capaz, eu me considero de fazer essa transposição.

19) Você acredita que professores formados mais recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente? Por que?

R: Eu acredito que sim já que está sendo introduzido nos currículos das Licenciaturas, ou seja, o professor de uma maneira geral eu considero que tem resistência em inserir novos conteúdos. Eu mesmo acho que resistiria em modificar o currículo, ou seja, se isto fez parte da minha formação, para mim não é uma modificação então.

20) Você considera que somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

R: Eu acredito que um curso de capacitação é necessário. Talvez com um material bem escrito, testado, ou seja, fruto de uma pesquisa, seja capaz, mas talvez do interesse dos professores. Tem alguns professores que se interessam. Tem outros que já não. Aqui, se for pegar a nossa realidade do Estado de São Paulo, tem 50% de temporários. Os temporários, é claro que não tem interesse, o cargo não é deles. Talvez os titulares de cargo estejam mais à vontade com isso, talvez eles resistam mais por não ter obrigações. A única coisa que eles tem de obrigações é cumprir a carga horária. Mas eu acredito que um curso, não importa se escrito ou presencial é importante sim. Não simplesmente modificar um currículo e falar, ó, cumpra-se isto. Isto não funciona. Deste jeito não. Algo tem que existir. É. Você não pode falar: esses conteúdos vão fazer parte da grade do ano que vem. Você não pode fazer isto

no fim do ano e já falar para os professores aplicarem no ano que vem que não tem material didático. Até tem um ou outro livro didático que traz, mas são poucos e as abordagens são diversas. Eu acredito que deve ter saído em edital agora de livro didático isso que é um assunto bem novo, né? Então o professor acaba ficando sem referência.

21) Você consegue estabelecer uma relação entre a sua formação acadêmica e a sua capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

R: Eu considero que tem muita ligação. Uma parte é do meu interesse, eu diria 20% do meu interesse no assunto e 80 % a minha formação. Com certeza tem uma ligação direta com a minha formação sim. Certeza disto.

ANEXO D – Questionários de Roberto

Inicial

A física moderna no ensino médio e a formação de multiplicadores dentre professores da rede pública"

Núcleo de Pesquisa em Interações
Curriculares

Questionário INICIAL

Nome Completo:

Este questionário foi concebido para ajudar-nos a obter um melhor entendimento das crenças dos professores acerca da implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Nas questões abaixo, assinale com um X a lacuna, que mais está em concordância com o que você pensa ou acredita. As lacunas correspondem a:

CP: Concordo Plenamente

C: Concordo

I: Indiferente

D: Discordo

DP: Discordo Plenamente

1. Acredito que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea são muito abstratos e dificilmente entendidos pelos estudantes.	CP() ; C(☒); I() ; D() ; DP()
2. As teorias da Física Moderna e Contemporânea surgiram a partir da incapacidade das teorias da Física Clássica de interpretar alguns resultados experimentais.	CP() ; C() ; I(☒); D() ; DP()
3. Uma dificuldade a ser enfrentada na introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é o fato de seus fenômenos não estarem acessíveis no cotidiano, nem serem passíveis de apresentação em laboratórios didáticos por meio de experimentos simples.	CP() ; C(☒); I() ; D() ; DP()
4. É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mesmo deixando de lado, evidentemente, seu formalismo matemático original.	CP(☒); C() ; I() ; D() ; DP()
5. O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem dos mesmos.	CP() ; C(☒); I() ; D() ; DP()
6. Acredito que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana.	CP() ; C(☒); I() ; D() ; DP()
7. Não acredito ser possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP() ; C() ; I() ; D() ; DP(☒)
8. Acredito que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos.	CP() ; C() ; I(☒); D() ; DP()
9. Os professores de Física acreditam que o ensino de Física Clássica deva necessariamente anteceder o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(☒); C() ; I() ; D() ; DP()
10. Acredito que o ensino mais eficaz de Física ocorre através da proposição de problemas e exercícios.	CP() ; C(☒); I() ; D() ; DP()

ANEXO D – Questionários de Roberto

Inicial

1	Os professores de Física, em geral, acreditam que inovar os conteúdos de Física em sala de aula é algo desnecessário.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	ok/1
12	Acredito que só é possível se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea a partir da apresentação de problemas e uso de equações.	CP(); C(); I(x); D(); DP()	
13	Eu considero que só é possível avaliar a aprendizagem dos estudantes de Física Moderna e Contemporânea a partir da resolução de problemas fechados. <i>DISCUTIR ISSO COM ELE!</i>	CP(); C(); I(); D(x); DP()	
14	Eu me considero capaz de implementar inovações curriculares em meu ensino.	CP(x); C(); I(); D(); DP()	
15	Eu não sou muito eficaz em desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	
16	Acredito que sou capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea com meus estudantes.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	
17	Eu me considero capaz de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea para meus estudantes.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	
18	Eu me considero capaz de compreender conceitos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(x); C(); I(); D(); DP()	
19	Eu me considero capaz de transpor para o Ensino Médio os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	
20	Eu sou capaz de criar atividades de ensino de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	
21	Eu sou capaz de motivar meus estudantes através do ensino-aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	
22	Eu sou capaz de responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	
23	Eu me considero capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos meus estudantes.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	
24	Para ser um professor inovador é fundamental uma boa formação acadêmica.	CP(x); C(); I(); D(); DP()	
25	Acredito que meu curso de graduação tem fornecido subsídios para que eu possa inserir tópicos de FMC em sala de aula.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	
26	Professores recém formados estão mais preparados do que professores formados há muito tempo para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(x); C(); I(); D(); DP()	
27	O tempo dedicado à profissão torna o professor mais preparado para introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(); I(x); D(); DP()	
28	Eu considero que somente mediante cursos de capacitação, o professor de Física pode implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	
29	Eu consigo estabelecer uma relação entre a minha formação acadêmica e a minha capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(x); I(); D(); DP()	

ANEXO D – Questionários de Roberto

Final

Questionário *FINAL*

Nome Completo: [REDACTED]

Este questionário foi concebido para ajudar-nos a obter um melhor entendimento das crenças dos professores acerca da implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Nas questões abaixo, assinale com um X a lacuna, que mais está em concordância com o que você pensa ou acredita. As lacunas correspondem a:

CP: Concordo Plenamente

C: Concordo

I: Indiferente

D: Discordo

DP: Discordo Plenamente

OK	01. Acredito que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea são muito abstratos e dificilmente entendidos pelos estudantes.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
OK	02. As teorias da Física Moderna e Contemporânea surgiram a partir da incapacidade das teorias da Física Clássica de interpretar alguns resultados experimentais.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
OK	03. Uma dificuldade a ser enfrentada na introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é o fato de seus fenômenos não estarem acessíveis no cotidiano, nem serem passíveis de apresentação em laboratórios didáticos por meio de experimentos simples.	CP(); C(); I(x); D(); DP()
OK	04. É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mesmo deixando de lado, evidentemente, seu formalismo matemático original.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
OK	05. O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem dos mesmos.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
OK	06. Acredito que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana.	CP(); C(); I(x); D(); DP()
OK	07. Não acredito ser possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(); I(); D(); DP(x)
OK	08. Acredito que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos.	CP(); C(x); I(x); D(); DP() <i>alterado</i>
OK	09. Os professores de Física acreditam que o ensino de Física Clássica deva necessariamente anteceder o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
OK	10. Acredito que o ensino mais eficaz de Física ocorre através da proposição de problemas e exercícios.	CP(); C(); I(x); D(); DP()
OK	11. Os professores de Física, em geral, acreditam que inovar os conteúdos de Física em sala de aula é algo desnecessário.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
OK	12. Acredito que só é possível se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea a partir da apresentação de problemas e uso de equações.	CP(); C(); I(x); D(); DP()

ANEXO D – Questionários de Roberto

Final

OK 13. Eu considero que só é possível avaliar a aprendizagem dos estudantes de Física Moderna e Contemporânea a partir da resolução de problemas fechados.	CP(); C(); I(); D(); DP(x)
14. Eu me considero capaz de implementar inovações curriculares em meu ensino.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
15. Eu não sou muito eficaz em desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
16. Acredito que sou capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea com meus estudantes.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
17. Eu me considero capaz de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea para meus estudantes.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
18. Eu me considero capaz de compreender conceitos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
19. Eu me considero capaz de transpor para o Ensino Médio os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
20. Eu sou capaz de criar atividades de ensino de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
21. Eu sou capaz de motivar meus estudantes através do ensino-aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
22. Eu sou capaz de responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
23. Eu me considero capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos meus estudantes.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
24. Para ser um professor inovador é fundamental uma boa formação acadêmica.	CP(x); C(); I(); D(); DP()
25. Professores recém formados estão mais preparados do que professores formados há muito tempo para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
26. O tempo dedicado à profissão torna o professor mais preparado para introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(); I(x); D(); DP()
27. Eu considero que somente mediante cursos de capacitação, o professor de Física pode implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
28. Eu consigo estabelecer uma relação entre a minha formação acadêmica e a minha capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(x); I(); D(); DP()

ANEXO E – Entrevistas de Ana

E.1. Transcrição da Entrevista Inicial de Ana

1) O que o motivou a fazer Licenciatura em Física? Por que?

A: Bom, no ensino médio eu era muito boa em exatas, principalmente em física, matemática, e eu prestei o curso de licenciatura, não porque eu queria licenciatura, mas porque era mais fácil de entrar e eu tinha uma bolsa no terceiro colegial e que eu ia de graça na escola então eu tinha que dar um nome para a escola, então eu prestei licenciatura porque era fácil de passar porque eu tinha que dar o nome para a escola, e eu prestei um curso noturno porque eu achei que ia ter que trabalhar de manhã para me sustentar aqui, por isso que prestei Licenciatura em ciências exatas, na verdade na época eu queria física médica, não queria licenciatura, mas eu acho que é um trabalho muito legal agora que estou começando a dar aula, eu gosto.

2) Você gosta de ser professor de Física? Por que?

A: Eu gosto, não sei se tenho talento para isso, agora que vou saber. Eu gosto porque eu gosto de falar, de conversar, de expor idéias. E de física mesmo, eu dei aula já no Álvaro Guião e foi legal, eles gostaram da minha aula. Não sei porque que eu gosto de dar aula.

3) Você pretende exercer a profissão de professor depois que terminar a graduação?

A: Então, depois que terminar, quero fazer mestrado. E depois não sei.

M: Mestrado em alguma área específica?

A: Mas não vou fazer em física não, vou fazer na parte de Biologia.

4) Para você o que um professor de Física precisa saber e saber fazer para dar uma boa aula?

A: Eu acho que principalmente saber de todos os conceitos exatos, conceito do que que é, saber a matéria que vai dar aula, e principalmente acho que entender o que o aluno sabe, saber o conhecimento prévio que ele já tem, e a partir daí introduzir as

novas aprendizagens.

M: Saber fazer é saber entender o aluno então?

A: (O professor) Tem que saber entender o aluno, tem que saber modificar o conhecimento prévio dele, você tem que modificar mesmo.

5) O que você acredita que seja uma inovação curricular?

A: Olha, eu acho que está tudo errado no Ensino Médio, eu acho que o número de aulas teria que ser maior, eu acho que a Educação Física teria que ser a tarde, no período contrário e eu acho que tem que ser assim, porque senão não dá para dar toda a matéria de física.

M: Inovação seria uma mudança nessa estrutura de aula?

A: Sim

M: Então quando a gente fala em inovação, a gente tá falando de mudança de currículo mesmo, de matéria que você vai dar aula, repensar quais as matérias que você vai abordar em uma aula.

A: É, eu acho que práticas experimentais são o que faz com que o aluno se interesse muito, eu acho que isso deveria ser dado e não é dado, é dado muito lousa e giz, e aluno tá cansado disso, não é muito legal para eles, eles não prestam atenção como quando você vai lá e dá uma prática, então eu acho que isso teria que, não sei exigência, mas deveria ter, e é uma coisa que para o professor dá trabalho, preparar aula, comprar os produtos que tem que comprar às vezes, e pro professor dá trabalho porque você tem que fazer em casa antes de passar para o aluno e isso eu acho que seria muito bom.

6) Você se consideraria capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula?

A: Sim, uma prática experimental acho que eu sou capaz sim.

7) O que você pensa sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

A: Eu acho que é legal (a inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio) , mas como

eu falei, tem que ser dado o que tem que ser dado né, a física básica, sem ser a física moderna inteira também, para inserir a física moderna tem que ter aquilo que eu te falei, educação física no período contrário.

M: Fazer mudanças para aumentar o número de aulas?

A: Isso, fazer mudanças (no número de aulas) para conseguir dar física moderna.

M: Aí essas mudanças ajudariam então a dar toda a física básica, a física clássica, e conseguir com esse tempo a mais inserir a moderna então?

A: Sim, eu acho que sim.

8) Você acredita que é capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula? Por que?

A: Então o que eu aprendi de física moderna até agora foi relatividade e agora eu estou começando a aprender óptica né, parte de difração e interferência, então eu não tenho noção geral ainda de física moderna sabe, para saber o que dar.

M: Então, mas dessa parte você acha que tem alguma?

A: Eu acho que relatividade eu acho que é legal sim.

M: Pelo contexto, pelo conceito...

A: É, pelo conceito que é um pouquinho parecido com o que a gente começa a aprender na física né, eu acho que é bem interessante sim.

9) Quais as dificuldades que você acredita que encontraria para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

A: Principalmente (dificuldades em inserir FMC no EM) com relação ao conteúdo e tempo de aula né, com o tempo que a gente tem não dá pra organizar os conteúdos.

10) Você acredita que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos?

A: Eu acho que sim, eu acho que sim.

M: Você acha que isso tem que acontecer para todos os conteúdos de física moderna.

A: É, eu acho que para relatividade acho que você tem que aprender as equações do sorvete, para depois entender isso, eu acho que sim. Agora as outras coisas eu não tenho muita noção assim. Interferência e difração, hum.. é, eu acho que (o aluno) tem que aprender (FC antes para aprender FMC) sim. Posso estar errada, mas é o que eu acredito até agora.

11) Você se considera capaz de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio?

A: Eu acho que por enquanto eu acho que eu não seria capaz não.

M: Porque ?

A: Porque .. ah, sei lá porque... é, eu não sei falar o porque. Porque, primeiro que agora eu to começando a..

M: Precisa organizar um pouco os pensamentos..

J: É, eu acho que eu preciso ver mesmo como é dado, pegar um livro, vamos supor, nos livros de Ensino Médio como que é dado, fazer uma análise nos livros didáticos, como que é dada a física moderna, para a partir daí ver como que é (que se transpor tópicos de FMC para o EM), porque eu não sei diferenciar ainda o ensino na graduação de física moderna e o ensino médio, porque até agora eu não tive física moderna no ensino médio e até agora eu não estudei ainda essa parte de física moderna na graduação no ensino médio..

12) É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original?

A: Eu acho que dá sim, pega mais o contexto mesmo, não precisa dar aquelas derivadas, aquelas coisas.

13) O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem?

A: É, eu acho que talvez. Depende do aluno, acho que seria (adequado) para um terceiro colegial mais ou menos. Eu acho que eles são capazes de entender sim.

14) Você acredita que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana?

A: É um pouco abstrato né, relatividade é um pouco abstrato. Depende, se você tiver uma maneira de ensinar, uma maneira que eles conseguem enxergar, acho que não tem esse problema. Eu acho que tudo vai do professor, acho que se o professor consegue ensinar, fazer um plano de aula legal, que ele possa entender essa abstração, acho que dá perfeitamente.

15) Você se considera capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio?

A: Ah, eu acho que sim, eu acho que eu conseguiria sim, fazer uma aula legal.

M: Aprender um pouco mais assim, procurar um pouco mais nos livros didáticos?

A: É, eu precisaria estudar sabe, ver como que é, para conseguir montar uma coisa.. eu agora não estou preparada. Se eu precisar agora montar uma aula para ele entender, eu não estou preparada para isso, de jeito nenhum. Preciso pesquisar bastante para conseguir montar uma aula assim.

16) Você se considera capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Como você faria isto?

A: Ah, eu acho que sim, eu acho que desde que o aluno tenha vontade de estudar, eu acho que é capaz de aprender física moderna.

M: Como você faria isso?

A: Eu falaria que a física moderna é uma física, se você aprende física clássica, vai aprender física moderna também, eu faria assim, se o aluno tem vontade ele vai aprender física moderna assim como ele vai aprender física clássica.

17) Você se sentiria seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre

Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?

A: As perguntas são feras né, não sei não viu, mas eu acho que assim, se eles me perguntassem algo que eu não sei, eu falaria, isso aí eu não sei e trago para você na próxima aula. Mas o que eles perguntarem, se eu souber eu respondo, se eu não souber vou pesquisar e responder depois.

M: A origem da pergunta também depende muito?

A: Depende muito, nossa tem umas perguntas que às vezes você sai correndo, dá até medo, mas assim, eu falaria, se eu não souber responder, eu procuro e depois eu trago na próxima aula. Tem muito professor que não é assim né.

18) Você se considera capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes? De que forma?

A: É, desde que seja estudado, desde que eu esteja preparada para ensinar Física Moderna.

M: Como?

A: Vamos supor agora, o prof. Marcelo tá agora fazendo isso, eu acho que com certeza a gente vai aprender alguma coisa para passar para o aluno e tal, e eu acho que vou sair capaz sim de passar de uma maneira legal para os alunos.

19) Você acredita que professores formados mais recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente? Por que?

A: Bom, é, quando eu saí do Ensino Médio eu acho que eles não estavam preparados não para ensinar Física Moderna.

M: Então você acha que os alunos de agora estão mais preparados? Porque a proposta de física moderna já é uma coisa que, pesquisa já tem há algum tempo, mas a inclusão já está começando a ser feita, naquela proposta curricular já tem física de partículas, então já tá começando a ser feita, você acha que os professores recentes tem mais facilidade para lidar do que aqueles que já estão na rede?

A: Eu acho que sim (professores recentes tem mais facilidade para lidar do que aqueles que já estão na rede).

M: Você já teve contato com algum professor da rede?

A: Então, eu tenho contato com um professor, mas até agora não vi não, se ele ensina, como que ele ensina, então eu não tenho noção de como que eles estão, mas acho que se tá tendo essa inclusão de física moderna eu acho que quem está sendo formado recentemente eu acho que está saindo melhor sim.

M: Porque?

A: Depende de como o aluno foi preparado na graduação (pode estar mais preparado do que professores experientes para implementar tópicos de FMC em sua prática docente), então como tá acontecendo agora, serei preparada para dar aula de física moderna.

20) Você considera que somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

A: É, eu acho que sim.

M: Só com o curso ou existem outras formas?

A: Eu acho que assim também, depende da vontade do professor. Se ele quiser ensinar física moderna, ele vai estudar para fazer o aluno entender física moderna, ele vai procurar, vai procurar ler bastante física moderna, procurar pesquisa de física moderna, como dar aula de física moderna.

M: Depende do quanto ele tem de tempo disponível?

A: Quanto ele tem disponível e quanto ele tem de vontade também né (para implementar com segurança tópicos de FMC no EM).

21) Você consegue estabelecer uma relação entre a sua formação acadêmica e a sua capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

A: Então, como eu disse, meu curso esse ano, de estrutura da matéria está meio

estranho, eu tive aula de relatividade, agora tá começando difração e interferência e acho que agora que eu vou aprender mais, mas de acordo com o que eu aprendi eu acho que é possível sim (estabelecer uma relação entre a formação acadêmica dela e sua capacidade em implementar FMC no EM) .

E. 2. Transcrição da Entrevista Final de Ana

1) O que o motivou a fazer Licenciatura em Física? Por que?

A: Aquela mesma resposta né, não prestei porque eu quis a licenciatura, nunca foi meu sonho ser professora, foi porque o candidato vaga era menor, tinha que passar, daí eu acabei entrando, e não saí né, entrei e saí.

2) Você gosta de ser professor de Física? Por que?

A: Então, assim, a aula de física eu dei no mini-curso mesmo né, eu gosto, eu acho legal ensinar, eu acho que tipo, é um dom muito legal, ensinar e você ver que tá aprendendo, isso eu acho que é muito legal, mas dar aula de física, bom, eu gosto de dar aula, acho que de física também.

3) Você pretende exercer a profissão de professor depois que terminar a graduação?

A: Agora eu acho que por enquanto não, não vou.

M: O que você pretende fazer?

A: Acho que vou fazer segunda habilitação, vou continuar na universidade e ainda tá incerto o meu futuro, mas dar aula eu acho que não pretendo não.

4) Para você o que um professor de Física precisa saber e saber fazer para dar uma boa aula?

A: Ah, acho que ele tem que ter um grau avançado de conteúdo né, do que os alunos, para poder dar uma aula boa, com segurança...

M: De conteúdo?

A: De conteúdo, mas acho que também tem que (saber) ensinar, e acho que isso vem da própria pessoa.

M: Você acha que é um dom?

A: Eu acho que (é um dom) sim, tem gente que sabe muito para ele, mas para explicar é péssimo.

5) O que você acredita que seja uma inovação curricular?

A: Ah, eu acho que primeiro é ver o que tá bom, ver o que tá ruim no currículo, tirar o que não está bom, por alguma coisa que precisa mais, acho que é fazer uma análise mesmo sabe, ver o que eles precisam aprender pro futuro.

M: Inovar então é repensar as ações?

A: Eu acho que sim, é!

6) Você se consideraria capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula?

A: Ah, eu acho que sim, acho que se eu fosse dar aula, eu faria o melhor para que eles pudessem aprender sabe, não iria assim, fazer para passar e deixar eles sem aprender nada, passar pelo que eu passei no ensino médio, não queria ser uma professora assim não, eu queria ser uma professora boa, levar experimentos, fazer com que eles interajam mais com a física.

M:Entendi, mas por uma questão de prender a atenção dos alunos.

A: Prender a atenção, fazer com que eles interessem pela física, não só aquelas contas que deixam eles apavorados.

7) O que você pensa sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

A: Ah, eu acho que é legal sim (a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio), mas também acho que deve ser dado o resto também, a Física Clássica eu acho que deve ser dada, mas acho que é super interessante a física moderna porque está presente nas tecnologias, acho que é importante os alunos aprenderem, saberem sobre as novas tecnologias.

M: Você acha então que o adequado seria você ter as duas, continuar com a física clássica e mais inserir a física moderna?

A: Eu acho que sim.

8) Você acredita que é capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula? Por que?

A: Então, de acordo com o que aprendi na faculdade, não me acho muito capaz assim (de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de FMC em sala de aula), de acordo com o conhecimento que eu tenho, mas se me derem os temas que estão em alta, acho que sou capaz sim, de ver o que é interessante para eles saberem, o que não é, mas de acordo com o que eu tive na faculdade, acho que não.

9) Quais as dificuldades que você acredita que encontraria para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

A: É, tipo, de acordo com o que tive, por exemplo, relatividade, seria um pouco difícil para eles verem uma coisa que não está no cotidiano, para eles imaginarem sabe.

M: Paradoxos dos gêmeos... Você acha que é mais difícil deles entenderem porque não é possível vivenciar.

A: É, acho que sim.

10) Você acredita que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos?

A: Eu acho que não viu, acho que não precisa de física clássica para ensinar física moderna, acho que não, porque acho que uma coisa é uma coisa, outra coisa é outra coisa, mas às vezes a gente precisa né, para entender a física moderna a gente precisa da física clássica.

11) Você se considera capaz de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio?

A: Acho que sim, em termos de linguagem eu acho que conseguiria sim (transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio).

M: Teria algum tipo de obstáculo ?

A: Acho que assim, (um obstáculo seria) em termos de linguagem, tentar falar na língua deles, eu acho que conseguiria sim (transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio).

M: E agora, em relação ao conteúdo?

A: Em relação ao conteúdo, agora, eu acho que seria um pouquinho mais complicado deles entenderem.

12) É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original?

A: De acordo com o mini-curso que a gente deu, acho que sim, acho que dá sim (para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original). Que não tem tantas contas, o máximo que tem é só unidade de medida, que eu acho que já é essencial para um aluno do ensino médio saber, então eu acho que é possível sim, dar sem muitas contas.

M: E em relação aos outros temas?

A: É, relatividade, já não sei se seria possível sem nada de conta, que é a única coisa que eu tive né.

13) O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem?

A: Eu acho que sim... (os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas e isto representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem dos mesmos).

M: Pela questão do Paradoxo do gêmeo...

A: É, porque a gente não vê, como eles são novos ainda, talvez não seja possível deles captarem, até para a gente que está na universidade, as vezes é demora para

cair a ficha (sobre os conceitos de FMC), então acho que talvez seja por isso, por não estar presente mesmo, você não conseguir ver, talvez seja um pouquinho mais difícil.

14) Você acredita que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana?

A: Acho que sim, os objetos de estudos não estão presente no cotidiano aí acho que fica mais difícil para a pessoa entender. A maioria não consegue... A maioria dos tópicos não estão presentes, não consegue ver, é coisa que você tem que imaginar e são poucas pessoas que tem essa habilidade eu acho. É pra quem gosta mesmo.

15) Você se considera capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio?

A: Ah, acho que sim, acho que conseguiria sim, fazer umas atividades legais, dependeria do conteúdo, acho que os conteúdos que eu gosto mais, conseguiria fazer uma atividade melhor, porque você gosta então você tem mais imaginação, consegue desenvolver atividades legais. Acho que sim, de física moderna também, acho que conseguiria sim, se tiver um tema para eu dar, eu ia pesquisar, interagir mais com o assunto para eu conseguir criar uma atividade legal.

M: Tem algum tema que vc gosta mais de Física Moderna ?

A: Então, eu estudei bem pouco, mas eu estudei os leds sabe, como funciona os leds, acho que isso é uma coisa bem legal para os alunos aprenderem, que foi que eu aprendi só no laboratório de física moderna, então foi bem rápido assim, mas hoje em dia acho que tudo é led né, então acho que seria bem legal para eles aprenderem.

16) Você se considera capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Como você faria isto?

A: Ah, acho que sim (me considera capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea).

M: Como ?

A: Acho que sim, ah, mostrar para eles porque que é importante a física moderna, acho que é mais uma coisa de diálogo, eu conseguiria motivar eles. Porque que é importante e onde está presente. Acho que só de você chegar disposto a ensinar e mostrar porque que é importante, acho que já dá um 'up' no aluno, pelo menos para mim quando eu fui aluna, isso já fazia uma diferença, só na vontade que o professor tinha de ensinar, acho que já faz uma diferença.

17) Você se sentiria seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?

A: Para me sentir segura, eu ia ter que estudar muito mais física moderna, então, vamos supor que eu veja um tema de uma aula, eu vou estudar o máximo que eu puder para ser capaz de responder as perguntas, mas com o que eu tenho hoje, eu acho que não (me sentiria segura para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula).

18) Você se considera capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes? De que forma?

A: De tornar claro (os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes)? Ah, eu acho que sim.

M: Como seria?

A: Como eu faria eles entenderem? Ah, eu acho que coisa de diálogo mesmo, porque física moderna, eu ia fazendo perguntas sabe, instigando perguntas, fazendo eles pensarem. Acho que fazendo pergunta, fazendo eles pensarem um pouco sabe, acho isso legal.

19) Você acredita que professores formados mais recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente? Por que?

A: Eu acho que não, eu acho que eles estão iguais a nós, que estamos formados agora. Porque a gente também não teve física moderna assim, no ensino médio eles

também não tiveram, então eu acho que eles tem a mesma coisa que a gente. E acho que eles estão até melhores preparados, porque eles já tem experiência, então acho que já sabem transpor melhor para o aluno, porque já tem uma certa experiência.

M: Em relação ao conteúdo da graduação eles devem ter aprendido física moderna também, acho que a diferença que teria é mais no sentido de que hoje se fala mais em inserir tópicos de física moderna que antigamente?

A: É, mas acho que é igual (ou seja, os professores formados mais recentemente estão no mesmo nível de professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente). foi uma coisa que eu acho que mudei de opinião.

20) Você considera que somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

A: Acho que sim (somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio).

M: Só com cursos?

A: Acho que sim.

M: Por ele só?

A: Acho que vai de cada um, se a pessoa é disposta a estudar e correr atrás e tornar claro todo o conhecimento, acho que é possível, mas nem todos...

M: Seria mais facilmente então?

A: Mais facilmente (seria) se tivesse o curso de preparação.

21) Você consegue estabelecer uma relação entre a sua formação acadêmica e a sua capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

A: Bom, o que eu aprendi foi muito pouco, mas eu acho que o que eu aprendi sou capaz sim de implementar no Ensino Médio.

M: E foi melhor então. você aprendeu então você se sente mais segura ?

A: Acho que sim (quando ela aprende se sente mais segura), eu preciso ouvir para gravar, eu já percebi isso, então eu preciso que alguém fale para que aí eu gravo, se eu leio é meio complicado para mim.

M: Então seria nessa idéia de curso de capacitação também?

A: Acho que sim.

M: Teria alguma coisa que você gostaria de acrescentar em relação à Física Moderna ou mesmo com relação ao nosso mini-curso, alguma coisa que você achou que importante ou alguma mudança que deveria ser feita?

A: Achei que o nosso mini-curso foi bom, a única atividade que eu acho que deveria ter posto é a do microscópio né, acho que seria bem interessante para o aluno ver, o microscópio, ver como pode ver um nano, um átomo, acho que isso seria o mais ideal.

M: Mas aí você tiraria alguma atividade para colocar essa ou você acha que deveria ter mais atividades?

A: Acho que todas as atividades foram boas e deveriam ter tido, então acho que deveria só aumentar o horário do mini-curso para implementar mais coisas como a do microscópio.

M: Então se fosse aplicar numa sala de aula normal, você colocaria mais atividades?

A: Sim.

ANEXO F – Questionários de Ana

Inicial

A física moderna no ensino médio e a formação de multiplicadores dentre professores da rede pública”

Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares

Questionário *INICIAL*

Nome Completo: [REDACTED]

Este questionário foi concebido para ajudar-nos a obter um melhor entendimento das crenças dos professores acerca da implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Nas questões abaixo, assinale com um X a lacuna, que mais está em concordância com o que você pensa ou acredita. As lacunas correspondem a:

CP: Concordo Plenamente

C: Concordo

I: Indiferente

D: Discordo

DP: Discordo Plenamente

01. Acredito que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea são muito abstratos e dificilmente entendidos pelos estudantes.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
02. As teorias da Física Moderna e Contemporânea surgiram a partir da incapacidade das teorias da Física Clássica de interpretar alguns resultados experimentais.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
03. Uma dificuldade a ser enfrentada na introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é o fato de seus fenômenos não estarem acessíveis no cotidiano, nem serem passíveis de apresentação em laboratórios didáticos por meio de experimentos simples.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
04. É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mesmo deixando de lado, evidentemente, seu formalismo matemático original.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
05. O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem dos mesmos.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
06. Acredito que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
07. Não acredito ser possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(); I(); D(); DP(X)
08. Acredito que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
09. Os professores de Física acreditam que o ensino de Física Clássica deva necessariamente anteceder o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
10. Acredito que o ensino mais eficaz de Física ocorre através da proposição de problemas e exercícios.	CP(); C(); I(); D(); DP(X)

ANEXO F – Questionários de Ana

Inicial

INICIAL

11. Os professores de Física, em geral, acreditam que inovar os conteúdos de Física em sala de aula é algo desnecessário.	CP(); C(); I(); D(); DP(X)
12. Acredito que só é possível se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea a partir da apresentação de problemas e uso de equações.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
13. Eu considero que só é possível avaliar a aprendizagem dos estudantes de Física Moderna e Contemporânea a partir da resolução de problemas fechados.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
14. Eu me considero capaz de implementar inovações curriculares em meu ensino.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
15. Eu não sou muito eficaz em desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
16. Acredito que sou capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea com meus estudantes.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
17. Eu me considero capaz de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea para meus estudantes.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
18. Eu me considero capaz de compreender conceitos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
19. Eu me considero capaz de transpor para o Ensino Médio os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
20. Eu sou capaz de criar atividades de ensino de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
21. Eu sou capaz de motivar meus estudantes através do ensino-aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
22. Eu sou capaz de responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
23. Eu me considero capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos meus estudantes.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
24. Para ser um professor inovador é fundamental uma boa formação acadêmica.	CP(X); C(); I(); D(); DP()
25. Professores recém formados estão mais preparados do que professores formados há muito tempo para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
26. O tempo dedicado à profissão torna o professor mais preparado para introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
27. Eu considero que somente mediante cursos de capacitação, o professor de Física pode implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
28. Eu consigo estabelecer uma relação entre a minha formação acadêmica e a minha capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(X); I(); D(); DP()

ANEXO F – Questionários de Ana

Final

Questionário

FINAL

Nome Completo: [REDACTED]

Este questionário foi concebido para ajudar-nos a obter um melhor entendimento das crenças dos professores acerca da implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Nas questões abaixo, assinale com um X a lacuna, que mais está em concordância com o que você pensa ou acredita. As lacunas correspondem a:

CP: Concordo Plenamente

C: Concordo

I: Indiferente

D: Discordo

DP: Discordo Plenamente

01. Acredito que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea são muito abstratos e dificilmente entendidos pelos estudantes.	CP() ; C() ; I() ; D(X) ; DP()
02. As teorias da Física Moderna e Contemporânea surgiram a partir da incapacidade das teorias da Física Clássica de interpretar alguns resultados experimentais.	CP() ; C(X) ; I() ; D() ; DP()
03. Uma dificuldade a ser enfrentada na introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é o fato de seus fenômenos não estarem acessíveis no cotidiano, nem serem passíveis de apresentação em laboratórios didáticos por meio de experimentos simples.	CP() ; C(X) ; I() ; D() ; DP()
04. É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mesmo deixando de lado, evidentemente, seu formalismo matemático original.	CP() ; C(X) ; I() ; D() ; DP()
05. O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem dos mesmos.	CP() ; C() ; I() ; D(X) ; DP()
06. Acredito que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana.	CP() ; C(x) ; I() ; D() ; DP()
07. Não acredito ser possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP() ; C() ; I() ; D() ; DP(x)
08. Acredito que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos.	CP() ; C(x) ; I() ; D() ; DP()
09. Os professores de Física acreditam que o ensino de Física Clássica deva necessariamente anteceder o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(x) ; C() ; I() ; D() ; DP()
10. Acredito que o ensino mais eficaz de Física ocorre através da proposição de problemas e exercícios.	CP() ; C() ; I() ; D(x) ; DP()
11. Os professores de Física, em geral, acreditam que inovar os conteúdos de Física em sala de aula é algo desnecessário.	CP() ; C() ; I() ; D() ; DP(x)

ANEXO F – Questionários de Ana

Final

FINAL

12. Acredito que só é possível se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea a partir da apresentação de problemas e uso de equações.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
13. Eu considero que só é possível avaliar a aprendizagem dos estudantes de Física Moderna e Contemporânea a partir da resolução de problemas fechados.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
14. Eu me considero capaz de implementar inovações curriculares em meu ensino.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
15. Eu não sou muito eficaz em desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
16. Acredito que sou capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea com meus estudantes.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
17. Eu me considero capaz de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea para meus estudantes.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
18. Eu me considero capaz de compreender conceitos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
19. Eu me considero capaz de transpor para o Ensino Médio os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
20. Eu sou capaz de criar atividades de ensino de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
21. Eu sou capaz de motivar meus estudantes através do ensino-aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
22. Eu sou capaz de responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
23. Eu me considero capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos meus estudantes.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
24. Para ser um professor inovador é fundamental uma boa formação acadêmica.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
25. Professores recém formados estão mais preparados do que professores formados há muito tempo para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(); I(); D(x); DP()
26. O tempo dedicado à profissão torna o professor mais preparado para introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
27. Eu considero que somente mediante cursos de capacitação, o professor de Física pode implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(x); I(); D(); DP()
28. Eu consigo estabelecer uma relação entre a minha formação acadêmica e a minha capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(x); I(); D(); DP()

ANEXO G – Entrevistas de Lia

E.1. Transcrição da Entrevista Inicial de Lia

1) O que o motivou a fazer Licenciatura em Física? Por que?

L: Bom, Física, porque eu sempre gostei das Exatas, mais das exatas que de outras, e a licenciatura na verdade eu entrei no curso sem estar com a licenciatura em mente, mas durante o curso tive vontade de dar aula mesmo e encarei a licenciatura, como é mesmo, dar aulas.

M: Passou a querer ser professora?

L: Sim, passei a querer ser professora e de física por aptidão.

2) Você gosta de ser professor de Física? Por que?

L: Na verdade, no início do curso quis ser mais professora do que quero agora, agora estou em dúvidas em relação a dar aulas. Na verdade, não sei responder se gosto de ser professora de física, porque não com em relação com a física, mas quanto a dar aula.

3) Você pretende exercer a profissão de professor depois que terminar a graduação?

L: Não sei, mas provavelmente não. Porque eu me ‘desencantei’ muito com o professorado, a licenciatura, na verdade desencantei muito de ver professor insatisfeito, eu acabei ficando triste por mim mesma, não gostei da sensação de estar na frente de uma sala de aula e foi daí que eu desisti da licenciatura.

4) Para você o que um professor de Física precisa saber e saber fazer para dar uma boa aula?

L: Nossa! Tem uma coisa que a gente tem falado muito que é transposição didática. Acho que na física é fundamental o professor saber falar de uma forma que não seja complicada, física acho q é fácil ser interessante, então o professor tem que pegar exemplo, tem que trazer o mais próximo da realidade do aluno que estiver assistindo, então tem que deixar interessante a aula e tem como, porque realmente

é a ciência da natureza, então tem como deixar muito interessante a aula, com exemplos, essas coisas, e ele tem que saber, tem que saber conteúdo, tem que saber o que ele tá falando, tem que simplificar, não digo simplificar, digo mais, saber fazer essa transposição mesmo, tornar interessante para que os alunos se aprofundem até o nível necessário.

5) O que você acredita que seja uma inovação curricular?

L: Inovação curricular é uma mudança nos tópicos, incluindo tópicos que foram deixados pra trás e que são importantes.

M: Como quais?

L: Como física moderna, que eu não conhecia física moderna antes de vir pra faculdade, fui conhecer aqui e isso eu acho que não é legal, é inadmissível, porque é extremamente importante. Na que verdade tem monte de problemas, tem gente que conta estudou cinemática o colegial inteiro, daí não seria uma culpa do currículo, porque acho que o currículo aborda mais coisas, mas acho que o sistema atrapalha um pouco, porque o pessoal só vê cinemática, mas acho que não tem a ver com pergunta!

6) Você se consideraria capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula?

L: Capaz sim, com esse curso sim, com certeza. É possível.

7) O que você pensa sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

L: Necessário, extremamente necessário, o que não acontece. Tanto que no dia que eu fui conhecer física moderna, fiquei chateada porque eu não sabia nada, é importante, é interessante e não é ensinado.

M: Então, você pensa q é importante né?

L: Sim, bastante.

8) Você acredita que é capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula? Por que?

L: Se eu sou capaz de adequar?

M: Capaz de selecionar os conteúdos, que você acha que deveria estar no currículo.

L: Então, não sei se eu sou a pessoa mais capaz para saber selecionar não, mas acho que não sei, talvez outros estudiosos da área poderiam fazer isso melhor do que eu. Mas se eu fosse selecionar, selecionaria a comparação mesmo de clássica com moderna, colocaria pelo menos essas comparações, a inserção que eu faria seria essa.

M: Pelo menos essa ou só essa ?

L: Pelo menos essa!

M: E aí juntando isso com o que os estudiosos, que pensam sobre isso faz, que acha que deve fazer.

L: Sim.

9) Quais as dificuldades que você acredita que encontraria para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

L: Dificuldades? Bom, com relação a conteúdo, acho que não, porque o curso é capaz de suprir isso, até porque acho que não seria aprofundado o conteúdo a ser dado para o ensino médio. Com relação aos alunos acho que cairia no mesmo problema que já existem, mesmo com a física clássica, que ia ser chamar a atenção dos alunos, falar de uma forma que eles entendam, não simplificar, mas falar de uma forma que eles entendam, acho que os mesmos problemas enfrentados seriam os que iam enfrentar para ensinar física moderna, eu penso que são os mesmos.

M: Os mesmos?

L: Sim.

10) Você acredita que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos?

L: Não necessariamente, inclusive acho que seria legal falar no começo de física moderna, não necessariamente a clássica preceder moderna, mas comparar um com outro, comparação entre os dois, eu acho que é importante...

M: Em um processo?

L: É, pode ser enquanto ensina as duas coisas, né.

M: Dependendo do tópico, sim?

L: Sim.

11) Você se considera capaz de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio?

L: Sim, até porque eu acho que a forma que foi ensinada, que no caso o Hernandez que está ensinando passou, é, ele já tá fazendo essa transposição, pra nós tá sendo fácil entender né, tem um material também... pode citar nomes? Do material de um professor daqui do instituto também, que é um texto que fala que é um texto de apoio para o professor. Extremamente didático, entendível, super fácil de entender...

M: Então você acha que é possível?

L: Sim, porque eu tive dessa forma...

M: Isso facilita você transpor?

L: Isso, ele começou a passar uma forma menos árdua, mais qualitativa e depois foi passando para cálculos, essas coisas.

12) É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original?

L: Não, acho que tem que ser assim, tem que ser a mais a parte qualitativa mesmo, tenho essa certeza, até porque a quantitativa é um problema e sempre foi um

problema, é o mesmo problema que acontece com a física (em geral), as pessoas aprendem fórmula e física não é nada disso, é muito mais interessante e pode ser muito interessante, mas acho que acaba se reduzindo a isso, acho que a física moderna principalmente tinha que ser mais qualitativa mesmo.

13) O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem?

L: É uma boa pergunta. Então, na verdade, sim, é um obstáculo, mas é interessante também, porque acho que o que interessa os alunos é o que está perto deles, é trazer pra mais próximo deles os conteúdos, mas é um conteúdo interessante também, talvez sim, mas talvez não. Entendeu? Acho que pode ser interessante a ponto de não ser um obstáculo.

14) Você acredita que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana?

L: É a mesma pergunta não é?

M: Então, ela rompe com idéias cotidianas, coisas q você vê, mas assim, os objetos de estudo..

L: Então acho q eu respondi errado, porque acho q a resposta q eu dei antes cabe nessa questão.

M: É bastante relacionada às perguntas..

L: Então acho que vou falar sobre a questão de cima, que fala que rompe, não sei, a história de romper sim, é um obstáculo, agora em relação, agora a resposta é essa, em relação a interessar acho que é interessante e talvez não seja obstáculo. Você entendeu? Eu dei respostas diferentes.

M: Não.

L: Vamos fazer de novo as duas questões.

M: O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem?

L: Sim.

M: Porque ?

L: Ah... porque...

M: Por exemplo, eu tava falando com a Juliana, negócio que vocês tão fazendo a relatividade, tem a questão de ...

L: De viajar... que viaja...esse tipo de coisa rompe.

L: Sim, com certeza é um obstáculo, porque é difícil imaginar (os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea). Isso com certeza é um obstáculo. Agora, você quer fazer a outra questão?

M: Então agora relacionado com os objetos de estudos

L: Aí seria um obstáculo mais possível de ser transposto, porque é interessante, então isso seria interessante para os alunos e seria possível deles aprenderem sim conceitos. Ficou confuso né?

M: Eu entendi, porque que é obstáculo, é um obstáculo. Só que pode despertar o interessante justamente por causa disso, por ser uma coisa diferente.

15) Você se considera capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio?

L: Não muito.

M: Porque ?

L: Porque, ah, exatamente por conter idéias, acho difícil fazer atividades, pelo conteúdo mesmo.

M: Abordar tanto conteúdo?

L: Os tópicos não são coisas que a gente tem objetos para manipular, para poder entender melhor, eu acho difícil, eu não me acho capaz.

16) Você se considera capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Como você faria isto?

L: Sim.

M: Como ?

L: Sim, ah, despertando a curiosidade mesmo, porque é um assunto, eu já falei 10 vezes que é um assunto interessante, mas é, então acho que tentar mostrar, o quão interessante, o quão importante, o quão novo.

17) Você se sentiria seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?

L: Sim, na verdade, para toda a física a gente, pelo menos eu, eu não acho que eu sei tudo, mas o que eu sei é possível e mesmo se eu não soubesse responder uma questão com certeza eu ia procurar e no outro dia responder, acho que da mesma forma q eu trato todo o resto da física, que eu sei q eu não sei tudo, eu ia tratar.. Eu não acho a física moderna diferente das outras, mais difícil, não é, é um pouquinho mais complicada, mas na forma de tratar, de responder questões, eu acho que eu levaria da mesma forma.

18) Você se considera capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes? De que forma?

L: Acho que sim, principalmente na parte qualitativa, que eu já insisti. Sim, buscando exemplos, perguntando pra ver se eles estão entendendo mesmo, buscando a participação, acho que deixaria claro, pelo menos a parte qualitativa sim, acho possível.

19) Você acredita que professores formados mais recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente? Por que?

L: Sim.

M: Porque?

L: Não sei porque, acho que eles estudavam física moderna antes também, só que... Acho que o próprio currículo tá mais aberto para a física moderna, então essa mudança claro que afetou os professores, então acho que eles tem estado mais preparados, tanto em prova de concurso, com certeza deve cair, nunca fiz uma prova, mas com certeza deve cair, então acho que professor mais recente está mais preparado.

20) Você considera que somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

L: Eu acho que é possível, mas não acho que é adequado, com certeza não é adequado, mas para remediar seria uma boa alternativa fazer um curso de capacitação para que esses professores possam implementar esses cursos em sala. Eu não vejo outra alternativa, o professor não iria voltar pra faculdade, né?

21) Você consegue estabelecer uma relação entre a sua formação acadêmica e a sua capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

L: Eu acho que eu sou capaz, eu penso que os tópicos que eu consegui aprender vão ser os tópicos que eu vou conseguir transmitir e mesmo os tópicos que estarão nos currículos não são os tópicos mais complicados.

M: Mais alguma coisa que você gostaria de colocar sobre Física Moderna que não foi discutido?

L: Não, acho que não.

E.2. Transcrição da Entrevista Final de Lia

M: Bom, é o seguinte, eu vou fazer as mesmas perguntas que eu fiz no começo, quando a gente fez aquela primeira entrevista, só que agora eu quero que você quando for pensar nas respostas, pense também no que a gente fez no mini-curso. Tenta fazer essa ligação, o que você aplicou com o que você pensa sobre, se acrescenta alguma coisa ou não.

Primeiro, queria que você falasse como você acha que foi seu mini-curso.

L: Então, eu acho que foi bastante proveitoso, acho que ficou claro para quem participou, para os alunos que participaram, acho que a gente teve um bom retorno né, a gente notou que eles realmente aprenderam, participaram, responderam tudo, fizeram certinho as atividades, então disso a gente tira que foi proveitoso, que foi legal, que realmente eles aprenderam, foi a impressão que eu tive.

M: Que dificuldades você acha que vocês tiveram para fazer o mini-curso.

L: Dificuldades? então, eu achei que, na verdade, tiveram facilidade pois as atividades já estavam mais ou menos estruturadas... dificuldade não consigo pensar em nada. Peraí, deixa eu pensar mais um pouquinho.

M: Na execução ou mesmo nas atividades...

L: As vezes em tratar os assuntos dos tamanhos, a gente teve que pensar em artifícios de tornar isso claro, talvez nessa parte que a gente fala de transposição, foi a maior dificuldade. Se bem que já estava bem claro para nós, do tanto que foi passado para nós no curso, de uma forma clara, mas acho q o trabalho maior que a gente teve foi de passar isso para os alunos.

1) O que o motivou a fazer Licenciatura em Física? Por que?

L: Bom, na verdade, a licenciatura veio meio que de surpresa, acho que comentei isso na primeira entrevista, eu entrei no curso sem saber exatamente do que tratava,

mas a área de física é uma área que eu gosto muito, pessoal mesmo, pessoalmente eu gosto e a licenciatura eu acabei gostando um pouco mais no decorrer do curso, mas eu não pretendo exercer.

2) Você gosta de ser professor de Física? Por que?

L: Até que gosto, mas não pretendo. Na verdade, a minha decepção foi com a licenciatura, não gostei da sensação de dar aula, acho que não consigo ter o domínio de uma sala de aula.

3) Você pretende exercer a profissão de professor depois que terminar a graduação?

L: Não.

4) Para você o que um professor de Física precisa saber e saber fazer para dar uma boa aula?

L: Ele precisa saber do assunto que ele tá falando, ter domínio de conteúdo, isso sem duvida, ter o domínio mínimo de conteúdo é necessário e também ele precisa, e é muito importante saber transpor isso, passar isso para os alunos de uma forma clara, o que eles chamam de transposição didática, é exatamente isso, acho que na física é muito importante isso, porque ele tem que saber lidar com a física não só tratando em aspecto quantitativo, de fazer conta, que geralmente vê, acho que isso (do professor não saber lidar com a física além do aspecto quantitativo) tem sido o maior problema, acho que o professor tem que saber lidar com os aspectos qualitativos mesmo, passar isso de uma forma mais enfática para os alunos, não do jeito que tem sido feito, que é reduzir para as formulas, essas coisas.

5) O que você acredita que seja uma inovação curricular?

L: Inovação curricular é uma mudança nos conteúdos talvez até nas abordagens desses conteúdos. E o que pra mim é inovação curricular. É realmente, é tentar uma

melhora modificando os conteúdos e a abordagem desses conteúdos para as turmas.

M: Melhora seria novos conteúdos então?

L: Não necessariamente (melhoria de novos conteúdos), novas abordagens também, são necessários.

6) Você se consideraria capaz de implementar inovações curriculares em sala de aula?

L: Sim, eu acho que o curso dá um preparo suficiente para isso.

7) O que você pensa sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

L: Antes na primeira entrevista, eu ainda não tinha... a minha idéia de fisica moderna era até diferente do assunto que nós tratamos, era mais as relativísticas e tal e mesmo assim..

Como que é a pergunta mesmo ? Que eu comecei a falar e me perdi.

M: O que você pensa sobre inserção de FMC no Ensino Médio.

L: Ah sim, aí eu tinha essa outra idéia e mesmo assim eu achava muito necessário, porque o que eu acho que é muito necessário e que eu não tive isso e vim sentir na faculdade o que era, o quão importante era e eu não tinha visto, então eu acho extremamente necessário que pelo menos seja citado, acho que tem que ser trabalhado por um tempo mesmo dentro do currículo, mas pelo menos ser citado precisa, porque pra mim não existia essa diferença de clássica e moderna e eu acho que é um absurdo.

M: E sobre nanociência? Inserção de nanociência, o que você pensa?

L: Extremamente necessário também, além de ser um assunto diferente do que eu pensava também, porque eu achava q era extremamente fora do cotidiano, esse é um assunto que eu acho que dá até para se ter bastante aplicação, talvez não no cotidiano, mas muitas aplicações né, então em particular é um tema que dá para se trabalhar sim e já transmitindo essa ideia de física moderna e de um tema não tão complicado, vamos dizer assim, quanto as outras partes eu acho.

8) Você acredita que é capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula? Por que?

L: Sim, Sim. Eu penso que sim, acho que sou capaz sim, do que eu recebi, do que eu tive, é, selecionar os mais gerais, os com mais aplicação, os que são mais possíveis de serem transmitidos e de passar essa ideia de Física Moderna para os alunos.

9) Quais as dificuldades que você acredita que encontraria para ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

L: Assim, Física Moderna em geral, acho que, o que eu tive na universidade eu acho suficiente para gente passar para o Ensino Médio, mesmo assim acho que a dificuldade vai ser surgirem questões que eu não tenha condições de responder, mas isso não é um empecilho, c, a dificuldade acho que seria essa, de conteúdo, talvez de falhar em algo a mais que eles peçam, não no que eu for passar, mas se eles pedirem algo a mais, acho que aí eu não sou capaz, mas eu propor um tema, eu sou capaz de trabalhar em sala de aula, mas o além precisaria de um estudo a mais (em relação ao que foi preparado para a aula de FMC).

10) Você acredita que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos?

L: Eu achava que sim, agora eu acho que não, na primeira entrevista acho que eu coloquei que sim, mas agora eu já discordo também, porque não necessariamente,

a Clássica não precisa preceder a Moderna não, dá para se trabalhar as duas juntas, talvez estabelecer uma comparação não sei. ...

M: Adequar o conteúdo?

L: Mas não necessariamente a Clássica preceder a Moderna, não acho que é necessário.

M: Legal! Legal que você lembra das respostas. é bom, significa que te marcou de alguma forma.

11) Você se considera capaz de transpor os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação para o Ensino Médio?

L: Eu acho que sim, eu acho que sim, e foi o trabalho que nós fizemos no mini-curso, que eu comentei, que eu achei que foi uma das dificuldades, deixar de uma forma clara (a transposição dos tópicos de FMC trabalhados), mas acredito que sou capaz sim.

M: E em relação ao que você aprendeu na disciplina de Estruturas da Matéria.

L: Em geral? Sim, sim, acho possível sim (transpor o que ela aprendeu na disciplina de Estrutura da Matéria), tem um... acho que já comentei também , material do professor Esmerindo, comentando em geral de Física Moderna, o material é excelente, fala um pouquinho de tudo, fala o que é, e de uma forma muito clara, o material é muito bom se passar para um professor de ensino médio e acho que ilustra bem essa transposição, é uma linguagem muito clara, to falando assim, que é possível , que já até existe material que é claro isso.

12) É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio mesmo deixando de lado seu formalismo matemático original? (Acho que essa é uma questão que vc comentou do material do prof. Esmerindo)

L: Então, na verdade, ele até cita assim algumas equações e tudo (material do professor Esmerindo), mas nada de aplicação de fórmula ou de cálculos muito elaborados. É mais conceitual e acho que é nesse sentido (mais conceitual) que tem que ser a Física Moderna no ensino médio eu acho que até a física como um todo devia ser um pouco mais assim, mais conceitual mesmo, e não é, mas em particular a física moderna, para mim acho que não tem nem como ser a matemática.

13) O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem?

(Essa questão de você ter que se desvincular de ideias clássicas...)

L: Acho que é um empecilho sim, mas nada que um trabalho, que um tratamento dessas ideias não supra (o fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea romperem com idéias cotidianas), mas acho que é um obstáculo sim, mas se tratado adequadamente, nessa área específica, se tratado isso de uma forma legal, de uma forma adequada é possível, pode deixar de ser um obstáculo, mas acho que é (um obstáculo esse rompimento).

14) Você acredita que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana?

L: Sim, com certeza também, são mais, mas mesmo sendo, talvez alguns probleminhas, aplicações supram também esse obstáculo. To pensando na nanociência, na nanotecnologia, é uma coisa não é necessariamente presente, mas a gente vê, ouve falar de aplicações, a gente não vê, mas essas aplicações deixam mais claro, facilitam o entendimento, eu acho.

15) Você se considera capaz de criar atividades de ensino sobre tópicos de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio?

L: Eu acho que eu respondi na outra vez. Sim, agora eu acho que é possível, é

possível sim. Porque a gente fez e deu certo, na verdade eu acho que é uma questão de..., ah, enquanto você está fazendo seu plano de ensino, é possível você pensar em alguma coisa, elaborar, no caso a gente elaborou pro mini-curso, tá certo que a gente já tinha o material, mas de qualquer forma, a gente fez uma atividade nova e isso me fez ver que é possível.

16) Você se considera capaz de motivar os estudantes através do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea? Como você faria isto?

L: Sim, vou responder igual ao que respondi da outra vez, é um tema muito interessante, e o legal é você mostrar o quanto é interessante para os alunos, é você mostrar o quanto é legal, o quanto pode ser legal, eu acho que isso tá na forma do professor se portar na sala, de começar o assunto, começar de uma forma que surja interesse e tal.

M: Você tem um exemplo de como faria isso?

L: Exemplo do mini curso mesmo, o assunto em si já era interessante, daí usamos o filme, usamos várias coisas que fez com que eles se interessassem. Nas próprias falas, acho que da forma que a gente fala, mostrar o que é interessante, mostrar que é bacana, acho que isso (a forma como se fala) é necessário para entusiasmar, acho que é suficiente.

17) Você se sentiria seguro para responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula?

L: Então, como eu comentei, acho que assim, o além eu não ia dar conta, mas assim, eu não me sinto insegura, eu sinto segura de estar numa sala, com certeza se algum aluno me perguntar e eu não saber, vou procurar em um outro lugar.

M: Se você está na sua sala, acho que é uma situação diferente... Você está na sua sala, você vai ter mais contato com eles... Talvez isso melhore.

L: Sim, sim, talvez esse problema não seja um problema.

M: Em relação ao mini-curso, teve alguma situação que teve alguma pergunta que não foi respondida, eu não me lembro.

L: Eu não to lembrada agora também de nenhuma, mas com certeza tiveram questões sim... Mas eu acho que não houve nenhum constrangimento de não sabermos responder, ou alguma coisa assim, porque se não com certeza alguémalaria, mas acho que não houve problema não, de questões assim, acho que a gente tava preparada para responder o que apareceu.

18) Você se considera capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos estudantes? De que forma?

L: Eu acho! Eu acho que sim, acho que eu sou capaz, e acho que é possível...

M: Nessa forma que você falou de usar uma forma de abordagem diferente?

L: Isso, mostrando as aplicações, tentar relacionar com o ambiente do aluno.

19) Você acredita que professores formados mais recentemente estão mais preparados do que professores experientes para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente? Por quê?

L: Eu acredito que sim, porque essa tendência de se incluir mesmo, tá ficando bem mais evidente agora, porque tá aparecendo no Enem, no vestibular, então tá sendo mais requisitado, então isso tá fazendo com que os cursos se preocupem mais com isso e os alunos estão saindo melhor. Os professores que já estão trabalhando, acho que ainda não, não pegaram isso.

M: Provavelmente eles tiveram física moderna também, só não tiveram essa preocupação como você falou, com ensinar, aí isso já não mobiliza eles tanto quanto mobiliza a gente.

L: Para nós, nos estamos (os professores em formação inicial) saindo agora com um conhecimento muito claro né, que é necessário e deve ser abordado em sala (tópicos de FMC no EM).

20) Você considera que somente mediante cursos de capacitação um professor de Física poderá implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

L: Então, com o curso acho que é possível (implementar com segurança tópicos de FMC no EM), mas acho que também por iniciativas pessoais também é possível (implementar com segurança tópicos de FMC no EM), é, por exemplo, um professor que tem acesso a esse material do Esmerindo não precisa de um curso para passar pelo menos nem que seja em poucas aulas, passar a idéia geral do que é a física moderna é possível, acho que não só o curso mas mais importante que o curso são as iniciativas pessoas mesmo dos professores.

21) Você consegue estabelecer uma relação entre a sua formação acadêmica e a sua capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

L: Sim, com certeza. Ah, isso eu acho que entra naquela questão de selecionar conteúdos né, eu me acho capaz de selecionar os conteúdos então eu acho capaz de relacionar o que eu aprendi com o que eu devo, com o que preciso, com o que eu posso, com o que eu tenho capacidade de passar para a sala de aula.

M: Alguma coisa que você gostaria de colocar sobre o curso, alguma percepção que você teve?

L: Não, acho que coloquei que foi bastante proveitoso, acho que estamos saindo da faculdade com certeza com esta idéia muito clara que é necessário, que realmente tem que se fazer, colocar física moderna no ensino médio. Acho que é isso.

M: E se você fosse fazer esse curso de novo, você faria igualzinho, você mudaria alguma coisa? O que você acha q mudaria? Ou mesmo se fosse aplicar para uma sala de aula que você fosse a professora.

L: Eu acho que assim, com certeza se tivesse mais tempo ia muito melhor, para poder tratar mais assuntos, falar sobre mais coisas, acho que tempo muito curto foi um obstáculo, mas o que eu faria diferente é acrescentar algumas horas.

Mas as atividades, não sei, talvez eu trocaria alguma atividade, deixa eu pensar.. eu não sei exatamente, mas eu achei que faltou realmente falar de.. teria que dado um jeito de falar sobre os microscópios, sobre manipulação de átomo, acho que faltou essa parte, talvez eu faria caber um lugarzinho.

ANEXO H – Questionários de Lia

Inicial

A física moderna no ensino médio e a formação de multiplicadores dentre professores da rede pública”

Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares

Questionário *INICIAL*

Nome Completo: [REDACTED]

Este questionário foi concebido para ajudar-nos a obter um melhor entendimento das crenças dos professores acerca da implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Nas questões abaixo, assinale com um X a lacuna, que mais está em concordância com o que você pensa ou acredita. As lacunas correspondem a:

CP: Concordo Plenamente

C: Concordo

I: Indiferente

D: Discordo

DP: Discordo Plenamente

01. Acredito que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea são muito abstratos e dificilmente entendidos pelos estudantes.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
02. As teorias da Física Moderna e Contemporânea surgiram a partir da incapacidade das teorias da Física Clássica de interpretar alguns resultados experimentais.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
03. Uma dificuldade a ser enfrentada na introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é o fato de seus fenômenos não estarem acessíveis no cotidiano, nem serem passíveis de apresentação em laboratórios didáticos por meio de experimentos simples.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
04. É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mesmo deixando de lado, evidentemente, seu formalismo matemático original.	CP(X); C(); I(); D(); DP()
05. O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem dos mesmos.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
06. Acredito que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
07. Não acredito ser possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(); I(); D(); DP(X)
08. Acredito que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
09. Os professores de Física acreditam que o ensino de Física Clássica deva necessariamente anteceder o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
10. Acredito que o ensino mais eficaz de Física ocorre através da proposição de problemas e exercícios.	CP(); C(); I(X); D(); DP()

ANEXO H – Questionários de Lia

Inicial

INICIAL

11. Os professores de Física, em geral, acreditam que inovar os conteúdos de Física em sala de aula é algo desnecessário.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
12. Acredito que só é possível se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea a partir da apresentação de problemas e uso de equações.	CP(); C(); I(); D(); DP(X)
13. Eu considero que só é possível avaliar a aprendizagem dos estudantes de Física Moderna e Contemporânea a partir da resolução de problemas fechados.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
14. Eu me considero capaz de implementar inovações curriculares em meu ensino.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
15. Eu não sou muito eficaz em desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
16. Acredito que sou capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea com meus estudantes.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
17. Eu me considero capaz de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea para meus estudantes.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
18. Eu me considero capaz de compreender conceitos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
19. Eu me considero capaz de transpor para o Ensino Médio os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
20. Eu sou capaz de criar atividades de ensino de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
21. Eu sou capaz de motivar meus estudantes através do ensino-aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
22. Eu sou capaz de responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
23. Eu me considero capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos meus estudantes.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
24. Para ser um professor inovador é fundamental uma boa formação acadêmica.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
25. Professores recém formados estão mais preparados do que professores formados há muito tempo para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
26. O tempo dedicado à profissão torna o professor mais preparado para introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
27. Eu considero que somente mediante cursos de capacitação, o professor de Física pode implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
28. Eu consigo estabelecer uma relação entre a minha formação acadêmica e a minha capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(X); C(); I(); D(); DP()

ANEXO H – Questionários de Lia

Final

Questionário

FINAL

Nome Completo: XXXXXXXXXX

Este questionário foi concebido para ajudar-nos a obter um melhor entendimento das crenças dos professores acerca da implementação de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Nas questões abaixo, assinale com um X a lacuna, que mais está em concordância com o que você pensa ou acredita. As lacunas correspondem a:

CP: Concordo Plenamente

C: Concordo

I: Indiferente

D: Discordo

DP: Discordo Plenamente

01. Acredito que os tópicos de Física Moderna e Contemporânea são muito abstratos e dificilmente entendidos pelos estudantes.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
02. As teorias da Física Moderna e Contemporânea surgiram a partir da incapacidade das teorias da Física Clássica de interpretar alguns resultados experimentais.	CP(); C(); I(X); D(); DP()
03. Uma dificuldade a ser enfrentada na introdução de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é o fato de seus fenômenos não estarem acessíveis no cotidiano, nem serem passíveis de apresentação em laboratórios didáticos por meio de experimentos simples.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
04. É possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, mesmo deixando de lado, evidentemente, seu formalismo matemático original.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
05. O fato de que os conceitos presentes na Física Moderna e Contemporânea rompem com idéias cotidianas representa um obstáculo ao processo de ensino e aprendizagem dos mesmos.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
06. Acredito que uma das dificuldades de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea é o fato de que seus objetos de estudo não estão presentes em nossa percepção cotidiana.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
07. Não acredito ser possível ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
08. Acredito que para se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea deva-se iniciar pelos conceitos clássicos até chegar aos modernos.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
09. Os professores de Física acreditam que o ensino de Física Clássica deva necessariamente anteceder o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
10. Acredito que o ensino mais eficaz de Física ocorre através da proposição de problemas e exercícios.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
11. Os professores de Física, em geral, acreditam que inovar os conteúdos de Física em sala de aula é algo desnecessário.	CP(); C(); I(X); D(); DP()

ANEXO H – Questionários de Lia

Final

FINAL

12. Acredito que só é possível se ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea a partir da apresentação de problemas e uso de equações.	CP(); C(); I(); D(); DP(X)
13. Eu considero que só é possível avaliar a aprendizagem dos estudantes de Física Moderna e Contemporânea a partir da resolução de problemas fechados.	CP(); C(); I(); D(); DP(X)
14. Eu me considero capaz de implementar inovações curriculares em meu ensino.	CP(X); C(); I(); D(); DP()
15. Eu não sou muito eficaz em desenvolver atividades inovadoras em sala de aula.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
16. Acredito que sou capaz de selecionar conteúdos adequados para se inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea com meus estudantes.	CP(X); C(); I(); D(); DP()
17. Eu me considero capaz de ensinar tópicos de Física Moderna e Contemporânea para meus estudantes.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
18. Eu me considero capaz de compreender conceitos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
19. Eu me considero capaz de transpor para o Ensino Médio os tópicos de Física Moderna e Contemporânea aprendidos na graduação.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
20. Eu sou capaz de criar atividades de ensino de Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
21. Eu sou capaz de motivar meus estudantes através do ensino-aprendizagem de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
22. Eu sou capaz de responder as perguntas dos estudantes sobre Física Moderna e Contemporânea em sala de aula.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
23. Eu me considero capaz de tornar claros os conceitos da Física Moderna e Contemporânea aos meus estudantes.	CP(); C(); I(X); D(); DP()
24. Para ser um professor inovador é fundamental uma boa formação acadêmica.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
25. Professores recém formados estão mais preparados do que professores formados há muito tempo para implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(X); I(); D(); DP()
26. O tempo dedicado à profissão torna o professor mais preparado para introduzir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em sua prática docente.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
27. Eu considero que somente mediante cursos de capacitação, o professor de Física pode implementar com segurança tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(); I(); D(X); DP()
28. Eu consigo estabelecer uma relação entre a minha formação acadêmica e a minha capacidade em implementar tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.	CP(); C(X); I(); D(); DP()

ANEXO I – Atividades de Física de Partículas

I.1.1 – Questionário: Fundamentalmente Falando (CPEP)

"Do que o mundo é feito?

O que o mantém unido?"

Demócrito (460-370 aC)

As pessoas têm feito essas perguntas durante milhares de anos. Mas só recentemente foi desenvolvida uma visão mais clara do que se considera hoje os "blocos fundamentais" da matéria. Os cientistas que desenvolveram esta visão trabalham em um estimulante e desafiador campo chamado física de partículas de alta energia.

Quanto você sabe sobre as mais recentes teorias e pesquisas sobre essas questões tão antigas? Você pode descobrir isto ao ler cada uma das afirmações abaixo e escolher uma das opções ao lado, concordando ou discordando da mesma.

Questões	Respostas
1. Existem partículas subatômicas que não têm massa e carga elétrica.	Concordo () Discordo()
2. Algumas partículas podem viajar por bilhões de quilômetros de matéria sem serem barradas ao interagir com ela.	Concordo () Discordo()

3. Antimatéria é ficção científica e não fato científico.	Concordo () Discordo()
4. Aceleradores de partículas são utilizados para tratamento de câncer.	Concordo () Discordo()
5. Os menores componentes do núcleo de um átomo são prótons e elétrons.	Concordo () Discordo()
6. Partículas e antipartículas podem surgir a partir de energia.	Concordo () Discordo()
7. Os físicos de partículas necessitam de aceleradores maiores a fim de investigar objetos maiores.	Concordo () Discordo()
8. Ímãs são utilizados em aceleradores circulares para fazer as partículas moverem-se mais rapidamente.	Concordo () Discordo()
9. O trabalho feito por físicos de partículas em aceleradores está nos ajudando a compreender o desenvolvimento da evolução inicial do universo.	Concordo () Discordo()
10. A gravidade é a mais forte das forças fundamentais da natureza.	Concordo () Discordo()
11. Há pelo menos cem diferentes partículas subatômicas.	Concordo () Discordo()
12. Toda matéria conhecida é feita de léptons e quarks.	Concordo () Discordo()
13. Os prótons no Grande Colisor de Hádrons (LHC), no CERN, em Genebra - Suíça, vão atravessar a fronteira franco-suíça 11.000 vezes por segundo (sem nenhum passaporte!), quando o LHC estiver concluído.	Concordo () Discordo()
14. O atrito é uma das forças fundamentais da natureza.	Concordo () Discordo()

"Do que o mundo é feito?"

O que o mantém unido?"

Murray Gell-Mann (n. 1929)

I.1.2 – Questionário: Fundamentalmente Falando (CPEP) – Material do Professor

Objetivo: Estimular a discussão sobre partículas e a curiosidade para aprender mais.

Esta atividade inicial introduz os estudantes para a evolução do campo da física das partículas de alta energia e desafia seus conhecimentos e concepções dos fundamentos da física. A estrutura de perguntas e respostas baseada na escolha entre duas opções (concordo / discordo) destina-se a estimular o interesse dos estudantes em aprender mais sobre este campo.

Você pode introduzir esta atividade com uma discussão sobre o que são coisas "fundamentais", perguntando aos estudantes como eles pensam que o termo fundamental deve ser aplicado em Física. Isto pode levar a uma discussão sobre as partículas fundamentais e sobre forças.

Distribua a folha de atividades e dê tempo aos estudantes para completá-las individualmente ou em pequenos grupos. Dedique um tempo na classe para a discussão das suas conclusões, mas não dê as respostas. Sugira que eles aprenderão estas questões ao longo do curso. É possível ainda incentivá-los a levar a folha de atividades para casa para testar o conhecimento científico dos membros da família. Retorne a discutir as questões desta folha como uma atividade de encerramento do curso.

Respostas:

1. Existem partículas subatômicas que não têm massa e carga elétrica.

Concordo.

Fótons e glúons são partículas sem massa (ou de massas tão pequenas que não foram ainda detectados) e sem carga elétrica. Há pouco tempo descobriu-se que os neutrinos têm uma massa muito pequena e não nula como antes se imaginava, portanto eles não se encaixam nesta resposta.

2. Algumas partículas podem viajar por bilhões de quilômetros de matéria sem serem barradas ao interagir com ela.

Concordo.

Neutrinos de baixa energia têm interações muito fracas com a matéria. Eles poderiam viajar um ano-luz através da matéria com apenas uma pequena probabilidade de interação.

3. Antimatéria é ficção científica e não fato científico.

Discordo.

Para cada partícula, existe uma antipartícula correspondente com os valores opostos de todas as cargas. Para bósons com cargas zero, entretanto, não há distinção entre partícula e antipartícula.

4. Aceleradores de partículas são utilizados para tratamento de câncer.

Concordo.

A vantagem de feixes de partículas sobre a terapia mais comum a partir de raios-x é que a maior parte da radiação pode ser depositada no tumor com menos danos ao tecido saudável circundante.

5. Os menores componentes do núcleo de um átomo são prótons e elétrons.

Discordo.

Prótons e nêutrons, não elétrons, são os componentes do núcleo. Prótons e nêutrons são compostos por quarks e glúons.

6. Partículas e antipartículas podem surgir a partir de energia.

Concordo.

Enquanto há energia disponível ($E=mc^2$), partículas e antipartículas de massa m podem ser produzidas. Uma vez que elas tem valores iguais, porém opostos, para todas as cargas, todas leis de conservação podem ser satisfeitas em tal processo.

7. Os físicos de partículas necessitam de aceleradores maiores a fim de investigar objetos maiores.

Discordo.

Um acelerador maior produz um feixe de mais alta energia cujo comprimento de onda é mais curto ($E = hc / \lambda$). Assim, o feixe pode ser utilizado para sondar estruturas em escalas menores do que um feixe de baixa energia. No entanto, é verdade que um acelerador de alta energia pode ser utilizado para a produção e o estudo de partículas fundamentais com maiores massas.

8. Ímãs são utilizados em aceleradores circulares para fazer as partículas moverem-se mais rapidamente.

Discordo.

A força magnética sobre uma partícula carregada que se desloca é sempre perpendicular ao movimento e, portanto, não muda o módulo da velocidade, mas apenas a direção do movimento. Ímãs são utilizados para guiar as partículas.

9. O trabalho feito por físicos de partículas em aceleradores está nos ajudando a compreender o desenvolvimento da evolução inicial do universo.

Concordo.

No início do seu desenvolvimento, o universo era densamente preenchido com objetos energéticos. Apenas sabendo sobre todos os tipos de partículas fundamentais e suas interações é que podemos entender o que poderia ter ocorrido nesse período.

10. A gravidade é a mais forte das forças fundamentais da natureza.

Discordo.

A intensidade de qualquer força depende da situação. Para processos envolvendo partículas fundamentais, a gravidade tem um efeito pequeno mesmo quando comparada à força fraca. Na vida cotidiana, a gravidade é uma força evidente porque vivemos perto de um objeto extremamente massivo, a Terra. Como as pessoas, a maioria das coisas que nos cercam tem pouca ou nenhuma carga elétrica, de modo que apenas experienciamos efeitos residuais do eletromagnetismo como forças devido à rigidez ou elasticidade da matéria e as forças atrito. Mas mesmo estas são mais fortes do que a gravidade em muitas situações; gravidade não faz você cair pelo chão, por exemplo. Nós também somos dependentes de forças fortes para ligar os núcleos dos átomos, mas não notamos os processos ligados às forças forte ou fraca, com exceção do decaimento radioativo.

11. *Há pelo menos cem diferentes partículas subatômicas.*

Concordo.

Existem mais de 100 tipos de partículas que foram confiavelmente observadas e verificadas; muitas são agora entendidas como formadas por quarks. Outras são postuladas, mas são muito difíceis de observar porque são extremamente instáveis. (Algo subatômico é interpretado no sentido de ser "menor em tamanho do que um átomo"; a maioria dessas partículas não existe no interior de átomos comuns, mas podem ser produzidas em colisões de alta energia.)

12. *Toda matéria conhecida é feita de léptons e quarks.*

Concordo.

Toda matéria observada é constituída de léptons ou composições de quarks. O fóton, os bósons W e Z e os glúons, embora observados como partículas, são os portadores do campo de força e normalmente não são chamados de "matéria".

13. *Os prótons no Grande Colisor de Hádrons (LHC), no CERN, em Genebra - Suíça, vão atravessar a fronteira franco-suíça 11.000 vezes por segundo (sem nenhum passaporte!), quando o LHC estiver concluído.*

Concordo.

Viajando próximos à velocidade da luz, os prótons circularão o acelerador LHC 11.000 vezes por segundo. Como o LHC atravessa a fronteira franco-suíça, o feixes de prótons atravessarão a fronteira 11.000 vezes em cada sentido.

14. *O atrito é uma das forças fundamentais da natureza.*

Discordo.

O atrito é um efeito secundário que resulta de interações eletrônicas entre a estrutura atômica de uma superfície com outra superfície vizinha.

+ Atividades:

1. Sugira que os estudantes peçam a um dos pais ou avós para explicar o que ensinaram a eles, sobre a teoria dos átomos, quando estavam na escola. Os estudantes podem tomar isto como base para discussões com membros da família a medida que cada uma das atividades deste minicurso seja concluída.

2. Incentive os alunos a optar por uma declaração do questionário e fazer uma investigação mais aprofundada sobre esse tópico. Agende um momento em que eles possam compartilhar com a classe suas conclusões.

I.2 – Palestra: Dos Elementos Aristotélicos ao Modelo Padrão de Partículas Elementares

Objetivo: Promover uma visão geral da Física de Partículas.

Resumo: Nesta palestra, buscou-se traçar um panorama histórico sobre a concepção do que são feitas todas as coisas desde a Grécia Antiga até o Modelo Padrão de partículas elementares.

I.3.1 – Atividade: Espalhamento Rutherford (CPEP)

Nesta atividade você e sua equipe irão usar os métodos pioneiros de Ernest Rutherford e ainda atualmente utilizados por físicos de partículas em seus experimentos. Estes métodos permitem aos cientistas identificar as características das partículas que eles não podem realmente ver. Vocês aprenderão o quão precisas suas medidas devem ser quando você não vê o que está estudando.

Seu grupo receberá uma placa de madeira, sobre a qual serão colocadas objetos. O trabalho da equipe é identificar a forma destes objetos sem poder vê-los. Vocês só poderão jogar bolinhas contra os objetos escondidos e observar os caminhos defletidos que elas tomam. A equipe terá alguns minutos para "observar" os objetos.

Use um pedaço de papel para esboçar os caminhos das bolinhas. Em seguida, analise estas informações para determinar a forma real do objeto. Desenhe, a seguir, cada forma que vocês estudaram e responda às seguintes perguntas:

1. Vocês puderam afirmar quais eram os tamanhos aproximados dos objetos e as suas formas?

2. É possível descobrir se as formas dos objetos estudados possuem detalhes menores do que o tamanho das bolinhas utilizadas? Em caso afirmativo, como isto seria possível?

3. Sem poder olhar para o tamanho e a forma das figuras, como você pode ter certeza de suas conclusões?

I.3.2 – Atividade: Espalhamento Rutherford (CPEP) – Material do Professor

Objetivo: Aplicar a metodologia da pesquisa em Física de Partículas em uma simulação.

Neste experimento de laboratório, os estudantes irão adquirir experiência prática na "observação" de objetos que não podem ser vistos. Empregando os princípios subjacentes aos experimentos com aceleradores reais (conservação de momento e de energia), os alunos vão tentar descrever com precisão as características destes objetos invisíveis da mesma maneira pela qual físicos de partículas abordam o estudo de partículas desconhecidas.

Eles serão desafiados a identificar a forma de objetos escondidos sob um tabuleiro de madeira através do lançamento de "projéteis" (bolinhas) em direção aos objetos invisíveis e observar a deflexão dos "projéteis."

A atividade destina-se a ajudar os estudantes a:

- Entender que é possível estudar as características de objetos invisíveis.
- Utilizar seus conhecimentos de reflexão em espelhos.
- Entender a analogia entre o presente experimento e experiências de colisão de partículas.

Este exercício emprega princípios explorados pelo trabalho pioneiro do físico Ernest Rutherford (1871-1937), entre outros; ele é análogo aos experimentos de aceleradores em que se utilizam os resultados das colisões para se fazer inferências sobre objetos invisíveis.

Materiais necessários (para cinco equipes de estudantes):

- Cinco pedaços madeira (aproximadamente 20x20x2 cm), os quais podem ser cortados nos seguintes perfis:

- Cinco painéis de madeira (aproximadamente 40x30 cm)
- Papel de Desenho (pelo menos 20x20 cm)
- Lápis
- Bolinhas de gude de vários tamanhos

Coloque uma peça, sob cada placa de madeira, em mesas individuais, de maneira que elas não fiquem visíveis aos estudantes.

Pode-se dividir os estudantes em cinco equipes para completar essa experiência. Permita às equipes cinco minutos para identificar uma forma. Cada equipe pode passar para a outra mesa para repetir a atividade com uma segunda peça.

Respostas:

1. Sim. Com os alunos tornando-se proficientes no uso de projéteis para identificar as peças, eles também podem determinar o tamanho aproximado de cada objeto.

2. Projéteis menores podem ser usados para verificar a existência de pequenos detalhes, tais como entalhes.

3. As conclusões podem ser verificadas através da execução de ensaios repetidos e da comparação dos resultados de outros grupos, ambos passos são importantes em experiências reais. Ademais certos comportamentos são esperados a priori como a conservação do momento linear de modo que tal conceito ajuda a justificar as conclusões aqui assim como em experimentos reais.

Atividades de acompanhamento:

1. Peça a um grupo de estudantes para investigar e apresentar um relatório sobre a história dos experimentos de Geiger-Marsden-Rutherford que levaram à idéia do núcleo, no início dos anos 1900.

2. Um segundo grupo pode pesquisar algo sobre o Prêmio Nobel de 1990, cujo trabalho de Kendall-Friedman-Taylor verificou a estrutura dos quarks de prótons e nêutrons.

3. Muitos experimentos de física de partículas envolvem colisões inelásticas quando os objetos de saída não são mais os objetos que inicialmente colidiram. Simule colisões inelásticas repetindo a experiência com um grupo de três ou quatro bolas magnéticas no lugar da peça oculta. Use tanto bolas comuns quanto magnéticas como projéteis. Discuta com os estudantes a respeito do que eles podem descobrir sobre este alvo oculto neste caso.

I.4.1 – Leitura e Discussão de Texto: Quarks e Epistemologia (Excerto de “A física dos quarks e a epistemologia in *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2007, vol.29, n.2, pp. 161-173.)

Marco Antônio Moreira

Muitas vezes se pensa que as teoria físicas são elaboradas para explicar observações. Parece lógico: observa-se, fazem-se registros (medições, por exemplo) que geram dados e destes induz-se alguma teoria, alguma lei. Pode parecer lógico, mas não é assim. Há uma interdependência, uma relação dialética, entre teoria e experimentação. Uma alimenta a outra, uma dirige a outra. A física de partículas, em particular a teoria dos quarks, é um belo exemplo disso.

O que levou Gell-Mann e Zweig a postularem a existência dos quarks foi uma questão de simetria (o caminho óctuplo) e o que reforçou a aceitação de sua proposta foi uma questão de assimetria: por que tão poucos léptons (partículas leves) e tantos hádrons (partículas pesadas)? Mas quando Gell-Mann propôs o conceito de estranheza ele o fez para explicar o comportamento experimental estranho de certas partículas. Neutrinos foram postulados por Pauli, em 1931, para explicar resultados experimentais anômalos no decaimento de nêutrons e foram detectados experimentalmente em 1956. Yukawa propôs o pión (méson π) em 1935 e sua evidência experimental foi obtida em 1947. Os quarks charme e top foram previstos teoricamente e descobertos anos depois.

A física de partículas está cheia de exemplos da interdependência entre teoria e experimentação. Por um lado, postulam-se novas partículas para explicar resultados experimentais imprevistos, por outro, procura-se experimentalmente certas partículas previstas teoricamente. Constroem-se máquinas (aceleradores/colisores) para detectar experimentalmente partículas previstas na teoria das partículas. Espera-se, por exemplo, detectar até 2010 uma partícula prevista teoricamente chamada bóson de Higgs. Isso porque somente em 2010 estaria em pleno funcionamento no CERN uma máquina capaz de detectá-la, se de fato existir. Se não existir, a teoria teria que ser modificada.

Outra questão que poderia levar a uma modificação da teoria é a assimetria matéria-antimatéria. A teoria prevê que para cada partícula há uma antipartícula e isso tem sido confirmado experimentalmente, mas no universo (pelo menos o que é

de nosso conhecimento) há muito mais matéria do que anti-matéria e isso a teoria ainda não explicou.

A hipótese dos quarks feita por Gell-Mann e Zweig, em 1964, é o que Karl Popper chamaria de uma conjectura audaz. Popper é o epistemólogo das conjecturas e refutações, para ele as teorias científicas são conjecturas, produtos do intelecto humano, necessariamente refutáveis. Segundo ele, pode-se aprender muito mais da confirmação (sempre provisória) de conjecturas audazes do que da corroboração de conjecturas prudentes. A conjectura de Gell-Mann e Zweig foi audaz e os resultados experimentais que, por enquanto, corroboram-na trouxeram enormes avanços na compreensão da constituição da matéria.

Aliás, a conjectura foi tão audaz que Gell-Mann achou que seu trabalho poderia não ser aceito na revista de física de maior prestígio e o encaminhou a outra. Zweig, por sua vez, relata a reação da comunidade de físicos teóricos da seguinte maneira: A reação da comunidade de físicos teóricos ao modelo de um modo geral não foi boa. Publicar o trabalho na forma que eu queria foi tão difícil que acabei desistindo. Quando o departamento de física de uma importante universidade estava considerando minha contratação, o físico teórico mais sênior desse departamento, um dos mais respeitados físicos teóricos, vetou a contratação em uma reunião de departamento dizendo que o modelo que eu havia proposto era trabalho de um charlatão. A idéia de que os hádrons eram feitos de partículas ainda mais elementares parecia um tanto rica demais. Essa idéia, no entanto, é aparentemente correta. O que Zweig e Gell-Mann enfrentaram em 1964 é o que o epistemólogo Stephen Toulmin chama de fórum institucional. Esse fórum é constituído pelos periódicos científicos, pelas associações científicas, pelos grupos de referência e por eminentes cientistas como o que vetou a contratação de Zweig. O fórum institucional desempenha um papel importante na consolidação de uma disciplina, mas funciona como filtro e pode bloquear, contrariar, restringir a difusão de, idéias novas como a de Gell-Mann e Zweig. Zweig perdeu o emprego naquela época, mas acabou vendo sua hipótese confirmada e certamente conseguiu outras posições em boas universidades. Gell-Mann foi mais feliz. Já era professor do *Caltech* desde 1956 e não foi demitido por suas hipóteses audazes (estranheza, classificação octal, quarks). Ao contrário, ganhou o Prêmio Nobel, em 1969, aos

quarenta anos, quando os quarks ainda eram apenas hipotéticos, demonstrados apenas matematicamente, todavia não detectados experimentalmente.

A física dos quarks pode também ser usada para, tentativamente, ilustrar conceitos propostos por Thomas Kuhn, talvez o mais conhecido epistemólogo da ciência no século XX: paradigma e ciência normal. Segundo Kuhn, paradigmas são realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções exemplares para uma comunidade de praticantes de uma ciência. Kuhn cita a física de Aristóteles, a astronomia de Ptolomeu, a mecânica e a óptica de Newton e a química de Lavoisier como exemplos de paradigmas porque serviram, por algum tempo, para definir implicitamente os problemas e métodos legítimos de um campo de pesquisa para gerações posteriores de praticantes da ciência. E assim foi porque partilhavam duas características essenciais: suas realizações foram suficientemente sem precedentes para atrair um grupo duradouro de partidários e, ao mesmo tempo, suficientemente abertas para deixar uma variedade de problemas para serem resolvidos por esse grupo.

Ao que parece, a física dos quarks é um bom exemplo daquilo que Kuhn chama de paradigma. Provavelmente outro paradigma virá, não tão revolucionariamente como proporia Kuhn, mas sim de maneira evolutiva. A questão é que as teorias físicas nunca são definitivas, estão sempre evoluindo. Certamente novas idéias, novas conjecturas, surgirão no campo da física de partículas.

A teoria dos quarks também serve para exemplificar, de modo tentativo, o que Kuhn chama de ciência normal: é a atividade na qual a maioria dos cientistas emprega, inevitavelmente, quase todo seu tempo, baseada no pressuposto de que a comunidade científica tem teorias e modelos confiáveis sobre como o mundo é. Segundo Chalmers, o cientista normal trabalha confiantemente dentro de uma área bem definida ditada por um paradigma. O paradigma que lhe apresenta um conjunto de problemas definidos juntamente com os métodos que acreditam serem adequados para a sua solução.

Não foi isso que os físicos experimentais fizeram ao construir máquinas cada vez mais potentes para detectar partículas previstas teoricamente? O método que acreditavam ser adequado é o das colisões em aceleradores/colisores de alta

energia. E continuam acreditando porque, como já foi dito, um novo acelerador está sendo construído e uma nova partícula, chamada bóson de Higgs, prevista teoricamente em 1963, está sendo buscada obstinadamente.

Por outro lado, físicos teóricos também têm feito ciência normal ao tentarem resolver problemas de natureza teórica do paradigma buscando uma melhor articulação dele com o objetivo de melhorar sua correspondência com a natureza.

Segundo Kuhn, a emergência de outro paradigma levaria a outro período de ciência normal.

Perguntas:

- a) O que é ciência para você?
- b) Qual relação você enxerga entre teoria e experimentação?
- c) Esquematize, sucintamente, os elementos das epistemologias de Popper, Toulmin e Kuhn.

I.4.2 – Leitura e Discussão de Texto: Quarks e Epistemologia) – Material do Professor

Objetivo: Discutir a Natureza da Ciência e o diálogo entre teoria e experimentação.

Perguntas:

1) O que é ciência para você?

2) Qual relação você enxerga entre teoria e experimentação? Um diálogo, ora um fala primeiro e outra escuta e vice-versa.

Muitas vezes se pensa que as teorias físicas são elaboradas para explicar observações. Parece lógico: observa-se, **faz-se registros** (medições, por exemplo) que geram dados **e destes induz-se alguma** teoria, alguma lei.

Pode parecer lógico, mas não é assim. Há uma **interdependência**, uma relação dialética, **entre teoria e experimentação**.

Uma alimenta a outra, uma dirige a outra. A física de partículas, em particular a teoria dos quarks, é um belo exemplo disso.

O que levou Gell-Mann e Zweig a **postularem a existência dos quarks** foi uma **questão de simetria** (o caminho óctuplo) e o que reforçou a aceitação de sua proposta foi uma **questão de assimetria**: por que tão poucos léptons (partículas leves) e tantos hádrons (partículas pesadas)?

Mas quando Gell-Mann propôs o **conceito de estranheza** ele o fez para explicar o **comportamento experimental estranho** de certas partículas. **Neutrinos** foram postulados por Pauli, em 1931, para explicar **resultados experimentais anômalos** no decaimento de nêutrons e foram detectados experimentalmente em 1956. Yukawa **propôs o pión** (méson π) em 1935 e sua **evidência experimental** foi obtida em 1947. **Os quarks charme e top** foram previstos teoricamente e descobertos anos depois.

A física de partículas está cheia de exemplos da interdependência entre teoria e experimentação. **Por um lado, postula-se novas partículas para explicar resultados experimentais imprevistos, por outro, procura-se experimentalmente certas partículas previstas teoricamente.** Constroem-se máquinas (aceleradores/colisores) para detectar experimentalmente partículas previstas na teoria das partículas. Espera-se, por exemplo, detectar até 2010 uma partícula prevista teoricamente chamada **bóson de Higgs**. Isso porque somente em 2010 estaria em pleno funcionamento no CERN uma máquina capaz de detectá-la, se de fato existir. **Se não existir, a teoria teria que ser modificada.**

Outra questão que poderia levar a uma modificação da teoria é a assimetria matéria-antimatéria. A teoria prevê que para cada partícula há uma antipartícula e isso tem sido confirmado experimentalmente, mas no universo (pelo menos o que é de nosso conhecimento) **há muito mais matéria do que anti-matéria** e isso a **teoria ainda não explicou.**

3) Esquematize, sucintamente, os elementos das epistemologias de:

- Popper (Teorias científicas são conjecturas necessariamente refutáveis)

Conjeturas audazes (idéias que podem, quando confirmadas provisoriamente lançar transformações significativas nas teorias científicas) e **Conjeturas prudentes** (idéias que não transformam significativamente o *modus operandus* científico contemporâneo).

Exemplo: A hipótese dos quarks feita por Gell-Mann e Zweig, em 1964, é o que Karl **Popper** chamaria de uma **conjetura audaz**. Popper é o epistemólogo das **conjeturas e refutações**, para ele as **teorias científicas são conjecturas**, produtos do intelecto humano, **necessariamente refutáveis**.

Segundo ele, pode-se aprender muito mais da confirmação (sempre provisória) de **conjeturas audazes** do que da corroboração de **conjeturas prudentes**.

- Toulmin (Fórum institucional: Periódicos Científicos, Associações Científicas, Grupos de Referência (de Pesquisa) e Eminentes Cientistas.)

Desempenha um papel importante na consolidação de uma disciplina.

Funciona como filtro e pode bloquear, contrariar, restringir a difusão de, idéias novas.

Exemplo: O que Zweig e Gell-Mann enfrentaram em 1964 é o que o epistemólogo Stephen Toulmin chama de **fórum institucional**. Esse fórum é **constituído pelos periódicos científicos, pelas associações científicas, pelos grupos de referência e por eminentes cientistas** como o que vetou a contratação de Zweig. O fórum institucional desempenha um papel importante na consolidação de uma disciplina, mas funciona como filtro e pode bloquear, contrariar, restringir a difusão de, idéias novas como a de Gell-Mann e Zweig.

- Kuhn

Paradigmas são realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções exemplares para uma comunidade de praticantes de uma ciência.

Suas realizações foram suficientemente sem precedentes para atrair um grupo duradouro de partidários e, ao mesmo tempo, suficientemente abertas para deixar uma variedade de problemas para serem resolvidos por esse grupo.

Ciência Normal - É a atividade na qual a maioria dos cientistas emprega, inevitavelmente, quase todo seu tempo, baseada no pressuposto de que a comunidade científica tem teorias e modelos confiáveis sobre como o mundo é.

Exemplo: A física dos quarks pode também ser usada para, tentativamente, ilustrar conceitos propostos por Thomas **Kuhn**, talvez o mais conhecido epistemólogo da ciência no século XX: **paradigma e ciência normal**. Segundo Kuhn, **paradigmas são realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções exemplares para um comunidade de praticantes de uma ciência**. Kuhn cita a física de **Aristóteles**, a astronomia de **Ptolomeu**, a mecânica e a óptica de **Newton** e a química de **Lavoisier** como exemplos de **paradigmas** porque serviram, por algum tempo, para definir implicitamente os problemas e métodos legítimos de um campo de pesquisa para gerações posteriores de praticantes da ciência.

A teoria dos quarks também serve para exemplificar, de modo tentativo, o que Kuhn chama de **ciência normal**: **é a atividade na qual a maioria dos cientistas emprega, inevitavelmente, quase todo seu tempo, baseada no pressuposto de que a comunidade científica tem teorias e modelos confiáveis sobre como o mundo é**.

I.5 – Palestra: Interações Fundamentais

Objetivo: Discutir as quatro interações fundamentais.

Resumo: Nesta palestra, discutimos o modelo de força à distância, de campo clássico e, finalmente o modelo atualmente aceito em que as forças são resultado de troca de partículas, fruto da quantização das interações fundamentais. Utilizamos , para tanto como material de suporte, os sites Aventura das Partículas (<http://www.sprace.org.br/AventuraDasParticulas/>) e Interações na Caixa (<http://www.ideiasnacaixa.com/interacoes/>).

I.6.1 – Atividade: As Regras do Jogo (CPEP)

Em todos os campos, os cientistas concebem regras que explicam o que se observa. Então, usam essas regras para interpretar novas observações. Esta atividade irá dar a você a oportunidade de descobrir regras chamadas de leis de conservação, que desempenham um papel determinante no estudo da física das partículas.

O tipo mais comum de observação para a Física das Partículas é chamado de um evento, que é semelhante a uma reação química para a Química, no sentido de que um conjunto de partículas é formado a partir de outro.

As tabelas a seguir devem ajudá-lo a identificar os tipos de partículas e suas cargas em uma série de eventos a seguir indicados. Cada partícula pode ter uma carga elétrica de 1, -1, ou 0.

Observe que as antipartículas são indicadas por uma barra sobre o nome da partícula, ou ainda simplesmente pela suas cargas (e^- = elétron; e^+ = pósitron = anti-elétron).

Por exemplo: π^+ , K^+ e π^- , K^- são, respectivamente, partículas e antipartículas. Uma antipartícula tem a mesma massa que a sua partícula

Hádrons				Léptons		Fóton	
Bárions		Mésons					
Símbolo	Carga	Símbolo	Carga	Símbolo	Carga	Símbolo	Carga
p	+1	π^+	+1	e^-	-1	γ	0
$\bar{p}$	-1	π^-	-1	e^+	+1		
n	0	π^0	0	ν_e	0		
Δ	0	K^+	+1	$\bar{\nu}_e$	0		
		K^-	-1				
		K^0	0				

correspondente, mas o valor oposto para todas as cargas.

Dois conjuntos de eventos de partículas estão mostrados na tabela da próxima página. Na coluna da esquerda, temos apenas eventos que realmente ocorrem, enquanto que na coluna da direita, há somente eventos que não ocorrem

(ou seja, nunca foram observados!).

Ao examinar as duas colunas juntamente com a tabela acima contendo os símbolos, nomes e cargas de algumas partículas, determine quais as quantidades são ou não conservadas nestes eventos. Estas são as "regras do jogo" jogado pela natureza.

Todas as quantidades cuja conservação poderá ser deduzida a partir dos seguintes eventos podem ser encontrados por contagem. Todas essas quantidades são conservadas em cada evento "observado", mas pelo menos uma destas quantidades não é conservada em cada evento "não observado". Suponha que as partículas iniciais têm energia suficiente para gerar as partículas finais.

1. O que significa dizer que uma quantidade é "conservada?"
2. Quais as quantidades são conservadas nos eventos possíveis?
 - a)
 - b)
 - c)
3. O que é um "evento" em física de partículas?

4. Quais dos eventos abaixo são decaimentos?

5. Para cada um dos eventos não observados, indique a quantidade que não é conservada (pode haver mais de uma resposta).

Eventos Observados	Eventos Não-Observados
1. $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$	11. $n + p \rightarrow p + p$
2. $\pi^+ + n \rightarrow p + \pi^0$	12. $p \rightarrow \pi^+ + \pi^0$
3. $\pi^- + p \rightarrow n + \pi^- + \pi^+$	13. $p \rightarrow \pi^+ + \pi^-$
4. $\pi^- + p \rightarrow p + \pi^0 + \pi^-$	14. $\pi^+ + n \rightarrow K^+ + K^0$
5. $\Delta \rightarrow p + \pi^-$	15. $\Delta \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$
6. $\Delta \rightarrow n + \pi^0$	16. $\Delta \rightarrow K^+ + K^-$
7. $n + p \rightarrow p + p + \pi^-$	17. $\pi^0 + n \rightarrow \pi^+ + \pi^-$
8. $p + p \rightarrow p + n + \pi^+$	18. $\pi^0 + n \rightarrow p + \bar{p}$
9. $e^+ + e^- \rightarrow p + \bar{p}$	19. $\Delta \rightarrow n + \pi^0 + \nu_e$
10. $e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma$	20. $\pi^- \rightarrow e^- + \gamma$

Evento #:

11: _____ 16: _____
 12: _____ 17: _____
 13: _____ 18: _____
 14: _____ 19: _____
 15: _____ 20: _____

I.6.2 – Atividade: As Regras do Jogo (CPEP) – Material do Professor

Objetivo:

Mostrar aos estudantes que as leis de conservação são feitas para explicar o que é e o que não é observado e são chamadas de leis apenas depois de muitos testes que confirmem a sua validade.

Esta atividade destina-se a introduzir os alunos a alguns conceitos fundamentais da física das partículas que são as "regras do jogo" desempenhado pela natureza - as leis de conservação e a natureza das partículas. Ao completar este quebra-cabeça, os alunos vão aprender que parte da teoria e da prática da Física das Partículas é uma simples contagem e que um "evento" em física das partículas é comparável a uma reação em química, pois um conjunto de partículas é formado a partir de outro. Além disso, eles aprendem que é assim que os físicos descobrem as regras que são formuladas para explicar os dados, não dados *a priori*.

Você pode introduzir esta atividade pedindo aos estudantes para fingir que eles são cientistas - que elaboram regras que explicam fenômenos observados e, em seguida, usam essas regras para interpretar novas observações. Peça aos alunos para trabalhar em grupos para encontrar exemplos das "regras da natureza" que explicam as listas dos processos vistos e não vistos.

Distribua a folha de atividade e explique que a tabela de partículas pode ser usada para identificar os tipos de partículas e cargas em cada evento.

Quando os estudantes compreenderem como ler a tabela de partículas, faça eles começarem a trabalhar na atividade em pequenos grupos, como fazem os físicos de partículas.

Você pode querer explicar que dois tipos de "eventos" são representados na lista. Eventos 1, 5 e 6 são decaimentos de *partículas*: uma partícula, como um nêutron decai espontaneamente para formar duas ou mais partículas. Os outros eventos "observados" (2, 3, 4, 7, 8, 9 e 10) são *colisões*: as duas partículas iniciais chegam juntas, perto o suficiente, para interagir e transformarem-se em duas ou mais partículas finais.

As seguintes sugestões podem ser dadas para simplificar esta atividade. Você pode querer divulgá-las imediatamente, ou dar-lhes no momento em que forem

necessárias, ou ainda optar por desafiar os estudantes a trabalhar sem quaisquer dicas.

Dicas:

1. As quantidades conservadas não são combinações complicadas das coisas.

2. Os estudantes podem verificar se uma quantidade é conservada em um evento comparando a soma da quantidade do lado esquerdo do evento com a soma da mesma quantidade no lado direito do evento.

3. Na contagem de tipos de partículas, acrescente o número de partículas e subtraia o número de antipartículas.

4. Além de carga elétrica, existem apenas duas outras quantidades conservadas mostradas nestes exemplos.

5. Se as contagens forem equivalentes à esquerda e à direita das setas em todos os eventos "observados", mas não em todos os "eventos nunca observados", esta quantidade é conservada.

6. Os estudantes deveriam tentar contar o número de partículas de uma determinada classe (bárions, léptons, mésons) antes e após um determinado evento. Pode ser útil pedir aos estudantes para fazer uma tabela para manter o acompanhamento da contagem para cada quantidade sobre os lados esquerdo e direito do evento em todos os 20 processos.

Respostas:

1. Quando uma quantidade é "conservada", é a mesma após um evento como era antes do evento.

2. As seguintes quantidades conservadas podem ser encontrados: (a) carga elétrica, (b) número de bárions *menos* número de antibárions, que é chamado de "número bariônico;" (c) número de léptons *menos* número de antiléptons, que é chamado de "número leptônico".

3. Um "evento" é o tipo básico de observação na física das partículas, é uma única *colisão* de duas partículas (produzindo uma transformação em duas ou mais partículas finais), ou o *decaimento* de uma única partícula em duas ou mais

partículas. Um evento é semelhante a uma reação química em Química, no sentido de que um conjunto de partículas é formado a partir de outro.

4. Eventos 1,5 e 6 são decaimentos.

5. Eventos:

11. Carga elétrica

12. Número bariônico

13. Número bariônico e carga elétrica

14.-18. Número bariônico

19.-20. Número leptônico

Atividades de Acompanhamento:

1. Após os alunos concluírem a atividade principal, discuta o que a experiência ensinou-lhes sobre a física das partículas e como os cientistas realizam essas experiências. Os alunos deverão ser capazes de reconhecer que uma parte da teoria e da prática da física das partículas é simples contagem, e que os físicos *inferem* leis de conservação dos dados para explicar o que é e o que não é observado.

2. Peça aos alunos para falar sobre outros exemplos de leis conservação na natureza. Discuta como a "conservação de massa", como ensinado em química é um resultado aproximado que é, de fato, uma consequência da conservação do número bariônico. (Massa é apenas aproximadamente conservada em reações químicas, uma vez que as energias de ligações diferem antes e após a reação.)

3. Discutir a diferença entre o termo "conservação" utilizada na "lei de conservação" e o uso popular em referência à "conservação dos recursos." Uma vez que "a conservação da energia" é uma lei da física, por que precisamos se preocupar com a "conservação da energia" no nosso cotidiano? Para onde a "energia gasta" vai?

I.7.1 – Atividade: Detectando Partículas Invisíveis (CPEP)

Esta atividade mostra como detectores de partículas trabalham e porque possuem várias camadas como mostrado nos cortes e nas ilustrações esquemáticas desta página.

Usando simples materiais você será capaz de rastrear os caminhos de bolas magnéticas de forma análoga a que os físicos de partículas monitoram os movimentos das partículas.

Diagrama esquemático de um Detector de Partículas

Você vai precisar destes materiais:

- Duas tampas de caixas.
- Pequenos objetos para escorar as tampas
- Bolas magnetizadas
- Bolas comuns
- Limalha de ferro bem fina

Siga estas instruções:

1. Coloque uma tampa de cabeça para baixo sobre uma mesa e coloque objetos que a levistem apenas o suficiente para que qualquer uma das bolas utilizadas possa rolar sob ela.
2. Espalhe limalha de ferro na tampa de forma a cobri-la completamente. Este é o seu detector simulado.
3. Jogue uma bola magnética rapidamente por baixo do detector simulado. Escreva suas observações aqui.
4. Qual propriedade da bola que o detector está registrando?
5. Jogue uma bola comum rapidamente por baixo do detector simulado. Escreva suas observações aqui.

Esta observação é semelhante ao comportamento de qual partícula?

Vamos construir agora um detector com duas partes que pode ser utilizado para monitorar partículas "neutras". Coloque uma linha de quatro ou mais bolas magnéticas imediatamente após a primeira tampa e coloque uma segunda tampa

sobre elas (como mostra o esquema abaixo). Seu detector de duas fases estará completo quando se espalhar também a limalha de ferro na segunda tampa.

6.a Jogue uma bola comum por baixo do detector simulado. Se ela acertar uma bola magnética, o que a trilha resultante no segundo detector quer dizer?

6.b Para quais partículas este comportamento é similar?

I.7.2 – Atividade: Detectando Partículas Invisíveis (CPEP) – Material do Professor

Objetivo:

Ilustrar os princípios básicos de um detector de trajetórias de partículas através de uma simulação.

Esta atividade chama a atenção dos estudantes para um detector de partículas - o "coração" de um experimento de Física de Altas Energias. Usando limalhas de ferro e bolas magnéticas, os estudantes vão montar os seus próprios "detectores" e utilizá-los para observar as "trajetórias" formadas pelo movimento das bolas magnéticas numa referência às partículas carregadas existentes em um detector real.

Materiais necessários (para cinco equipes de alunos):

- Dez tampas de caixas de sapato
- Pequenos objetos (borrachas, etc) para escorar as tampas
- Bolas magnéticas
- Bolas comuns
- Limalha de ferro fina

Trabalhando em equipes, os estudantes seguem as instruções fornecidas na ficha de atividade para construir seus próprios detectores. Cada equipe irá utilizar uma tampa de caixa de sapato invertida para simular uma camada detectora que registra trajetórias de partículas de duas maneiras diferentes. Essa simulação vai funcionar bem desde que a parte superior das bolas esteja a menos de meio centímetro da superfície superior da tampa. A limalha de ferro deve ser espalhada até cobrir todo o interior da tampa.

Quando os estudantes arremessarem as bolas magnéticas sob seus detectores simulados, a limalha de ferro irá se alinhar acima do caminho percorrido pelo projétil. Isto é aproximadamente análogo aos diferentes tipos de detectores reais que registram os caminhos de partículas carregadas eletricamente.

Após cada ensaio, prepare novamente o detector agitando suavemente a tampa da caixa para redistribuir as limalhas de ferro.

Na segunda parte da atividade, as bolas comuns colidirão com as bolas magnéticas, as quais criarão uma faixa na limalha que começa a partir da segunda tampa. (Ver as respostas à pergunta 6 abaixo.)

Aqui está uma maneira adicional para a utilização deste detector de duas fases: Peça a um estudante para arremessar algumas poucas bolas no detector. Depois, peça a outro estudante (que não viu quantas bolas foram usadas pelo primeiro estudante) analisar os padrões de trajetórias para determinar quantas bolas magnéticas e não-magnéticas passaram pelo detector.

Observações Sugeridas e Respostas (passos 3-6):

3. A limalha de ferro alinha-se com o caminho percorrido pelas bolas magnéticas que passam pelo detector.

4. Uma carga magnética.

5. (a) O caminho não se registra.

(b) Partículas neutras tais como fótons e nêutrons.

6. (a) Isto sugere a existência de uma bola não-magnética que colidiu com uma das bolas magnéticas no meio do detector.

(b) Isto é análogo a um detector real em que uma partícula neutra colide com uma partícula carregada, ou produz um par de partículas carregadas cujas trajetórias podem ser observadas.

Atividade de Acompanhamento:

Peça a um grupo de estudantes que investiguem cada camada do detector de partículas ilustrado na atividade. Peça um relatório a eles sobre o papel deste instrumento no estudo de partículas.

I.8 – Atividade: Montando partículas com quarks (PCESP)

Objetivo: Iremos trabalhar com o modelo de quarks nesta atividade através da composição de partículas a partir dos quarks já apresentados, respeitando o princípio de soma e conservação de cores.

Sabemos que existem os seguintes quarks:

Já vimos que os quarks têm carga de cor, trocam glúons e, nesta atividade, aprenderemos também que, além disso, eles também têm carga elétrica, só que fracionária em relação à carga do elétron ($e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$).

Características dos quarks					
Nome	Carga Elétrica	Carga de cor	Nome	Carga Elétrica	Carga de cor
u - up	+ 2/3 e	R ou G ou B	$\bar{u}$ - antiup	- 2/3 e	C ou M ou Y
c - charmoso	+ 2/3 e	R ou G ou B	$\bar{c}$ - antichamoso	- 2/3 e	C ou M ou Y
t - top	+ 2/3 e	R ou G ou B	$\bar{t}$ - antitop	- 2/3 e	C ou M ou Y
d - down	- 1/3 e	R ou G ou B	$\bar{d}$ - antidown	+ 1/3 e	C ou M ou Y
s - strange	- 1/3 e	R ou G ou B	$\bar{s}$ - antistrange	+ 1/3 e	C ou M ou Y
b - bottom	- 1/3 e	R ou G ou B	$\bar{b}$ - antibottom	+ 1/3 e	C ou M ou Y

Cores	Anticores
R (red) – Vermelho; G (green) – Verde; B (blue) - Azul	C (cyan) - Ciano M (magent) - Magenta Y (yellow) - Amarelo
Operações de soma de cores:	
$R + G + B = \text{Vermelho} + \text{Verde} + \text{Azul} = \text{Branco}$ $R + G = \text{Vermelho} + \text{Verde} = \text{Amarelo}$ $R + B = \text{Vermelho} + \text{Azul} = \text{Magenta}$ $G + B = \text{Verde} + \text{Azul} = \text{Ciano}$	

Toda partícula formada por quarks deve ter uma carga elétrica entre -2 e 2 (-2 ; -1; 0; 1; 2) e uma carga total de cor branca. Para obter uma partícula com essas características, vocês deverão combinar dois ou mais quarks.

Perguntas:

- 1) Quais são as possíveis combinações de quarks que dão estes resultados?
- 2) É possível formarmos uma partícula de 4 quarks?

I.9 – Exibição de Vídeo e Discussão: “The Big Bang Machine”, 60 minutos, produzido pela BBC, Canal 4

Objetivo: Promover uma visão geral sobre os conhecimentos de fronteira envolvendo o LHC.

A seguir, traduzimos a sinopse deste vídeo disponibilizada no site da BBC em <http://www.bbc.co.uk/programmes/b00dccnr>:

O professor Brian Cox visita Genebra para dar uma olhada ao redor do Grande Colisor de Hádrons antes desta grande máquina de 27 quilômetros de comprimento seja fechada para visitas e um experimento de simulação comece a tentar criar as condições que existiam apenas um bilionésimo de segundo após o Big Bang. Cox faz parte dos cientistas que esperam que o LHC mude o nosso entendimento do Universo primordial e resolva alguns dos seus mistérios.

I.10.1 – Atividade: Trajetórias de Partículas (CPEP)

Os aceleradores de partículas, também chamados de colisores ou esmagadores de partículas, são grandes ou enormes estruturas utilizadas por físicos de partículas para produzir novas partículas pela colisão de duas partículas com altíssimas energias.

Para esta atividade, imagine que um elétron e pósitron estão viajando quase a velocidade da luz e eles colidem frontalmente, transportando o mesmo momento (apenas oposto um do outro!) e produzindo muitas partículas que se espalham em todas as direções.

No acelerador, em torno do ponto de colisão dessas partículas, há um detector de partículas de múltiplas camadas, mostrado aqui em uma vista em corte. Detectores são os sensores utilizados pelas partículas físicas para recolher informações sobre as partículas produzidas por um evento. Cada camada do detector foi concebida para interagir com diferentes propriedades das partículas. A câmara de rastreamento mostra os caminhos de partículas carregadas. Nas camadas calorimétricas, apenas o total de energia depositada é medida, ou seja, os caminhos reais não podem ser reconstruídos. O calorímetro eletromagnético recolhe

energia dos fótons, elétrons e pósitrons. Os hádrons depositam sua energia no calorímetro hadrônico.

Evento 1

Evento 2

Evento 3

Evento 4

Observe o grande ímã no detector. O campo magnético no interior do ímã (paralelo ao tubo do feixe) faz com que se curvem os caminhos de partículas carregadas que se deslocam para fora do ponto de colisão. Então as curvas de partículas positivas e negativas apresentam-se em direções opostas.

Tente analisar os quatro eventos mostrados nas seções transversais, tomados a partir de experiências reais. Utilize a seção transversal com as Amostras de Trajetórias como uma referência juntamente com as "regras" de conservação.

Regras do Jogo:

1) A carga é conservada. (O evento começou com um elétron negativo e um pósitron, então o total de carga é sempre zero.)

2) O momento é conservado. (As partículas originais tinham momentos opostos e iguais, então o momento total é sempre zero.)

Depois de analisar os eventos, preencha o quadro abaixo. Marque cada coluna que representa uma camada do detector em que o rastro aparece. Compare seus resultados com a seção transversal das Amostras de Trajetórias e então responda às perguntas abaixo da tabela.

	Câmara de Trajetórias	Calorímetro Eletromagnético	Calorímetro Hadrônico	Câmara de Múons
Evento 1				
Evento 2				
Evento 3				
Evento 4				

1. Eventos 1-4:

Quais partículas poderiam ser encontradas nos eventos abaixo?

Evento 1:

Evento 2:

Evento 3:

Evento 4:

2. Nos eventos 1 e 2, as partículas tem a mesma carga ou têm cargas opostas?

3. No caso 3, as trajetórias não são iguais. O que isto quer dizer?

I.10.2 – Atividade: Trajetórias de Partículas (CPEP) – Material do Professor

Objetivo: Interpretar alguns eventos típicos de Física de Partículas.

Esta atividade faz os estudantes analisarem e interpretarem uma série de "figuras de eventos" alusivos aos "rastros" de colisões de partículas produzidas por um detector. Para introduzir esta atividade, revise com a classe as características físicas de um detector de partículas, referindo-se ao diagrama da secção transversal de um detector.

Chame a atenção dos estudantes para a semelhança entre a secção transversal de um detector aqui. Dê os nomes das camadas do detector e descreva as suas funções se eles precisarem de assistência. Se alguns dos estudantes já estudaram os componentes dos detectores por conta própria, peça a eles uma apresentação das descobertas para a classe.

Depois de discutir as camadas e suas funções, os estudantes terão a oportunidade de avaliar eventos de um detector de partículas da mesma forma que os físicos de partículas fazem. Revise o material introdutório e as "regras do jogo" como uma aula. Em seguida, peça aos estudantes para trabalhar independentemente ou em pares para analisar e interpretar os quatro eventos retratados.

Respostas:

Evento 1:

As partículas são: um elétron e um pósitron (ou seja, antielétron). Seus caminhos são contrários devido à interação com o campo magnético.

Evento 2:

As partículas são: um múon e um antimúon.

Evento 3:

As partículas são: um múon e um pósitron, ou um antimúon e um elétron mais algumas partículas invisíveis para a necessária conservação de momento.

Evento 4:

As partículas são: hádrons (mais informação é necessária para identificá-los como hádrons específicos).

Uma vez que as partículas originais foram e^- e e^+ , o total da carga é zero. Assim, uma das partículas finais é positiva e outra é negativa. Você pode dizer qual é qual usando a curvatura das faixas.

Uma vez que as partículas originais tem momentos opostos mas iguais, o total era zero. Isto significa que deve haver partículas invisíveis (neutrinos) neste evento que transportam algum momento, uma vez que as faixas não podem conservar o momento.

Atividades de acompanhamento:

1. Quando os alunos concluírem essa atividade, abra um debate sobre as duas classes fundamentais de partículas e o equipamento que é usado para gravar seu comportamento. Discuta porque os detectores são construídos em muitas camadas e por que cada tipo de partícula tem um padrão de faixas.

2. Sugira que os alunos avaliem o que aprenderam retomando a primeira atividade deste programa novamente e indicando suas respostas a cada declaração.

Outras Sugestões:

1. Ilustre o quanto de espaço vazio existe dentro de um átomo e de um próton através da construção de "modelos" rudimentares sobre um campo de futebol, utilizando bolas de gude e três a seis bolas golfe. O campo inteiro representa um átomo; uma bolinha de gude colocada próxima ao centro do campo representa o núcleo, que nesta escala seria um pouco menor do que a bolinha. Peça aos alunos olharem para ele a partir da margem.

Então faça eles imaginarem que um poderoso microscópio expande o núcleo até um único próton se tornar tão grande como o campo de futebol, um grande espaço ocupado por apenas três pequenos objetos - os quarks - representados por três bolas de golfe aleatoriamente dispersas no campo.

2. Incentive os estudantes a desenvolver apresentações criativas sobre uma tabela específica ou ilustração a partir do Modelo Padrão das Partículas

Fundamentais e a Tabela de Interações. As possibilidades incluem desenhos animados, histórias contadas a partir do ponto de vista de uma partícula, danças representando características das partículas e interações e "definições" bem-humoradas a partir das definições usuais de cada partícula. A Bibliografia fornecida pode ser utilizada como um ponto de partida em sua busca de informação.

3. Faça os estudantes utilizarem um tanque de ondas para demonstrar que as partículas com comprimento de onda longo (baixa energia) não podem detectar pequenas estruturas. Gere uma frente de onda e coloque um obstáculo menor do que o comprimento de onda e, em seguida, diminua o comprimento de onda até que seja aproximadamente do mesmo tamanho que o obstáculo. A quebra resultante nas ondas mostra que as pequenas estruturas são visíveis somente para ondas com comprimento de ondas mais curtos. Da mesma forma, pequenas partículas são visíveis somente com feixes de partículas de alta energia (ondas muito curtas).

4. Uma nuvem câmara simples - um dos primeiros tipos de detector de partículas - pode ajudar você e seus estudantes experienciar traços de partículas em primeira mão! Você pode usar uma câmara comercial (tais como uma Câmara de Nuvem de Wilson) ou fazer a sua própria. (Inverta uma jarra com boca grande de vidro de modo que a tampa esteja no fundo. Coloque papel preto no interior da tampa e das paredes; deixe um buraco para uma fonte luminosa.) Preencha o fundo da câmara com 0,5 cm de álcool metílico; coloque a câmara em gelo seco.

Uma câmara comercial terá a sua própria fonte radioativa; se você construir sua própria câmara, utilize pedras de urânio e um detector de fumaça radioativa. Coloque a fonte na câmara e coloque uma luz brilhante cerca de 10 cm da câmara. Partículas carregadas, tais como partículas beta, prótons e partículas alfa deixarão trilhas de condensação quando eles ionizarem o ar na câmara. Você também poderá ver faixas de raios cósmicos.

Partículas alfa deixarão faixas mais curtas - alguns centímetros ou menos de comprimento. As faixas são mais longas quando feitas por partículas beta, as quais podem ser negativas (elétrons) ou positivas (pósitrons).

I.11 – Leitura e discussão de Texto: “A Cosmologia” de Rogério Rosenfeld *in Física na Escola*, v. 6(1), p. 31, 2005.

Objetivo: Discutir algumas conexões entre a Cosmologia e a Física de Partículas.

O texto havia sido previamente dividido em seis blocos. Cada licenciando ficou responsável por fazer uma leitura de um bloco e expor para todo o grupo. Ao fim de cada exposição, eu atuava reforçando ou complementando determinados assuntos do texto que julgava mais importantes.

I.12 – Leitura e discussão dos Textos das Atividades de Física de Partículas – 3º ano – 4º bimestre da Proposta Curricular do Estado de São Paulo (CPEP)

Objetivo: Apresentar estas atividades de Física de Partículas e refletir a respeito.

Cada um dos licenciandos teve certo tempo para ler e pensar sobre uma atividade de Física de Partículas da Proposta Curricular do Estado de São Paulo e expor para todo o grupo do que a mesma se tratava, bem como expressar sua impressão sobre ela. Ao cabo de cada apresentação, intervinha reforçando ou complementando determinados pontos da atividade que julgava relevantes.

ANEXO J – Atividades de Nanociência

OBS: As atividades a seguir são de autoria de Marcelo Pereira da Silva, mestrando em Ensino de Ciências, modalidade Ensino de Física, pelo Programa de Pós Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo.

J.1 - Ciência e Tecnologia em escala nanométrica.

Objetivo: Apresentar alguns aspectos sobre a ciência e a tecnologia desenvolvidas no mundo de hoje.

A atividade a seguir tem como base um texto retirado do livro ‘Aplicações da Física Quântica – do transistor à nanotecnologia’ que aponta alguns aspectos relevantes sobre o desenvolvimento de dispositivos que envolvem tais conceitos da física quântica importantes para o entendimento do tema.

- Antes de iniciar a leitura, responda as questões apresentadas a seguir:
- ◆ Como a Ciência e a Tecnologia influenciam nosso mundo hoje?
- ◆ Utilizamos aparelhos, produtos e outras modernidades que antigamente não existiam?
- ◆ É possível viver em sociedade sem levar em conta os avanços científicos e tecnológicos?

Texto: O Nanomundo em Evidência

Nos últimos anos, o termo nano tem aparecido com frequência crescente na mídia, associado às palavras nanociência e nanotecnologia. Nem sempre o que é divulgado tem base científica. Por exemplo, robôs ultraminiaturizados capazes de operar maravilhas no mundo microscópico são ainda ficções científicas. Realisticamente, temos hoje dispositivos eletrônicos ou eletromecânicos de dimensões nanométricas, também conhecidos como sistemas nanométricos eletromecânicos obtidos por nanofabricação.

O lado atualmente mais visível da nanotecnologia está ligado ao desenvolvimento de novos materiais avançados, à síntese controlada de “moléculas gigantes” (macromoléculas) com propriedades inéditas ao desenvolvimento de medicamentos (fármacos) mais eficientes e seguros e uma grande variedade de outros avanços extraordinários com base na manipulação da matéria em escala atômica.

Estamos no limiar de uma verdadeira revolução tecnológica, cuja evolução deverá abranger décadas, com o impacto que provavelmente deverá superar o de todas as revoluções técnicas do passado. Dela resultarão materiais inéditos, grandes avanços na medicina e na farmacologia, métodos mais eficientes para a indústria química e petroquímica, computadores com um grau de sofisticação e complexidade sem precedentes – provavelmente baseados em outros princípios físicos –, maior eficiência no uso da energia, grandes inovações na área do meio ambiente e vários outros avanços que podemos apenas vislumbrar.

A nanociência e a nanotecnologia têm um caráter interdisciplinar, envolvendo principalmente a física, a química, a ciência dos materiais, a biologia e a engenharia elétricas.

Com o crescente poder de processamento dos computadores e o uso de métodos teóricos e computacionais da química quântica é possível explicar as propriedades de aglomerados atômicos de complexidade crescente em escala nanométrica, e mesmo prever com segurança as propriedades de objetos nanométricos ainda não produzidos.

No nanomundo, os fenômenos de natureza quântica se manifestam com frequência de forma surpreendente. Graças aos avanços da nanociência e da nanotecnologia, pela primeira vez é possível estudar as propriedades dos componentes básicos dos seres vivos e, assim, abordar em condições talvez mais favoráveis aquele que é o maior de todos os desafios científicos: a compreensão da vida.

Bibliografia:

ALVES, E. G.; CHAVES, A. S.; VALADARES, E. C., *Aplicações da física: quântica do transistor à nanotecnologia*, 1 ed. São Paulo. Editora Livraria da Física, 2005.

- Com base nesse texto e em seu entendimento sobre Ciência e Tecnologia, responda as seguintes questões:
- ♦ Quando o autor usa o termo 'nanomundo' ele se refere literalmente a um novo mundo que foi descoberto? Explique.
- ♦ Quais as aplicações da nanotecnologia mais visíveis nos dias de hoje?
- ♦ Cite uma diferença que favoreça o desenvolvimento de materiais em nanoescala em contrapartida ao desenvolvimento em macroescala?
- ♦ Quais as áreas que apresentam grandes desenvolvimentos relacionados à nanociência e a nanotecnologia?
- ♦ Alguns produtos do desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia não passam de especulações e são vistos hoje como obras de ficção científica. Existe alguma razão para pensarmos que isto venha a se tornar realidade? Argumente sobre seu ponto de vista.
- ♦ Que razões podem ser apontadas para que este estágio de desenvolvimento da Ciência só esteja sendo conseguido atualmente?

J.2 - Lord Kelvin Versus Richard Feynman

Objetivo: Apresentar visões diferentes de grandes nomes da Ciência.

- A seguir, veremos duas descrições sobre cientistas de grande renome na evolução da ciência, para tanto, antes de ler os textos, responda a seguinte pergunta:
- ◆ Quando se pode de dizer em Ciência que algo já foi testado por completo? O surgimento de grandes obstáculos significa o fim da descoberta científica?

Richard Feynman

A conferência dada por Richard Feynman, em 29 de dezembro de 1959, no encontro anual da Sociedade Americana de Física (APS) no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech) é considerada marco inicial nas discussões e proposições a respeito de pesquisas em Nanociência e Nanotecnologia. Mesmo desacreditada naquela época, principalmente devido à tecnologia ainda pouco avançada, serviu de base para a maioria dos desenvolvimentos que vemos nos dias de hoje e que ainda prometem revolucionar ainda mais a ciência e até mesmo a humanidade.

A palestra intitulada “There many plants at the bottom” traduzida para o português como “Há muito espaço lá embaixo” mostrou idéias antes inimagináveis mesmo para as grandes mentes que participavam do encontro de cientistas. Feynman mostrou ao mundo que nossas limitações só não eram maiores que nossa capacidade de ver o mínimo e assombroso caminho para a Nanociência.

Trechos de: “Há muito espaço lá embaixo” (Richard P. Feynman)

Eu gostaria de descrever um campo no qual pouco tem sido feito, mas no qual, em princípio, uma enormidade pode ser conseguida. Esse campo não é exatamente do mesmo tipo que os outros, no sentido em que não nos dirá muito sobre as leis fundamentais da física.(...) Um aspecto muito importante é que esse campo terá um enorme número de aplicações técnicas.

O que eu quero falar é sobre o problema de manipular e controlar coisas em escala atômica.

Tão logo eu menciono isto, as pessoas me falam sobre miniaturização e o quanto ela tem progredido nos dias de hoje, mas isso não é nada: é o passo mais primitivo e hesitante na direção que eu pretendo discutir. É um novo mundo surpreendentemente pequeno. No ano 2000, quando olharem para esta época, elas se perguntarão 'por que só no ano de 1960 que alguém começou a se movimentar seriamente nessa direção?'.

Lord Kelvin

Físico escocês, de origem irlandesa, dedicou sua vida à ciência experimental.

Em 1832 descobriu que a descompressão dos gases provoca esfriamento, e criou a escala de temperaturas absolutas, cujo valor da temperatura em graus equivale ao grau Celsius mais 273,16. Trabalhou como professor em Glasgow entre 1846 e 1899. Interessado no aperfeiçoamento da física instrumental, projetou e desenvolveu vários equipamentos, entre eles um aparelho usado na primeira transmissão telegráfica por cabo submarino transatlântico.

Lord Kelvin ficou famoso por suas gafes e previsões equivocadas. São dele as seguintes pérolas do ceticismo malsucedido, registradas na história da evolução científica e das invenções tecnológicas:

"Átomos não existem."

"Radioatividade é bobagem."

"Os aviões são impossíveis, porque mais pesados que o ar."

"Os raios X vão se revelar um engano."

"A Teoria da Evolução, de Darwin, é incompatível com a pouca idade da Terra."

A obsessão dos grandes erros

Em famosa carta de 27 de abril de 1900, Lord Kelvin declarou oficialmente que a Física já descobrira praticamente tudo que havia para descobrir no Universo. Falecido pouco depois, não teve o dissabor de ver o quanto tudo mudou em termos de conhecimentos físicos, com o advento da Física Quântica, da Relatividade

Especial, da Relatividade Geral, do Modelo do Big Bang e a conseqüente nova Cosmologia.

- Considerando as diferentes visões científicas, responda:
 - ◆ Apesar de muitas das observações de Kelvin terem sido refutadas durante o desenvolvimento da Ciência, você considera que sua imagem como cientista tenha se comprometido?
 - ◆ Quais razões podem ser consideradas para as observações negativas de Kelvin sobre a ciência?
 - ◆ Que diferenças podem ser percebidas entre os discursos de Kelvin e Feynman sobre ciência?
 - ◆ Avalie a importância de concepções errôneas para o avanço da Ciência.
 - ◆ Com base em toda a discussão proposta, você considera a Nanociência o último passo da evolução científica?

J.3 - O que são Nanociência e Nanotecnologia

Objetivo: Apresentar aspectos gerais sobre a nanotecnologia.

O texto a seguir foi publicado na coluna 'As linguagens do conhecimento' sobre autoria do Professor Osvaldo de Oliveira Junior, do Instituto de Física de São Carlos – USP, publicada no jornal 'A Tribuna'. E traz diversos aspectos interessantes sobre a nanociência e a nanotecnologia.

- ♦ Antes de realizar a leitura, escreva em poucas linhas sobre o que você entende por nanotecnologia.

Texto: Por que nanotecnologia

São lindos os vitrais das catedrais européias, cores vivas obtidas a partir do ouro. Mas se é de ouro não deveria ser sempre dourado? Há séculos, artistas e artesãos já sabem como obter cores variadas a partir do ouro. São na verdade nanopartículas, cuja cor varia com o tamanho. Quer dizer que produtos nanotecnológicos existem há muito mais tempo do que pensávamos? Sim! Mas, a diferença é que não se podia imaginar que aquela tinta de várias cores continha nanopartículas, e nem se poderia medir seu tamanho.

Explico então o termo nanotecnologia. Nano – do grego anão – é um prefixo para denominar a bilionésima parte de alguma grandeza. Se for nm (nanômetro), é a bilionésima parte de um metro, ou milionésima parte de um milímetro. Para a medida de tempo, 1 ns (nanossegundo) é a bilionésima parte de um segundo. Pois bem, nanotecnologia é a área que lida com materiais na escala de 1 a 100 nm, como é o caso das nanopartículas de ouro. Só para comparar uma célula tem dimensão típica de 1000 nm, uma proteína pode ter 100 nm.

O termo “nanotecnologia” foi cunhado por um pesquisador americano, Eric Drexler, em 1986, mas toda a área foi inspirada numa aula do físico brilhante Richard Feynman, também americano. Em dezembro de 1959, em uma palestra com caráter de divulgação científica, Feynman lançou o desafio para que alguém tentasse armazenar toda a informação da Enciclopédia Britânica na cabeça de um

alfinete. Ele dizia que isso deveria ser possível, pois não há nada nas leis da física que proíba a manipulação da matéria átomo por átomo.

Como um átomo tem dimensões de décimos de 1 nm, esta proeza de escrever informação em espaços muito pequenos seria factível. O tempo mostrou que Feynman estava certo, e hoje não só é possível armazenar informações com a densidade que ele sugeriu, mas também manipular átomos isoladamente.

Na concepção de Drexler, a nanotecnologia lidaria com fabricação de estruturas e máquinas pequeníssimas, como nanorobôs, por exemplo. Muitos pesquisadores perceberam, entretanto, que a natureza – os seres vivos, em particular – depende de fenômenos que ocorrem na escala nanométrica.

Portanto, fazia sentido estudar na área que acabou por se denominar nanociência e nanotecnologia uma série de processos físicos, químicos e biológicos. Com instrumentos cada vez mais sofisticados, especialmente microscópios, para estudar a matéria em detalhe, concluiu-se que nanotecnologia poderia ir muito além das nanomáquinas.

Muitos são os exemplos de aplicações da nanotecnologia, mesmo em áreas que aparentemente não envolvem “nano coisas”. Talvez ninguém suspeite que a nanotecnologia pode ajudar o Brasil a dar um passo importante na indústria do petróleo. Acontece que uma parte do petróleo extraído no Brasil é de petróleo pesado, cujo refino requer tecnologias de que não dispomos. Por isso, exportamos esse petróleo – a preços mais baixos obviamente – e continuamos a ter que importar petróleo mais leve, para produzir gasolina. Dentre as possíveis soluções para refinar o petróleo pesado estão nanotecnologias para uma catálise mais eficiente. Se formos capazes de desenvolver essa tecnologia, daremos um grande salto.

O entusiasmo pela nanotecnologia nem sempre é consensual. Uma pergunta pertinente, freqüente nos meios acadêmicos, é se justifica criar uma nova área que acabe por englobar pesquisas e tecnologias de áreas tão distintas e tão vastas. Afinal, na sua definição mais abrangente, de estudo e controle de materiais no nível atômico ou molecular, nanociência e nanotecnologia envolveriam praticamente toda a física, toda a química, biologia molecular, farmacologia, etc.

Apesar de entusiasta da área, confesso que a resposta para esta pergunta não é tão fácil. É provável, por exemplo, que sejamos forçados a fazer recortes e estreitar as definições. Entretanto, são muitas as vantagens da definição abrangente. A primeira delas é que com nanotecnologia podemos abordar problemas de maneira integrada, sem compartimentalizar em aspectos só físicos, ou só químicos, ou biológicos.

Não nos esqueçamos que a divisão em áreas é uma maneira de melhor treinar os profissionais, identificando assuntos nos quais um determinado tipo de profissional precisa se aprofundar.

A realidade não tem compromisso com esta divisão artificial. Nossos desafios são sempre multidisciplinares!

- Considerando os aspectos apresentados no texto, discuta as seguintes questões:
- ◆ O que é nanotecnologia? Em que área ela pode estar presente?
- ◆ Por que a nanociência não deve ser considerada uma nova área independente da ciência?
- ◆ Qual a diferença entre as nanopartículas que compõem as pinturas dos vitrais das catedrais européias e as nanopartículas produzidas nos dias de hoje?
- ◆ Em sua concepção, existem diferenças entre os termos ‘nanociência’ e ‘nanotecnologia’?
- ◆ As palavras ‘nanociência’ e ‘nanotecnologia’ nos sugere certa reflexão. Pensando nisso, quais razões você considera para a escolha destes nomes? E ainda, quais razões você considera para que os avanços científicos e tecnológicos tomem este rumo?

- ♦ Qual a relação entre os avanços tecnológicos e a diminuição dos dispositivos eletrônicos?
- ♦ Aponte quais diferenças você pode notar entre a sua resposta anterior à leitura do texto e sua percepção atual sobre nanotecnologia.

J.4 - O tamanho do nano

Objetivo: Apresentar as dimensões de tamanho do nanômetro e os efeitos que ocorrem nessa escala.

No filme ‘Querida encolhi as crianças’ que passou nos cinemas na década de 1990, o cientista ‘Wayne Szalinsky (interpretado pelo ator canadense Rick Moranis) inventa uma máquina que, por acidente, encolhe seus filhos e os do vizinho até o tamanho de insetos. Perdidos no jardim da própria casa, os personagens deparam-se com perigos fantásticos, como tempestades e a ameaça de serem devorados por ‘monstros’.

- ◆ Apesar da diminuição de tamanho evidente, existem diferenças no mundo dos personagens em função do efeito ocorrido?
- A seguir temos imagens em dimensões diferentes mostrando uma aproximação de um mesmo ponto de uma mão.

Com o auxílio de uma lupa você já poderá notar alguns detalhes na estrutura de sua mão não vistas a olho nu. À medida que o poder e a tecnologia do microscópio vão aumentando, mais detalhes vão sendo percebidos.

- ♦ Com base na imagem e no trecho do filme, reflita: O que aconteceria com os personagens se o equipamento estivesse ajustado para reduzi-los para as escalas da nanotecnologia (1 a 100 nanômetros)?

J.5 - Evolução Nanotecnológica através do carbono.

Objetivo: Apresentar algumas das estruturas compostas por carbono responsáveis por muitos dos avanços da nanotecnologia.

A atividade a seguir tem como base um texto retirado do livro ‘Aplicações da Física Quântica – do transistor à nanotecnologia’ que aponta alguns aspectos relevantes sobre o desenvolvimento de dispositivos que envolvem tais conceitos da física quântica importantes para o entendimento do tema.

Antes de iniciar a leitura, vamos construir uma estrutura semelhante à um nanotubo de carbono. Para isso, algumas informações são bastante úteis:

- ✓ Assim como o próprio nome diz, os nanotubos são formados somente por átomos de carbono;
- ✓ Os nanotubos são formados por estruturas hexagonais de carbono;
- ✓ Sua estrutura é comparada à uma folha de grafeno na qual foram unidas as extremidades, formando então um tubo.

Com essas informações já é possível construir sua maquete.

Texto: Nanotubos de Carbono e suas múltiplas aplicações

O átomo de carbono é um elemento versátil que pode ser encontrado em vários arranjos atômicos. Ele é base de vários materiais de grande importância tecnológica e também da própria vida.

Um dos seus arranjos mais conhecidos é a grafite, no qual átomos de carbono formam redes hexagonais dispostas em planos paralelos (sistemas bidimensionais), havendo uma fraca ligação entre planos vizinhos.

Outras formas de composição do carbono têm despertado grande interesse científico e tecnológico. Uma delas são as estruturas nanométricas com o formato de uma bola, destacando-se a molécula C_{60} , que constituem os chamados fulerenos. Essas estruturas foram descobertas em 1985 por R. F. Curl, H. W. Kroto e R. E. Smalley.

Em 1991, uma nova estrutura de carbono foi identificada por S. Iijima, os chamados nanotubos de carbono. Elas são basicamente folhas de grafite que se

enrolam para formar tubos com diâmetro variando entre 2 e 5 nm e comprimentos que superam a escala de microns.

Os nanotubos de carbono apresentam várias propriedades inéditas, a começar pela sua resistência mecânica. Eles permitem fabricar sólidos quatro vezes mais leves e pelo menos cinco vezes mais resistentes que o aço, o que poderá gerar aplicações relevantes para a indústria mecânica. Dependendo da quiralidade, os nanotubos podem ser semicondutores ou metálicos, uma característica vital para dispositivos nanoeletrônicos.

- A partir do que você entendeu sobre o texto e sobre os nanotubos de carbono, responda:
- ◆ Quais as vantagens de se obter materiais mais resistentes e mais leves?
- A reportagem mostrada a seguir foi publicada na Revista Pesquisa FAPESP na edição 125 do mês de julho de 2006.

Dessalinização com nanotubos

© Scott Dougherty (LNLL)

Edição Impressa 125 - Julho 2006

Pesquisa FAPESP -

Pesquisadores do Laboratório Nacional Lawrence Livermore (LNLL), dos Estados Unidos, criaram uma membrana feita com nanotubos de carbono e silício que poderá, entre outras coisas, ser empregada de forma

Moléculas no interior de um nanotubo

mais eficiente para fazer a dessalinização da água do mar. A descoberta é importante porque menos de 1% das reservas de água do planeta está disponível para consumo humano. A dessalinização, acreditam os pesquisadores, é uma das rotas mais promissoras. Bilhões de nanotubos, tubos ocos formados por folhas com

a espessura de átomos de carbono, transformam-se nos poros das membranas. De tão finos, eles permitem a passagem simultânea de apenas seis moléculas de água, bloqueando partículas maiores. Atualmente, a retirada do sal da água do mar é feita pelo processo de osmose reversa, que utiliza membranas menos permeáveis a altas pressões. Estima-se que o novo método, ainda sem data para chegar ao mercado, possa reduzir os custos de energia no processo de dessalinização em até 75%.

- ◆ O uso de nanotubos de carbono para dessalinização da água nos mostra que estes podem ser empregados em diversas áreas de pesquisa e desenvolvimento. Como você avalia a utilização de um mesmo material para aplicações tão diferentes?
- ◆ Esse é um exemplo de como a nanotecnologia pode solucionar problemas com a falta de água?

J.6 - Propriedades dos elementos

Objetivo: Aprender sobre as propriedades dos elementos em escala macro, micro e nano.

Esta atividade é baseada no artigo 'Nanociência de baixo custo em casa e na escola' publicado na edição de maio de 2007 da revista 'Física na Escola'. Nesta parte discutiremos um pouco sobre a diferença de propriedades entre o mundo macroscópico e o mundo nanoscópico.

Inicialmente temos 3 demonstrações cada uma com uma ou mais perguntas a serem respondidas ao final de cada etapa:

Demonstração 1:

Para esta demonstração utilizaremos um cubo.

- Faça as medidas dos lados do grande cubo e calcule a área superficial e o volume do mesmo.

Agora desmembre o grande cubo nos vários cubos menores.

- Calcule novamente a área superficial e o volume para cada um dos cubos.

Pergunta-se:

Qual a diferença entre as medidas dos cubos?

Demonstração 2: Efervescência

Material:

- 2 pastilhas efervescentes;
- 2 copos de água.

Procedimento: Triture uma das pastilhas efervescentes até que consiga um pó como produto. Coloque as pastilhas em dois copos diferentes com aproximadamente o mesmo volume de água e observe.

Pergunta-se:

Houve diferença na ação das pastilhas nos copos? Como você explicaria esse comportamento?

Demonstração 3: Acendendo aço com uma bateria

Material:

- Uma bateria de 9V;
- Uma chave de fenda;
- Um chumaço de palha de aço.

Procedimento: Primeiramente encoste a chave de fenda na bateria de forma que a aste metálica entre em contato com os dois pólos. Em seguida retire a chave de fenda e coloque a palha de aço em contato com os dois pólos da bateria.

Pergunta-se:

- O que acontece se colocarmos uma chave de fenda em contato com a bateria?
- E se colocarmos essa mesma bateria em contanto com um chumaço de palha de aço?

Responda:

Apesar de serem bastante diferentes, as três demonstrações apresentam um fator comum muito importante para o nosso estudo, você saberia explicar qual?

Se diminuíssemos ainda mais o tamanho dos cubos, triturássemos ainda mais a pastilha efervescente ou utilizássemos uma palha de aço ainda mais fina, que efeitos seriam observados?

Existem um limite para a diminuirmos estes materiais?

Com base na pergunta anterior, reflita sobre:

Quantas vezes podemos dividir um pedaço de madeira e os pedacinhos menores continuarem a ser madeira?

E um pedaço de ouro, quantas vezes podemos dividi-lo em pedacinhos que ainda sejam ouro?

Nesses casos, existem diferenças entre o ouro e a madeira? Justifique sua resposta.

J.7 - Como medir o muito pequeno

Objetivo: Apresentar as dimensões de tamanho do nanômetro e quais instrumentos devem ser utilizados para realizar tais medidas.

Na primeira parte dessa atividade vamos entender quais as razões para a utilização de vários instrumentos de medidas diferentes.

Existem formas diretas e indiretas de realizar medições, de acordo com o tamanho do objeto e dos instrumentos disponíveis para medi-lo.

- Em sala de aula são utilizados um bloco de folhas de papel sulfite e uma régua.

Pergunta-se: Qual a espessura de uma folha de papel sulfite? Apresente o método utilizado para encontrar o valor da medida.

- ◆ Quais outros instrumentos de medida que poderiam ser mais precisos que a régua para medir da folha de papel sulfite?

O próximo passo será tentar estimar medidas um pouco menores que a espessura da folha de papel sulfite.

- O professor fornecerá um disco de vinil e as informações necessárias para responder as seguintes perguntas:
 - ◆ Qual a largura da trilha de gravação de um disco de vinil?
 - ◆ Quantos minutos de música o disco de vinil pode armazenar?
 - ◆ Os primeiros CDs de música podiam armazenar 60 minutos de música, considerando as informações referentes ao disco de vinil, qual a largura da trilha de gravação dos CDs?

Exercício Vestibular Unicamp(2005)

Uma caneta esferográfica comum pode desenhar um traço contínuo de 3 km de comprimento. A largura desse traço é de 0,5 mm. Estime o volume em uma carga nova de uma caneta esferográfica e, a partir desse valor, calcule a espessura do traço deixado pela caneta sobre o papel.

Prática: Agora vamos fazer o mesmo tipo de cálculo, mas com a utilização da lapiseira. Deixe aproximadamente 1mm de grafite e desenhe até gastar tudo (é ideal que se faça retas para facilitar a medição do comprimento do traço). Agora calcule a espessura do traço sobre o papel.

A que grandeza pertencem os resultados da prática e do exercício da caneta?

J.8 - A vitrola e o microscópio

Objetivo: Entender o funcionamento e a finalidade dos microscópios de tunelamento.

Antes de iniciar a atividade, explique qual a importância do desenvolvimento de aparelhos de microscopia para o desenvolvimento da Ciência e principalmente da Nanociência e da Nanotecnologia.

➤ Como funciona um microscópio de tunelamento (STM)?

Diferenças e semelhanças entre o microscópio de força atômica e um toca-discos.

O texto reproduzido a seguir é uma tradução do site 'Nobel Prize' e explica simplificada o que é e como funciona um microscópio de tunelamento.

Microscópio de Tunelamento

O microscópio de varredura de tunelamento (STM) é um tipo de microscópio eletrônico que mostra imagens tridimensionais de uma amostra. No STM, a estrutura de uma superfície é estudada usando uma caneta que varre a superfície a uma distância fixa a partir dele.

Correntes de Controle da Superfície

Uma sonda extremamente fina é conduzida junto à amostra. Elétrons formam um túnel entre a superfície e a caneta, produzindo um sinal elétrico. A caneta é extremamente precisa, sendo que sua ponta é formada por um único átomo. Ela promove lentamente uma varredura em toda superfície a uma distância de apenas o diâmetro de um átomo. A caneta é levantada e abaixada, a fim de manter o sinal constante e manter a distância. Isto permite-lhe seguir até os menores detalhes da superfície realizando a digitalização. A gravação do movimento vertical da caneta torna possível estudar a superfície da estrutura átomo por átomo. Um perfil da superfície é criado e por meio de um computador é gerado mapa de contorno da superfície.

Importante em muitas ciências

O estudo de superfícies é uma parte importante da física, com aplicações específicas em física de semicondutores e microeletrônica. Em química, as reações de superfície também desempenham um papel importante, por exemplo, em catálise. O STM funciona melhor com materiais condutores, mas também é possível fixar moléculas orgânicas em uma superfície e realizar o estudo de suas estruturas. Esta técnica está sendo utilizada, por exemplo, no estudo de moléculas de DNA. Demonstração:

Um microscópio de tunelamento é um aparelho de custo elevado, difícil de ser manuseado e disponível apenas em alguns centros de pesquisa, porém podemos entender o seu funcionamento através de uma analogia bastante simples. Para isso precisaremos dos seguintes materiais:

- Um toca-discos (também conhecido como vitrola)
- Um espelho pequeno
- Uma ponteira laser
- Uma aste para fixar a ponteira.

O sistema deve ficar semelhante à figura ao lado. Preste atenção no movimento que o feixe de laser refletido no espelho (é preciso que se tome cuidado com o feixe para que não atinja os olhos).

O produto obtido pelo toca-discos é a música que sai no alto falante, enquanto no microscópio de tunelamento, obtemos uma imagem do átomo, mesmo assim o mecanismo é bastante parecido, tem-se para ambos uma ponta bem fina que lê a superfície de um material e a reproduz.

Com os acessórios que encontramos para o toca-discos, os efeitos são ainda mais parecidos com os encontrados nos STM.

Vejamos agora a simulação disponível no site 'Nobel Prize' mostrando as imagens obtidas da superfície de alguns materiais.

http://nobelprize.org/educational_games/physics/microscopes/scanning/stm.html

Considerando os aspectos apresentados acima, Identifique semelhanças e diferenças entre o microscópio eletrônico e o aparelho toca-discos e avalie a utilização deste tipo de tópico no ensino médio.

Agora que você já utilizou o microscópio, responda novamente a pergunta: 'qual a importância do desenvolvimento de aparelhos de microscopia para o desenvolvimento da Ciência e principalmente da Nanociência e da Nanotecnologia?' levando em consideração as proposições da atividade.

J.9 - Auto-organização de moléculas

Objetivo: Entender como ocorre a auto-organização das moléculas

Podemos entender como funciona a auto-organização das moléculas a partir de algumas demonstrações simples.

Demonstração 1:

A auto-organização é uma estratégia bastante pesquisada principalmente por permitir que se construa produtos em larga escala com certa rapidez, pois através dela os elementos se organizam sem que haja necessidade de manipulação dos elementos um a um.

Podemos demonstrar como ocorre a organização utilizando uma bacia com água e algumas peças de lego. Nesta demonstração é preciso apenas que deposite as peças de lego sobre a bacia com água.

Pergunta-se:

O que ocorre? Por que este fenômeno é parecido com a auto-organização das moléculas?

Demonstração 2:

Um fenômeno que ocorre em escala nanométrica e que pode ser reproduzido utiliza-se de uma bacia com água, talco e uma gota de óleo.

Uma gota de óleo é depositada sobre a bacia com água coberta com talco e livre de agitação.

Pergunta-se:

O que ocorre? Você saberia explicar o que ocorre com a gota de óleo na superfície da água?

- Porque ambas as demonstrações servem de exemplo para a estratégia bottom-up (de baixo para cima)?
- Você saberia dar exemplos de materiais organizados em nível molecular? Quais?

J.10 - Impactos Sociais e Ambientais da nanotecnologia

Objetivo: Discutir os impactos causados pela nanotecnologia na vida das pessoas, tanto com relação à fabricação de produtos quanto à ação no meio ambiente.

A seguir, estão algumas citações a respeito dos impactos positivos e negativos da nanotecnologia.

- Pede-se que antes de realizar a leitura e considerando o que vocês já estudou sobre o tema, cite alguns impactos que você acredita ocorrer na utilização das técnicas para a produção de matérias nessa escala.

1. *“Em ambientes controlados, como laboratórios com equipamentos de segurança e sistemas de ventilação adequados, os riscos para quem trabalha com nanotecnologia são minimizados. Mas fora desses locais, para onde as nanopartículas cedo ou tarde escapam, a situação é mais delicada. Essas microestruturas têm um tempo de vida longo no meio ambiente, podendo ser rapidamente absorvidas por organismos e retornar ao homem pela cadeia alimentar. (...) Uma vez inaladas ou em contato com a pele, tais partículas podem chegar a qualquer órgão de nosso corpo”, explica o químico. Ele diz que, de acordo com a evolução darwiniana, um ser vivo só pode desenvolver resistência a uma ameaça potencial depois de ter sido exposto a ela continuamente. “No caso da nanotecnologia, no entanto, ainda não criamos essa defesa.” (Ciência Hoje on line 29/08/2008)*

2. *“As soluções proporcionadas pela nanotecnologia para os graves problemas ambientais da atualidade atestam a sua grande versatilidade. Um exemplo ilustrativo é o uso de partículas magnéticas extremamente porosas na remoção de petróleo em águas contaminadas por acidentes de vazamento. As partículas, menos densas que a água, são espalhadas sobre a região atingida e seus poros, com dimensões nanométricas, absorvem (“sugam”) o óleo. As partículas, propriamente ditas, apresentam geralmente dimensões micrométricas e são posteriormente removidas com um ímã. A técnica já está dominada espera-se em breve que ela se torne economicamente viável na limpeza de grandes extensões de água contaminada.” (Aplicações da Física Quântica, 2005)*

3. Estudo registra males da nanotecnologia

“Duas jovens chinesas morreram e outras cinco sofreram danos irreversíveis nos pulmões após trabalharem alguns meses, sem proteção, em uma fábrica que usava nanopartículas. As sobreviventes continuam doentes, pois é impossível remover as nanopartículas depois que elas penetram nas células do pulmão. Segundo cientistas chineses, essa é a primeira vez que o mal causado pela nanotecnologia à saúde humana é documentado.” (Jornal “O Estado de São Paulo” 20/08/09)

4. *Aplicação Médica: a nanotecnologia promete revolucionar o uso de medicamentos potencializando os benefícios terapêuticos sem o inconveniente dos efeitos colaterais convencionais (Revista Scientific American, 06/02)*

5. O “Bom dia Brasil” exibiu uma série de reportagens sobre os avanços da Nanotecnologia, a seguir vamos assistir algumas delas. (Rede Globo, setembro 2009)

Esta atividade apresenta uma série de informações sobre nanociência e nanotecnologia. Diante das vantagens e desvantagens avalie:

- Apesar dos riscos da nanotecnologia, é necessário pesquisar nesta área?
- Quanto aos problemas acima citados, são exclusivos da nanotecnologia ou existem para outros tipos de aplicações da Ciência?
- Porque pode ser mais difícil se proteger dos males da nanotecnologia?

- Qual a importância de se conhecer as vantagens e desvantagens de um determinado assunto?