

Jonathan Thomas de Jesus Neto

**IMAGENS, CONHECIMENTO FÍSICO E  
ENSINO DE PARTÍCULAS ELEMENTARES:  
DISCURSOS NA FORMAÇÃO INICIAL  
DE PROFESSORES DE FÍSICA**

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

Orientador: Prof. Dr. Henrique César da Silva

Florianópolis  
2015

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

Neto, Jonathan Thomas de Jesus  
Imagens, conhecimento físico e ensino de partículas  
elementares : discursos na formação inicial de professores  
de Física / Jonathan Thomas de Jesus Neto ; orientador,  
Henrique César da Silva - Florianópolis, SC, 2015.  
164 p.

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

Inclui referências

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Partículas  
elementares. 3. Análise de discurso. 4. Imagens. 5. Ensino  
de Física. I. Silva, Henrique César da. II. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em  
Educação Científica e Tecnológica. III. Título.



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

**“Imagens, conhecimento físico e ensino de partículas elementares: discursos na formação inicial de professores de física.”**

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

APROVADA PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 27 de Abril de 2015

Henrique César da Silva (Orientador - CED/UFSC)

Nelita Bortolotto (CED/UFSC)

Fernanda Ostermann (IF/UFRGS)

Patrícia Barbosa Pereira (CED/UFSC)

David Antonio da Costa (Suplente - CED/UFSC)

Carlos Alberto Marques  
Coordenador do PPGECT

Jonathan Thomas de Jesus Neto  
Florianópolis, Santa Catarina, 2015.



Dedico este trabalho ao meu pai, que não vive mais entre nós, mas que deixou marcas na memória de quem o conheceu. Meu querido pai João Amir.



## AGRADECIMENTOS

Concluir mais uma etapa da minha vida não seria possível sem a contribuição de tantas pessoas, sinto que tenho que agradecer a todas essas, com as quais pude contar nessa trajetória de dois longos anos.

Especialmente, agradeço ao professor Henrique César da Silva, que, como orientador e professor, foi um grande motivador na busca por novas ideias, reflexões e leituras, sendo compreensível e paciente em nossas interlocuções. Mostrando os possíveis caminhos que eu poderia trilhar, em sua companhia, para entender o funcionamento dos discursos, das textualidades científicas. Devo imensa gratidão por ele ter me inspirado a conhecer, refletir e pesquisar sobre esse mundo complexo do funcionamento das imagens no âmbito do ensino das ciências. Minha sincera gratidão por esses dois anos de ricos debates, pois certamente foram das discussões e debates que se construíram e traçaram os rumos tomados até aqui.

À Banca examinadora desta dissertação, professora Fernanda Ostermann e professora Nelita Bortolotto, que aceitaram contribuir novamente com o meu trabalho, dedicando mais uma vez tempo e atenção ao que produzi.

À professora Patrícia Barbosa Pereira e ao professor David Antonio da Costa que também aceitaram o convite para participar da Banca examinadora desta dissertação.

Aos(às) licenciandos(as) da disciplina de Metodologia de Ensino de Física, pois sem as suas discussões e indagações não seria possível realizar este trabalho.

À minha professora da Licenciatura em Física da Universidade do Estado de Santa Catarina, Ivani Teresinha Lawall, que durante minha graduação me incentivou e orientou-me a trabalhar na pesquisa em Ensino de Física, dando-me possibilidades de conhecer a área ainda antes de me graduar. Minha sincera gratidão por essa oportunidade que me foi dada.

Aos professores e às professoras do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, Claudia Regina Flores, Frederico Firmo de Souza Cruz, José de Pinho Alves Filho, José Francisco Custodio Filho e Tatiana da Silva, que contribuíram muito com as discussões e debates nas disciplinas, algo que foi de fundamental importância para o desenvolvimento desta dissertação.

À Aline, Beatriz e Larissa, colegas de turma, com as quais pude compartilhar conhecimento, ideias, discordâncias, angústias e apreensões. O fato de sermos de áreas de estudo diferentes, com experiências diversificadas e visões distintas, isso possibilitava que uma simples conversa se tornasse um grande aprendizado.

Aos meus “irmãos de orientação”, Daniel Liceski Godinho, João Paulo Mannrich, Kleber Briz Albuquerque, Natan Savietto e Patrick de Souza Girelli, que, em reuniões de orientação, ou mesmo em uma conversa de bar, estiveram sempre compartilhando ideias, conhecimentos, experiências, aflições, ansiedades e inquietudes comigo.

À minha família, principalmente à minha mãe que, mesmo que de forma tímida, apoiou-me e acreditou no meu sonho de ser pesquisador. Ao meu pai que não vive mais, mas que com toda certeza me ensinou o fundamental enquanto esteve presente em minha infância.

Aos meus grandes amigos, André Felipe Meyer e Diego Finder Machado, que, além de me ajudarem na prática do escrever, fizeram-me refletir sobre incontáveis aspectos da minha pesquisa. Sou muito grato pela ajuda de vocês.

Aos meus amigos Dennis, Eduardo, Fagner e Vander, que, mesmo que em poucos momentos, ajudaram-me a não desanimar, a continuar estudando em Florianópolis e a ter momentos de distração concomitantemente às turbulências do mestrado.

À professora e amiga, Sidenara Terezinha Valentim Sartori, que sempre esteve ao meu lado, ajudando-me e apoiando-me nos difíceis momentos, incentivando-me a continuar trabalhando duro e a batalhar pelos meus sonhos.

Ao meu grande amigo e companheiro, Bruno Dias Gazeto, que assistiu de forma paciente e inigualável a todos os desafios que tive ao longo dessa trajetória, apoiando-me em vários momentos, sempre escutando meus desabafos e ajudando-me com palavras de incentivo. Certamente esse trabalho não teria acontecido sem as forças que me fizeste encontrar, caro amigo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) e à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por oferecerem a oportunidade e espaço para o desenvolvimento dessa pesquisa.

Finalizo com um agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo incentivo financeiro em forma de bolsa de estudo.



Elementary particles (BORKOWSKA, 2014)



## RESUMO

Este trabalho se dá no contexto da problemática da inserção da Física Moderna e Contemporânea na escola básica, onde existem discussões sobre os desafios que surgem para que um tema como partículas elementares alcance o Ensino Médio. O objetivo foi investigar como licenciandos atribuíram sentidos ao ensino de partículas elementares nesse nível de sua formação, particularmente sobre as relações entre o conhecimento de Física e o uso de imagens no ensino desta, buscando compreender aspectos das condições de produção desses sentidos. Para construir a análise, foram utilizados questionários respondidos por licenciandos de uma Licenciatura em Física em uma universidade federal, na disciplina de Metodologia de Ensino de Física. Também foram usadas gravações de vídeos das discussões que ocorreram em aulas dessa disciplina, quando licenciandos discutiram o ensino de partículas elementares e o uso de imagens para esse ensino. As discussões ocorreram após os alunos assistirem aulas sobre partículas elementares e lerem um artigo que descreve alguns dos obstáculos epistemológicos que estão associados a esse tema. Assim, a tentativa foi de identificar as condições específicas de produção em que os licenciandos em Física assumem posições discursivas particulares ao produzirem sentidos sobre a inserção do tema no Ensino Médio. Para construir a análise, foi tomado como referencial teórico principal noções da Análise de Discurso, na vertente iniciada na França por Michel Pêcheux, e desenvolvida no Brasil, principalmente por Eni Orlandi, integrados a uma perspectiva epistemológica da Física com base em Bachelard. Por meio destes referenciais buscou-se olhar para textualização da Física de partículas buscando regularidades implicadas na produção dos sentidos. Na Análise de Discurso entendemos que os efeitos de sentido são produzidos em um processo que envolve as materialidades das linguagens com suas especificidades inseridas em um contexto histórico-social. Também foram pensadas as questões relacionadas ao uso das imagens e aos obstáculos epistemológicos, tendo como base teórica os estudos de Bachelard, discutindo os efeitos de sentido que as várias formas de textualização podem produzir, já que esses efeitos estão implicados na comunicação dos conceitos físicos e na circulação de concepções de ciência. Concluímos que os principais discursos (efeitos de sentido) que foram identificados nas respostas sobre a imagem produziram o sentido de que a imagem é uma metodologia, e por vezes uma metodologia facilitadora. Também concluiu-se que há o discurso de que as imagens das partículas elementares têm uma relação com a realidade, em que ora

teria a função de ser a realidade, ora de representar e ora de ilustrar. Além do discurso de que o uso de imagem é capaz de gerar conhecimentos que não são científicos.

**Palavras-chave:** Partículas elementares. Análise de discurso. Imagens. Ensino de Física.

## ABSTRACT

This work occurs in the context of the problem of insertion of Modern and Contemporary Physics in basic school, where there are discussions on the challenges that appear for a theme as elementary particles reach high school. The objective was to investigate how undergraduates attributed senses to the teaching of elementary particles this level of education, particularly about the relation between the physical knowledge and the use of images in their teaching, searching to understand aspects of the production conditions for these senses. To build the analysis, we use questionnaires answered by undergraduates a degree in physics at a federal university in class (discipline) of physics teaching methodology. We also use video recordings of the discussion classes in this discipline, when undergraduates discussed the teaching of elementary particles and the use of images in this teaching. The discussion happened after attending classes about elementary particles and they read an article that describes some of the epistemological obstacles that are associated with this topic. So, we try to identify the specific production conditions in which undergraduates in physics take specific discursive positions to produce meanings about the topic insertion in high school. The analysis we consider on theoretical frameworks of Discourse Analysis, in part initiated in France by Michel Pêcheux, and developed in Brazil, mainly by Eni Orlandi, integrated into an epistemological perspective of physics based on Bachelard. By these references search to look at textualization of particle physics research regularities involved in the production of the senses. In Discourse Analysis understand that the meanings are produced in a process involving the materiality of languages with their specific inserted in a socio-historical context. We also think the issues related to the use of images and epistemological obstacles, according to Bachelard, discussing the effects of meaning that the various forms of textualisation can produce, since these effects are involved in the communication of the physical concepts and the circulation of science concepts. We conclude that the main discourses about the image were identified, in the answers, produced the effect that the image is a methodology sometimes facilitates methodology. Also conclude that the discourses about the images of elementary particles have a relation with reality, that just a moment have the function of being the reality, sometimes to represent and sometimes illustrate. And the discourses of the image use is capable of generating knowledge that are not scientific.

**Keywords:** Elementary particles. Discourse analysis. Images. Teaching of Physics.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do átomo e partículas.....	54
Figura 2 – Imagens do átomo e partículas .....	54
Figura 3 – Imagem do elétron.....	68
Figura 4 – Imagem do próton .....	69
Figura 5 – Imagens dos <i>quarks up e down</i> .....	70
Figura 6 – Representação dos <i>glúons</i> .....	71
Figura 7 – Os <i>quarks</i> interagindo com os <i>glúons</i> .....	71
Figura 8 – Imagem do <i>quark top</i> .....	72
Figura 9 – Imagem da reação que surge o <i>quark top</i> que, em seguida, decai para outras partículas mais estáveis .....	73
Figura 10 – Imagem de todas as partículas do <i>modelo padrão</i> .....	74
Figura 11 – As partículas em escala de massas dos <i>léptons</i> .....	75
Figura 12 – As partículas em escala de massas dos <i>quarks</i> .....	75
Figura 13 – Imagem do átomo utilizada no slide da apresentação da Aula 1 ...	94
Figura 14 – Imagem dos modelos atômicos utilizada no slide da apresentação da Aula 1 .....	95
Figura 15 – Imagem de um próton composto por partículas elementares utilizada no slide da apresentação da Aula 5 .....	96



## **LISTA DE QUADROS E TABELAS**

Tabela 1 – Atividades desenvolvidas pelo pesquisador .....	<b>79</b>
Quadro 1 – Questionário aplicado no primeiro momento de investigação .....	<b>85</b>



## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AD – Análise de Discurso

EM – Ensino Médio

EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Física

FMC – Física Moderna e Contemporânea

SNEF – Simpósio Nacional em Ensino de Física

PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais

PNLD – Plano Nacional do Livro Didático

UE – Unidade de Ensino



## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>27</b>
<b>QUESTÕES DE PESQUISA E OBJETIVOS .....</b>	<b>31</b>
<b>1 O ENSINO DE PARTÍCULAS ELEMENTARES E O PAPEL DA FORMAÇÃO INICIAL .....</b>	<b>33</b>
<b>2 INTERPRETANDO AS INTERPRETAÇÕES DAS FALAS DOS(AS) LICENCIANDOS(AS).....</b>	<b>41</b>
<b>3 AS PARTÍCULAS ELEMENTARES POR MEIO DAS IMAGENS... 49</b>	
3.1 A CIRCULAÇÃO DAS IMAGENS DE PARTÍCULAS ELEMENTARES.....	52
3.2 USO DAS IMAGENS E OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS	56
3.3 IMAGENS DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES DIFERENTES DE ESFERAS .....	67
<b>4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA: O CONTEXTO DA COLETA DE DADOS.....</b>	<b>79</b>
4.1 A DISCIPLINA DE METODOLOGIA DE ENSINO DE FÍSICA .....	81
4.2 A AULA SOBRE “IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS” E O QUESTIONÁRIO.....	84
4.3 AS AULAS DA UNIDADE DE ENSINO SOBRE PARTÍCULAS ELEMENTARES PARA O ENSINO MÉDIO.....	86
4.3.1 A Unidade de Ensino sobre partículas elementares .....	86
4.3.2 As imagens na Unidade de Ensino.....	93
4.4 A AULA DE DEBATE E DISCUSSÃO .....	99
4.5 A CONSTRUÇÃO DA ANÁLISE.....	100
<b>5 OS DISCURSOS EM QUESTÃO .....</b>	<b>103</b>
5.1 OS SUJEITOS PESQUISADOS E AS POSIÇÕES DISCURSIVAS	106
5.2 AS IMAGENS COMO METODOLOGIA FACILITADORA.....	112
5.3 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA É “DIFÍCIL APRENDER E ENSINAR”? .....	116
5.4 AS IMAGENS COMO REALIDADE: OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS.....	119
5.5 AS IMAGENS COMO MATERIALIDADE NÃO CIENTÍFICA .....	126
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>133</b>

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>137</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>145</b>
<b>APÊNDICE A – QUADRO SINTÉTICO DA UNIDADE DE ENSINO..</b>	<b>145</b>
<b>APÊNDICE B – COLAGENS REALIZADAS PELOS LICENCIANDO.....</b>	<b>151</b>
.....	
<b>ANEXOS .....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b>	<b>157</b>
.....	
<b>ANEXO B – QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>161</b>

## APRESENTAÇÃO

A minha trajetória como pesquisador iniciou-se na graduação de Licenciatura em Física, com o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), oferecido pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), em um projeto de pesquisa intitulado “Fases de desenvolvimento profissional de professores do Ensino Médio em situações de inovações”. Nesse projeto, deparei-me com depoimentos de professores que estavam utilizando temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC) para lecionar no Ensino Médio e transcrevi várias entrevistas em que professores relatavam as principais dificuldades ao ensinar esses temas. Foram nesses relatos que eu encontrei motivação para conhecer melhor essas dificuldades. Esses professores participavam de um projeto que foi desenvolvido pela Universidade de São Paulo (USP), onde eles lecionaram temas de FMC no Ensino Médio e, após suas experiências com esses temas, eles prepararam-se para lecionar um curso de formação continuada para professores (cursistas) de Física da rede.

Pude realizar trabalhos em que verifiquei o perfil desses professores cursistas e também o desempenho referente à inovação curricular. Ainda na graduação, em uma disciplina denominada “Instrumentação para o Ensino de Física”, tive a oportunidade de desenvolver uma Unidade de Ensino sobre partículas elementares. Este foi o momento em que encontrei um tema da FMC, tema sobre o qual venho até hoje me debruçando e estudando. Aprender tudo o que podia sobre o tema de Física de Partículas passou a ser a minha prioridade, desejando em algum momento permitir-me lecionar no Ensino Médio esse tema. Um semestre depois, em 2012, pude lecionar essa unidade com três turmas do Ensino Médio, no caráter de extensão universitária, como parte de uma atividade de uma disciplina da graduação. Muito daquilo que presenciei nas entrevistas que anteriormente havia transcrito, vivenciei nessas aulas, principalmente as dificuldades que foram citadas, como, por exemplo, a falta de material para preparar as aulas e para utilizar com os alunos. Mas algo maior havia me chamado atenção: a importância que os alunos davam para as imagens, principalmente para as imagens que eu utilizei nos slides e em uma atividade na qual os estudantes construíram um átomo com partículas elementares. Surgiu então um novo interesse: entender o papel das imagens no processo de ensino e aprendizagem daqueles estudantes do Ensino Médio.

Este trabalho de mestrado se relaciona com aquilo que vivenciei no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, no qual ampliei minhas reflexões

sobre a textualização do conhecimento científico, não apenas em forma de textos, mas também por meio de imagens sobre as partículas elementares. Percebi que a Unidade de Ensino com a qual eu havia trabalhado na graduação, e sobre a qual já havia um diálogo com trabalhos e propostas da área sobre o ensino desse tema, poderia ser utilizada para investigar a fala dos licenciandos sobre o ensino de partículas elementares.

Ocorreu então que conheci os estudos referentes à Análise de Discurso (AD), que me fizeram direcionar melhor os rumos da minha pesquisa. Utilizei referenciais teóricos de AD na vertente iniciada na França por Michel Pêcheux e desenvolvida no Brasil, principalmente, por Eni Orlandi, mas me baseei em outros autores também. Busquei olhar para textualização da Física de partículas pesquisando regularidades, ou padrões de linguagem implicados na produção de sentidos, a fim de analisar os discursos produzidos em uma disciplina da formação inicial de professores de Física. É importante considerarmos que na AD os sentidos são produzidos em um processo que não tem o sujeito como origem, envolvendo as materialidades das linguagens com suas especificidades inseridas em um contexto sócio-histórico. Esse entendimento foi perseguido durante a pesquisa, possibilitando que eu analisasse tanto as imagens de partículas e a textualização em si, como os discursos de licenciandos sobre o seu uso no ensino.

Nessa trajetória de pesquisa, aprofundi-me nas discussões epistemológicas sobre o tema e conheci as reflexões de Bachelard, quando pude perceber como as representações das partículas elementares enfrentam sérios problemas epistemológicos. As noções que Bachelard descreve e nomeia como a *noção de coisismo* e *noção de choquismo* são as responsáveis por criar obstáculos epistemológicos. Esses obstáculos impossibilitam o entendimento dos aspectos quânticos quando tratamos do átomo, conseqüentemente também quando tratamos das partículas elementares.

No capítulo de introdução apresento o contexto no qual se desenvolveu essa pesquisa, observando os principais trabalhos que se relacionam à temática foco desta pesquisa, à problemática que envolve o ensino de Física, ao uso de imagens na ciência e à formação inicial. Discuto brevemente o referencial teórico escolhido de Análise de Discurso, que será discutido em detalhes no capítulo 2, e apresento as questões de pesquisa, juntamente o objetivo geral e os objetivos específicos.

Na sequência, no primeiro capítulo, desenvolvo uma revisão bibliográfica referente às pesquisas realizadas no Ensino de Física sobre

a inserção de FMC no Ensino, sobre o ensino de partículas elementares e sobre pesquisas que envolveram a formação de professores com temas da FMC. Perpassamos as principais e as mais recentes pesquisas que envolvem esta temática, dando indícios de como esses outros trabalhos se relacionam com esta pesquisa.

Já no segundo capítulo, apresento e discuto as noções teóricas da teoria da Análise de Discurso que foram mobilizados para debater, questionar e analisar vários aspectos desta dissertação, como as imagens de partículas elementares e os discursos nas aulas de Metodologia de Ensino de Física. Considero que, ao analisar-se um discurso sob esta perspectiva, assume-se que a linguagem não é transparente. Para entender a linguagem dessa forma, as principais noções mobilizadas foram as de condições de produção, efeitos de sentido, memória discursiva, interpretação, espaços de falas, posições discursivas, sujeito discursivo e ideologia.

No terceiro capítulo, discuto a questão das imagens, aproximações entre imagem e discurso, e entre linguagem verbal e não verbal, ambas formas produzidas em determinadas e distintas condições de produção, traçando relações com a exterioridade, admitindo que a imagem trabalha também seus efeitos discursivos. Ainda, apresento uma aproximação preliminar acerca da circulação das imagens de partículas elementares, discutindo o uso dessas imagens no ensino e os obstáculos epistemológicos que estão envolvidos. Por último, discuto a textualização dessas imagens de partículas elementares, quando analiso uma incomum textualização no âmbito da divulgação científica, em que as partículas são “monstrinhos”, ao invés de “bolinhas”, esferas.

É no quarto capítulo que apresento algumas das condições de produção das falas que foram analisadas, percursos metodológicos tomados nessa pesquisa e como se deu a construção da análise. Descrevo os momentos de investigação em que os dados empíricos foram produzidos.

Por fim, no quinto capítulo, realizo a análise dos discursos que identifico nas respostas às perguntas do questionário e nas falas dos diálogos gravados em áudio e vídeo. Os resultados foram apresentados partindo da discussão sobre as posições discursivas que constituíram as falas analisadas e seguindo para os principais discursos e efeitos de sentido sobre a imagem.

Nas considerações finais aponto os principais resultados obtidos nessa pesquisa, retomando a problemática inicial, sintetizando as respostas às questões de pesquisas e identificando perspectivas para trabalhos futuros.



## INTRODUÇÃO

Em nossos estudos deparamo-nos com muitos trabalhos acadêmicos de Ensino de Física que mostram a necessidade de mudanças curriculares da disciplina Física do Ensino Médio (EM). Essas mudanças se referem tanto aos temas propriamente, como às abordagens que são utilizadas. Uma dessas necessidades discutidas refere-se à inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio.

Sabemos que a Física vem passando por uma ampla quantidade de inovações teóricas, evidenciadas no início do século XX com o surgimento dos novos conceitos que contradiziam os conceitos e significados clássicos. Esses conceitos estão relacionados a diversas tecnologias cotidianas. Acreditamos que um cidadão contemporâneo deve conhecer a FMC para compreender o mundo que está à sua volta, criando um “entendimento pleno do mundo que o cerca” (PIETROCOLA; OLIVEIRA, 2005). Sendo possível desenvolver os temas de FMC no Ensino Médio, como abordar esse ensino, quais estratégias utilizar? Apesar de já existirem vários estudos que apontam a possibilidade de inserir temas de FMC no Ensino Médio (BROCKINTON, 2005; SIQUEIRA, 2006; SOUSA, 2009), a forma como se dará essa inserção, ou quais os temas que serão inseridos são ainda grandes incógnitas que as pesquisas tentam resolver. E é nesse contexto que a inserção efetivamente começa a acontecer na educação básica.

Esse movimento de inovação é marcado, também, pelos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (BRASIL, 1999), onde encontra-se a afirmação acerca da importância da criação de uma cultura científica efetiva que auxilie os estudantes em seus cotidianos e em suas carreiras profissionais. De acordo com os PCN (BRASIL, 1999, p. 8), “[...] o Ensino Médio meramente propedêutico atual, disciplinas científicas, como a Física, têm omitido os desenvolvimentos realizados durante o século XX e tratam de maneira enciclopédica e excessivamente dedutiva os conteúdos tradicionais”. Apesar desses escritos terem mais de uma década, foram nos livros das três séries do Ensino Médio do Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2012 que observamos inúmeros temas de FMC, sendo que na maioria dos volumes são apresentados temas de FMC (DOMINGUINI; MAXIMIANO; CARDOSO, 2012). É possível perceber que existe grande esforço por parte dos professores para que sejam criadas novas situações de inovação, porém na maioria das salas de aula brasileiras temos ainda um ensino centrado na repetição, engessado em sua matriz clássica e tradicional (BROCKINGTON, 2005).

Um dos temas possíveis de desenvolvimento no Ensino Médio, que faz parte da FMC, é “partículas elementares”. Esse é um tema que traz várias discussões recentes, abordadas nos mais diversos veículos de comunicação, sendo então este o tema escolhido para um aprofundamento didático no Ensino Médio. É um tema atual, por meio do qual podemos observar a construção do conhecimento físico e o aspecto não definitivo das teorias Físicas, possibilitando abordar este assunto do ponto de vista epistemológico (MOREIRA, 2011). Vale ressaltar que, apesar de existir um consenso por parte dos pesquisadores da área de Ensino de Física quanto a inserir temas de FMC no Ensino Médio, ainda não existe um consenso em relação a quais temas introduzir e a forma como poderia ser feita essa inserção (OSTERMANN; MOREIRA, 2000).

No ano de 2012, as partículas elementares foram um dos temas mais mencionados em noticiários, amplamente discutido nos veículos de comunicação, em especial quanto ao “Bóson de Higgs”, divulgado como a “Partícula de Deus”. Várias descobertas nessa área foram debatidas e isso vem criando mistérios sobre até aonde o ser humano pode chegar a compreender a composição da matéria ou a estrutura dos átomos. Exemplos dessa ampla discussão nos veículos de comunicação são duas reportagens do jornal *Folha de São Paulo*. Numa delas é noticiado que “Bóson de Higgs é eleito a descoberta do ano pela ‘Science’”<sup>1</sup> (GARCIA, 2012), e em outra é noticiada a polêmica do Neutrino ter superado a velocidade da luz, em uma matéria intitulada: “Neutrinos voltam a superar velocidade da luz”<sup>2</sup> (PRESSA, 2011). Tais informações, também discutidas na televisão, rádio, internet, jornais e revistas, mostraram que uma grande parte dos cidadãos começa cada vez mais a entrar em contato com as ideias da Física de Partículas, mas como a maioria desconhece esses conceitos, torna-se necessário que tal tema esteja presente no Ensino Médio.

Partículas elementares, nos modelos atômicos mais aceitos atualmente, e no viés das interações fundamentais da Física, são partículas que não são constituídas por outras partículas e não podem ser divididas, pois são consideradas “as menores partes da matéria”. Essas partículas foram surgindo no estudo que avançou durante décadas de pesquisas científicas. O surgimento dessas novas partículas desdobrou vários questionamentos que circulam na sociedade, que podem ser mobilizadas no ensino de partículas elementares no Ensino Médio, tais como: será que todas essas partículas existem realmente? Se forem ainda menores que o

---

<sup>1</sup> Notícia publicada em 21 de dezembro de 2012 obtida por meio do sitio.

<sup>2</sup> Notícia publicada em 18 de novembro de 2011 obtida por meio do sitio.

átomo, quais foram os meios usados para detectá-las? Existe uma maneira de organizá-las, em uma espécie de “tabela periódica” de partículas? Qual é a origem da massa? Como foi o princípio do universo baseado no conhecimento da existência dessas partículas? Esses questionamentos ampliam a relevância social do tema que, por sua vez, está intrinsecamente ligado ao entendimento da origem do universo e à “representação do mundo”.

Quando se trata de “representações do mundo”, as imagens possibilitam aos estudantes do Ensino Médio se aproximarem de um universo invisível, inacessível em termos clássicos da Física, aumentando a chance de “convencimento” desses estudantes acerca do tema (MARTINS; GOUVEA; PICCININI, 2005). Porém, surgem os seguintes questionamentos: Seria essencial no ensino de partículas elementares o uso de imagens? O uso de imagens para tratar deste tema é mais necessário do que em outros temas da Física? Pode-se prescindir das imagens? Podemos admitir que a representação das partículas elementares e a sua interpretação passam pela linguagem matemática que, por sua vez, torna difícil e complexo para “leigos”, principalmente aqueles leitores de imagem que estão fora do meio acadêmico, entenderem e interpretar as partículas quânticas e os modelos atômicos. A linguagem verbal e visual pode ganhar prioridades diferenciais a esses “leigos”, o que torna fundamental refletirmos sobre o seu uso e compreender as relações criadas entre as imagens e o conhecimento físico.

Há problemas epistemológicos que são apontados por Moreira (2007, p. 1), quando ele afirma que “[...] nessa área da Física (partículas elementares, Física dos *quarks*), as imagens apenas reforçam obstáculos representacionais mentais que, praticamente, impedem a aprendizagem significativa”. Noções de *coisismo* e de *choquismo*, refletidas por Bachelard (2006), são obstáculos gerados inconscientemente, pois o ser humano está imerso em um cotidiano em que a Física observável é a Física Clássica, pois ali existem coisas que se chocam.

Porém, uma das formas de criarmos ou aumentarmos as possibilidades desses temas da FMC chegarem ao Ensino Médio é refletindo sobre a abordagem na formação inicial de professores, unindo reflexões sobre as diversas metodologias possíveis de serem utilizadas. Potenza (2011), em sua dissertação de mestrado, faz um diagnóstico concreto em que levanta características, propostas, dificuldades de aprendizado, tanto metodológicas como didáticas, em uma disciplina de Física Moderna de um curso de Licenciatura em Física. Outra pesquisa que se aproxima muito do que pesquisei e desenvolvi nesta dissertação,

exibe o imaginário de licenciandos(as) de Física quanto à inserção de Física Nuclear no Ensino Médio, fazendo uma reflexão sobre o ensino, caracterizando enfrentamentos e concepções deles acerca do tema (SORPRESO, 2008).

Nessa perspectiva, foram investigados os(as) discursos de licenciandos(as) em Física de uma universidade federal brasileira, da disciplina de Metodologia de Ensino de Física, onde foram articulados elementos de uma Unidade de Ensino de partículas elementares para o Ensino Médio, com base na literatura da área. Foi criado um espaço de discussão com os(as) licenciandos(as) sobre os elementos da proposta, o uso de imagens e os obstáculos epistemológicos envolvidos, discutindo os efeitos de sentido que as várias formas de textualização podem produzir. Foi a partir de questionário respondido pelos(as) licenciandos(as) e gravações de vídeos das discussões que ocorreram nessas aulas que a análise foi desenvolvida. A discussão ocorreu após os licenciandos(as) assistirem a aulas sobre partículas elementares e lerem um artigo que descreve alguns dos obstáculos epistemológicos que esse tema pode gerar. Assim, tentou-se identificar os discursos que estiveram presentes nessas aulas, discutindo os efeitos de sentido que foram produzidos e as posições discursivas que as falas assumiram.

Como já mencionado, o referencial teórico utilizado foi o de Análise de Discurso (AD), da vertente de Pecheux e Orlandi (2013), pois acredita-se que possibilita conhecer os efeitos de sentido que foram produzidos na sala de aula, permitindo discutir quais foram os efeitos de sentido produzidos sobre as possibilidades e limites do uso de imagens no ensino de FMC, principalmente, sobre os discursos que relacionam o uso das imagens que representam partículas elementares e os efeitos de sentido que as várias formas de textualização podem produzir. Efeitos de sentido compreendidos como algo que se dá em determinadas condições de produção. É por meio da utilização da AD que investigamos como as memórias discursivas fazem parte da constituição desses discursos presentes nas discussões em situações de ensino de formação inicial, buscando os discursos sobre as relações entre imagens, conhecimento físico e ensino de partículas elementares. Identificando, assim condições de produção específicas em que os(as) licenciandos(as) produzem sentidos e assumem posições discursivas específicas. A compreensão dessas condições é algo importante para engendrar reflexões e ações de formação continuada sobre essa temática.

## QUESTÕES DE PESQUISA E OBJETIVOS

Nesse contexto, acredita-se que conhecer os efeitos de sentido nas aulas de Metodologia de Ensino de Física da Licenciatura em Física, especificamente dizeres produzidos pelos(as) licenciandos(as), quanto aos conceitos e ensino que abrangem o tema partículas elementares, com foco na relação deste com as imagens, tornam-se importantes focos de pesquisa para contribuir com as possibilidades de efetivar a inserção do Ensino de partículas elementares no Ensino Médio. Assim, essa pesquisa foi guiada pelas seguintes questões:

**Como são produzidos efeitos de sentido, discursos, em aulas de Metodologia de Ensino de Física da licenciatura em Física sobre o ensino de partículas elementares no Ensino Médio? E como esses efeitos de sentido se relacionam com o conhecimento científico em questão, com suas características epistemológicas, e com imagens que funcionam nesse Ensino dessa temática das partículas elementares?**

O objetivo central foi investigar a produção de sentidos, ou seja, os discursos produzidos nas aulas de Metodologia de Ensino de Física da Licenciatura em Física, especificamente os efeitos de sentido produzidos pelos dizeres dos(as) licenciandos(as), referentes ao ensino de partículas elementares no Ensino Médio e relação com o conhecimento de físico e as imagens associadas a esse Ensino. Para alcançar esse, objetivo optamos por: a) analisar imagens de partículas elementares como subsídios para trabalhar com os(as) licenciandos(as); b) criar um espaço de discussão sobre a representação das partículas elementares pelos(as) licenciandos(as) em Física de uma disciplina de Metodologia de Ensino de Física; c) articular elementos de uma Unidade de Ensino de partículas elementares para o Ensino Médio, com base na literatura da área; d) identificar aqueles discursos que viabilizam o uso de imagens no ensino de partículas elementares no Ensino Médio; e) investigar os efeitos de sentido que foram produzidos na sala de aula da disciplina de Metodologia de Ensino de Física, isto é, a relação entre o dito (a linguagem) e sua exterioridade, principalmente daquelas falas que relacionam imagens, conhecimento de físico e Ensino de partículas elementares.



## 1 O ENSINO DE PARTÍCULAS ELEMENTARES E O PAPEL DA FORMAÇÃO INICIAL

Na educação, a noção de obstáculo pedagógico também é desconhecida. Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. (BACHELARD, 1996 [1938]).

Existem várias pesquisas na área de Ensino de Física que investigaram a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM). Essa grande área de pesquisa está crescendo e recebendo cada vez mais propostas de sequências didáticas. Os livros didáticos também estão se transformando e as práticas docentes em sala de aula estão propensas a também se alterarem. Algumas pesquisas vêm defender, quase que de forma consensual, a inserção de FMC no EM (TERRAZZAN, 1994; PIETROCOLA, 2005; OSTERMANN; MOREIRA, 2000). Inclusive, algumas pesquisas como as de Brockington, (2005), Sousa (2009), Siqueira (2012), Maia (2011) e Martin (2005) já mostraram essa inserção, essa possibilidade de inovação e transformações nas aulas de Física.

Sabendo da grande quantidade de trabalhos publicados nessas áreas que pesquisam a inserção dos temas de FMC no EM, buscou-se fazer uma revisão bibliográfica de trabalhos recentes, restringindo àqueles publicados nos últimos 10 anos<sup>3</sup>. Conseguiu-se encontrar 58 (cinquenta e oito) trabalhos publicados nos anais de evento do XX Simpósio Nacional em Ensino de Física (SNEF) de 2013, 17 (dezessete) trabalhos publicados nos anais de eventos do XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF)<sup>4</sup> de 2012, 26 (vinte e seis) dissertações dos

---

<sup>3</sup> Vale ressaltar que a pesquisa ocorreu por meio do uso de palavras-chave padronizadas – idênticas – para todas as bases de dados no qual foram pesquisadas. Após encontrar todo esse material, foram tabulados os títulos e resumos, um a um, para que fossem realizadas as leituras e seleção mais fina do que estivesse relacionado ao tema dessa dissertação. Foi restringido, preferencialmente, à seleção de artigos de apenas dois eventos, 2013 e 2012, e utilizado o período máximo de 10 anos para outros trabalhos (dissertações, teses e artigos).

<sup>4</sup> Optou-se por selecionar e limitar-se aos trabalhos que foram publicados no SNEF de 2013 e EPEF de 2012 devido, à vasta quantidade de trabalhos que esses eventos apresentam.

últimos 5 anos, 9 (nove) teses dos últimos 10 anos, e outros 16 (dezesseis) artigos publicados em diversas outras revistas dos últimos 5 (cinco) anos.

Luz e Higa (2013) apresentam uma revisão bibliográfica sobre inserção de FMC de três edições do EPEF<sup>5</sup>, desse material puderam ser encontrados 8 (oito) trabalhos que trouxeram elementos importantes, como a discussão sobre a aprendizagem dos estudantes e o elevado interesse desse público pelos “temas diferenciados daqueles presentes no currículo habitual”. Já o estudo de Araújo e Hosoume (2013) – que também fizeram um levantamento bibliográfico sobre inserção de FMC nas pesquisas publicadas nos principais eventos científicos EPEF e SNEF, periódicos brasileiros Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) da área de Ensino de Física, dissertações e teses<sup>6</sup> – destaca que 60% dos trabalhos são direcionados a professores, e os principais temas dos trabalhos são “Teoria da relatividade” e “Natureza sua da luz”.

Parte dos trabalhos encontrados identifica alguns dos obstáculos que os professores encontram para inserir os temas de FMC no EM. A análise realizada por Siqueira (2012), em sua tese, foi realizada a partir da prática de seis professores de Física da rede pública do Estado de São Paulo, participantes de um grupo de pesquisa que estruturava propostas de sequências didáticas com os temas de FMC. Siqueira (2012) identificou que existem cinco categorias de obstáculos: temas, metodologia, avaliação, organização das atividades e currículo. Essas categorias fazem parte de uma estrutura que o autor nomeou por “tradição do ensino de Física” (SIQUEIRA, 2012). Apesar de identificar essas cinco categorias de obstáculos, o autor inferiu que o grupo obteve bons resultados, que se demonstraram promissores.

Outro estudo, o de Pesanha, Pietrocola e Couso (2013), vai apresentar e discutir os obstáculos epistemológicos envolvidos no trabalho com os conceitos de FMC no EM. Baseados nas reflexões de Bachelard sobre obstáculos epistemológicos, os autores analisam a utilização de simulações computacionais, identificando os obstáculos e como eles foram enfrentados. Mesmo que sejam resultados preliminares de uma pesquisa maior, já é possível identificar entraves que envolvem, por exemplo, a reafirmação de “um modelo atômico menos adequado, em detrimento de outro que explicaria melhor os resultados obtidos por Rutherford” (PESANHA; PIETROCOLA; COUSO, 2013) e outros

---

<sup>5</sup> Os EPEFs selecionados por esse autor foram os que ocorreram nos anos de 2010, 2008 e 2006.

<sup>6</sup> Os trabalhos selecionados pelo autor estão entre 2002 e 2011.

obstáculos. Outro artigo de Pesanha e Pietrocola (2013) também discute sobre os obstáculos epistemológicos e obstáculos didáticos ao trabalhar com os conceitos da FMC.

Alguns impedimentos para se introduzir a FMC no EM, também são analisados por Monteiro, Nardi e Filho (2013), que, por meio da AD dos professores que haviam concluído a Formação Básica a menos de cinco anos, evidenciaram que a formação dos professores quanto ao ensino da FMC está fundamentada nos “preceitos da racionalidade técnico-instrumental” (MONTEIRO; NARDI; FILHO, 2013), que é o cumprimento da programação do curso, a qual se assemelha à sequência do livro didático.

Já Rezende Jr. e Cruz (2009) apresentam vários discursos de licenciandos(as) que trazem dificuldades para inserção de FMC, sendo que umas dessas dificuldades é a falta de material didático específico para tal fim. Essa pesquisa teve como foco as perspectivas de licenciandos(as) em Física quanto à introdução de temas de FMC no EM. No entanto, referente ao tema “partículas elementares”, poucas são as produções, quando se compara a outros temas de FMC. Um importante e talvez pioneiro trabalho sobre partículas elementares foi o de Ostermann (1999), no qual a autora apresenta o tema direcionado a docentes de Física do Ensino Médio, com o objetivo de que os professores passassem a conhecer esses temas de maneira acessível. Esse trabalho inicia com um breve histórico da noção do átomo, mostrando o percurso histórico que marcou o desenvolvimento das teorias da Física de Partículas. Ao longo do trabalho, serão explicados alguns conceitos, tais como a conservação de energia, a conservação de carga elétrica, as interações fundamentais, as forças fundamentais (gravitacional, eletromagnética, forte e fraca), as novas partículas do modelo, as propriedades das antipartículas, as classificações das partículas (*léptons*, *hádrons*), as novas leis de conservação e outros vários conceitos que são pilares para a Física de Partículas. A autora ainda afirma a importância que esse tema tem para a compreensão do processo de construção do conhecimento científico dizendo que:

Uma grande potencialidade deste tema é a oportunidade que este oferece para a compreensão do processo de produção do conhecimento científico. Os vários episódios históricos envolvendo o avanço desta área de pesquisa mostram o quanto físicos teóricos e experimentais uniram esforços na busca de uma compreensão

maior da natureza da matéria. Foram necessários grandes investimentos tecnológicos para que se chegasse ao modelo padrão atual. O caráter construtivo, inventivo e não definitivo do conhecimento também pode ser ilustrado, a partir de uma leitura histórica dessa fascinante área da Física. (OSTERMANN, 1999, p. 434).

Outro autor, Moreira (2004, 2007, 2011), também contribuiu com o ensino do tema de partículas elementares, discutindo em livros e artigos vários aspectos acerca desse tema. Em seu livro (MOREIRA, 2011) ele trata, praticamente, de todos os conceitos básicos referente ao tema, além de discutir a dimensão epistemológica para Física de Partículas. O autor reflete sobre os problemas epistemológicos envolvidos na representação das partículas elementares como “bolinhas” (tema que será discutido na seção 3.2 do presente estudo), observando que isso reforça “[...] obstáculos representacionais mentais que, praticamente, impedem a aprendizagem significativa” (MOREIRA, 2007). Ele também desenvolve mapas conceituais para as partículas elementares e para as interações fundamentais, servindo como material de apoio para professores, onde são evidenciados os conceitos e as relações conceituais (MOREIRA, 2004). O autor ainda apresenta, em anos seguintes, o mapa conceitual para o modelo padrão (MOREIRA, 2011).

Encontramos pesquisas que discutem propostas para a sala de aula que envolvem o tema de partículas elementares. Pinheiro (2011) desenvolveu e aplicou uma Unidade de Aprendizagem sobre partículas elementares. No trabalho, o autor utiliza uma metodologia pautada na teoria da mediação de Vygotsky, complementada pela teoria da aprendizagem de Ausubel. O autor identificou, pela análise dos dados, indícios de aprendizagem significativa. As aulas da Unidade de Aprendizagem ocorreram com uma turma de terceira série do Ensino Médio, durante seis semanas. Tal Unidade de Aprendizagem contemplou “[...] um texto que aborda o desenvolvimento do conceito de partícula elementar, a partir do referencial histórico, e analisado segundo a epistemologia de Gaston Bachelard; atividades, dentre as quais a elaboração e apresentação de mapas conceituais em pequenos grupos” (PINHEIRO, 2011). Também foi utilizado o filme “O discreto charme das partículas elementares”<sup>7</sup>, considerado importante para apresentar o tema,

---

<sup>7</sup> Filme *O discreto charme das partículas elementares*, produzido pela TV Cultura de São Paulo (2008), baseado no livro de Maria Cristina Batoni Abdalla

observando que os alunos tiveram uma ativa participação “[...] demonstrando interesse e curiosidade sobre o tema” (PINHEIRO, 2011, p. 256). Segundo Pinheiro, todo o desenvolvimento das atividades acabou sendo facilitada devido ao tema “motivador”, proporcionando uma:

[...] uma visão da Física espetacular ao estudante: procurando conhecer a estrutura da matéria, o tema proporciona uma visão do passado, a identificação do presente e a perspectiva de futuro de uma ciência, apresentando o conhecimento vivo e repleto de perguntas ainda não respondidas. (PINHEIRO, 2011, p. 257).

Outras propostas encontradas foram as de Shino et al. (2013), Pereira e Londero (2013) e Gomes et al. (2013). Além de proporem, eles também analisam apontando as falhas, ajustes necessários e aspectos positivos. O trabalho de Shino et al. (2013) apresenta uma proposta para sala de aula, discutindo o tema referente à energia nuclear e aspectos da Física de Partículas. A principal discussão desse trabalho se ateu na “questão energética, seus recursos, produção, consumo e implicações na sociedade” (SHINO et al., 2013), refletindo sobre como a teoria desses temas se relaciona com aspectos tecnológicos da sociedade. A pesquisa de Pereira e Londero (2013) analisou como os estudantes do EM entenderam a Física de partículas após a leitura de um capítulo do livro “Alice no País do Quantum”. Tal atividade foi desenvolvida pelos participantes do PIBID da Licenciatura em Física da Universidade Federal de Alfenas aplicada em uma turma da terceira série do EM. E a proposta apresentada por Gomes et al. (2013), que também foi desenvolvida pelo projeto PIBID, da instituição Universidade Federal do Triângulo Mineiro, discute a elaboração e a aplicabilidade de aulas expositivas sobre os temas de radioatividade, utilizando o *Modelo padrão* de Partículas.

No que se refere aos materiais didáticos, existem análises de livros didáticos de Física e Química realizadas por Silva e Ney (2013) que vão mostrar que esses materiais retratam uma preocupação maior com o tema das partículas elementares, porém, dos livros que os autores analisaram não foram todos os que abordaram o tema de forma significativa. Na pesquisa foi verificado que a “Estrutura Elementar da Matéria” foi tratada

de maneira superficial nos livros. Especificamente sobre o tema partículas elementares, existe apenas essa análise de Silva e Ney (2013), porém, existem outras pesquisas que consideram os outros temas de FMC e essas análises focam diversos aspectos dos livros didáticos, tais como: temas de Física, aparência visual de objetos e discursos sobre a FMC (MONTEIRO, 2010; DOMINGUINI, 2010; OSTERMANN; RICCI, 2002; PAGLIARINI; PEREIRA; ALMEIRA, 2012; CARVALHO; ALLEN, 2013).

Apesar de encontramos materiais didáticos no contexto atual que versam sobre FMC, acredita-se que para termos a inserção de FMC, ou mais especificamente a inserção do tema de Física de Partículas, é necessário termos professores capacitados para lidar com este conhecimento na escola, e isso vai além de saber a Física envolvida nessa temática. Esses professores precisam ser capacitados na sua formação inicial ou na formação continuada, já que o professor precisará compreender os materiais didáticos já existentes e elaborar propostas para utilizá-los, bem como elaborar seus próprios materiais. Dessa maneira, a formação inicial revela-se importante para ser pensada, e tal importância já pode ser observada em outros trabalhos, como na pesquisa de Brockington, quando afirma que:

[...] a preocupação extrema dos cursos de graduação no aspecto matemático da Mecânica Quântica alija os futuros professores de trabalhar com as suas diferentes interpretações. Isso revela que o ensino da Teoria Quântica é tão complexo quanto o seu próprio formalismo, exigindo uma formação diferenciada para a utilização dessa abordagem na sala de aula. (BROCKINGTON, 2005, p. 246).

O Ensino do tema de Partículas Elementares, assim como o ensino da Mecânica Quântica, apresentam os mesmos aspectos de complexidade, o que exige uma formação diferenciada. Nesse sentido, Sorpreso (2008) investigou o imaginário de licenciandos em Física quanto à inserção da Física Nuclear no EM. Ela acompanhou a disciplina de Prática de Ensino de Física e Estágio Supervisionado da Licenciatura em Física da Universidade Estadual de Campinas, observando os licenciandos elaborando episódios de ensino com diversas abordagens metodológicas como, por exemplo, História da Ciência e CTSA (Ciência, Tecnologia,

Sociedade e Ambiente). Ela utilizou a Análise de Discurso como referencial, buscando conhecer o imaginário dos licenciandos quanto aos aspectos da inserção do tema Física Nuclear, pressupondo a relação entre imaginário e linguagem. A pesquisa de Sorpreso (2008) aproxima-se muito do que foi desenvolvido nesta pesquisa.

Nesta pesquisa também foram investigados licenciandos(as) em Física em um contexto de sala de aula na universidade, porém a discussão proposta não é sob a perspectiva de várias abordagens de ensino desenvolvidas por licenciandos, mas sim abordagens específicas, como o uso de imagens e aspectos epistemológicos envolvidos. Acredita-se que o contexto de discussão proposto consegue permitir a reflexão sobre como se dá a formação dos futuros professores de Física. Conforme mencionado por Sorpreso, este tipo de trabalho acaba:

[...] apontando uma implicação para a formação de professores, considerando não só a inicial ou continuada, ou ainda a formação de um professor a partir do seu ingresso na escola, no ensino fundamental, mas a formação social de um professor que se dá a partir de seu ingresso na sociedade. (SORPRESO, 2008, p. 163).



## 2 INTERPRETANDO AS INTERPRETAÇÕES DAS FALAS DOS(AS) LICENCIANDOS(AS)

A ligação entre o que faz de um homem um ser simbólico e o homem como ser histórico está na interpretação. (ORLANDI, 2004).

A presente pesquisa foi desenvolvida tendo como base principal noções no âmbito das teorias sobre linguagem da Análise de Discurso (AD), na vertente iniciada na França por Michel Pêcheux e desenvolvida no Brasil, principalmente, por Eni Orlandi.

Acredita-se que este seja um referencial teórico adequado para esta pesquisa, pois a AD possibilita investigar os discursos que estiveram presentes nas aulas de Metodologia de Ensino de Física da Licenciatura em Física, especificamente dizeres produzidos pelos(as) licenciandos(as), quanto aos conceitos e ensino que abrangem o tema partículas elementares, principalmente acerca da relação destes com as imagens. Este referencial proporciona investigarmos como memórias discursivas fazem parte da constituição dos discursos, como as falas que estiveram presentes nas formulações discursivas produzem sentidos nesse determinado contexto de formação, para que assim tenhamos pistas de como elaborar ações de formação inicial e continuada sobre essa temática.

Na AD o discurso é entendido como sendo o efeito de sentidos entre locutores, e as relações de linguagem são relações entre sujeitos, relações entre sentidos e relações entre sujeitos e sentidos, considerando que sujeitos e sentidos se constituem simultaneamente no processo discursivo. Nos estudos do discurso, conteúdo e forma não estão separados, e a forma, sendo concebida como forma histórica, forma material, a linguagem passa a ser compreendida como acontecimento e como estrutura. Na materialidade discursiva encontramos a sua estrutura e seu acontecimento, sendo que os significantes estão afetados pela história. (ORLANDI, 2013).

Ao analisar um discurso sob esta perspectiva, assumimos que a linguagem não é transparente. Por isso não tentamos atravessar o texto/a fala/a imagem para encontrar um sentido do outro lado, o sentido que supostamente o discurso esses elementos estariam carregando, pois os sentidos não estão no texto/fala/imagem propriamente, e jamais são únicos ou estáticos, são efeitos que se dão sob certas condições, das quais o texto/fala/imagem são apenas um dos elementos, condições cuja compreensão faz parte da análise. Consideramos que os sentidos são

produzidos em um processo que envolve as materialidades das linguagens (a imagética, a verbal), com suas especificidades, funcionando em um determinado contexto histórico-social. Isso imprime certas regularidades ao discurso em sua produção, que buscamos na análise, relacionando linguagem à sua exterioridade (ORLANDI, 2013). Nesta concepção, a produção de sentidos é um processo que vai além das intenções, concepções e controle do indivíduo da fala, do autor da imagem ou do texto.

Uma noção que ajuda a trabalhar essas regularidades é a de formação discursiva. Os efeitos de sentido do texto/fala/imagem analisado são constituídos em relação às formações discursivas que “sobreviveram” no espaço, por exemplo, de fala que em uma sala de aula, produz-se quando inserida, por sua vez, em um contexto de formação universitária. Segundo Gregolin, é:

[...] possível enxergar, na dispersão de enunciados, certas regularidades nos acontecimentos discursivos, pois toda a massa de textos que pertencem a uma mesma Formação Discursiva insere-se em um campo em que podem ser estabelecidas identidades formais, continuidades temáticas, translações de conceitos, jogos polêmicos, segundo regras específicas das práticas discursivas de um certo espaço e tempo. (GREGOLIN, 2005).

O conceito de formação discursiva permite, assim, desvincular os sentidos da fala da ideia de que se originam no indivíduo que diz. Para dizer, o indivíduo precisa se tornar sujeito em uma formação discursiva que lhe dará identidade como tal.

Para a AD, as condições de produção seriam o “contexto imediato” inserido em um contexto sócio-histórico e ideológico. Orlandi (2013) distingue o contexto imediato e o contexto amplo. Em nosso caso, o contexto imediato pode ser compreendido como o da sala de aula, de discussão de algum texto, de desenvolvimento de alguma atividade em que as falas foram produzidas, da situação de produção que envolve os indivíduos que falam e se constituem como sujeitos (licenciandos(as), professores(as), estagiários(as) docentes), do momento do andamento da disciplina, do fato de ser uma aula de discussão e não uma produção de texto ou produção de desenho, ou atividade prática, apresentação de slides ou outro material. Já o contexto amplo “é o que traz para consideração

dos efeitos de sentido elementos que derivam da forma de nossa sociedade, com suas Instituições” (ORLANDI, 2013, p. 31). Em se tratando de falas produzidas em uma sala de aula em uma disciplina de Licenciatura, o contexto mais amplo seria a universidade, o próprio curso de Licenciatura, a formação de professores, o modo como são oferecidas as disciplinas e os espaços para diálogo entre professores(as) e licenciandos(as) e o contexto de produção de sentidos sobre ensino de Física da própria área de pesquisa.

É nessas condições determinadas que são produzidos efeitos de sentido que imaginamos serem os “conteúdos” de textos, palavras, frases, ditas ou escritas ou imagens e “que estão de alguma forma presentes no modo como se diz” (ORLANDI, 2013, p. 30), cabendo ao analista compreendê-las, pois não podemos considerar que os dizeres sejam apenas “mensagens a serem decodificadas” (ORLANDI, 2013, p. 30). Trabalhar na perspectiva da AD francesa não significa “decodificar” mensagens, “descobrir” o que haveria “por trás” delas, qual seu sentido “verdadeiro”, subliminar ou oculto. Nas palavras de Orlandi (2013, p. 30):

Esses sentidos têm a ver com o que é dito ali, mas também em outros lugares, assim como com o que não é dito, e com o que poderia ser dito e não foi. Desse modo, as margens do dizer, do texto, também fazem parte dele.

A memória discursiva, interdiscurso, por sua vez, é definida como “[...] aquilo que fala antes, em outro lugar, independentemente” (ORLANDI, 2013, p. 31) e faz parte das condições de produção. Segundo Orlandi (2013), o interdiscurso é um conjunto de formulações já feitas e já esquecidas que condicionam o sentido do que dizemos. Assim, a memória discursiva é que produz sentidos àquilo que é dito. Por isso, para que palavras ditas por licenciandos(as) tenham sentidos, é necessário que elas já façam sentidos, por meio da memória discursiva.

Na concepção de Orlandi (2004) as palavras, textos e, diríamos também, as imagens, enquanto objetos simbólicos passam por um processo discursivo que chamamos de “interpretação”, que não significa “captar” o sentido que estaria neles. Nas palavras da autora:

Como toda peça de linguagem, como todo objeto simbólico, o texto é objeto de interpretação. Para a AD esta sua qualidade é crucial. É sua tarefa [do

analista] compreender como ele produz sentidos e isto implica compreender tanto como os sentidos estão nele quanto como ele pode ser lido. (ORLANDI, 2004, p. 61).

Dessa forma, não podemos deixar de notar que, ao analisar o texto e buscar a relação do texto com a exterioridade (outros lugares em que já foi dito o que está textualizado no material empírico analisado), o analista fica sob tensão. Esse processo constitui a interpretação da interpretação das falas, e nele é preciso considerar que enquanto analista, não se está livre do processo de significação, já que ele também está submetido ao simbólico, e o analista também configura uma região particular da memória do dizer.

A este respeito, é esclarecedor explicitar que a AD distingue-se da hermenêutica, pois na hermenêutica, interpretar é compreender o que está ali escrito, é extrair o sentido dos textos. Porém, do ponto de vista da AD, o sujeito que interpreta não faz isso intencionalmente. O processo de interpretação, para a AD, ocorre simultaneamente à fala do sujeito, ou seja, quando o sujeito está falando, lidando com o simbólico, no caso a língua, ele já está interpretando, participando do processo que produzirá efeitos de sentido (ORLANDI, 2004). Segundo Orlandi (2004), o sujeito interpreta “como se os sentidos estivessem nas palavras: apagam-se suas condições de produção, desaparece o modo pelo qual a exterioridade o constitui”. Os sujeitos são determinantes na constituição dos sentidos, não há sentido sem sujeitos, no entanto os sujeitos são a origem dos sentidos. Os indivíduos que falam não possuem controle total sobre o processo, por isso, na AD não se busca compreender as intenções dos sujeitos.

Toda interpretação, com sentidos determinados, e não outros, daquilo que foi dito, inscreve-se em uma formação discursiva. A formação discursiva se define como aquilo que determina o que pode e deve ser dito (ORLANDI, 2013). É como se algumas palavras falassem com outras palavras, onde dizeres se relacionam com outros dizeres que estão em determinadas regiões da memória discursiva. Essa relação é vista por meio da regularidade com que esses discursos, da mesma formação discursiva, estão produzindo efeitos.

São importantes focos de pesquisa conhecer a memória discursiva, as condições de produção e o processo de interpretação que sustentam os discursos destes licenciandos(as), no contexto desta pesquisa, quanto aos conceitos e ao ensino que abrange o tema “partículas elementares” e conhecer a forma como ocorre o processo de interpretação dos discursos

sobre o uso de imagens dentro desse tema. O que deseja-se é contribuir para aumentar as possibilidades de efetivar a inserção de FMC no Ensino Médio pelos professores. Assim, é possível explicitar a problematização desta pesquisa: Quais as condições de produção que sustentam os discursos de licenciandos sobre o uso de imagens no ensino de partículas elementares? Quais os sentidos e quais as posições discursivas que esses discursos assumem? De que forma os efeitos de sentido (discursos) são produzidos? Que memórias discursivas participam dos processos de interpretação dos quais as falas dos alunos são os produtos? E como participam?

Os discursos produzidos na sala de aula de uma disciplina de formação inicial de professores são o corpus principal de estudo deste trabalho, porém os efeitos que eles produzem dependem não só do que foi dito, do que está materializado na fala. Esses discursos estão associados a determinadas formações discursivas, em uma conjuntura sócio-histórica dada. Os discursos se relacionam com outros discursos já formulados e não constituem um sentido em si mesmos, pois são sempre uma relação com outros discursos (ORLANDI, 2013). Nesse aspecto, entre esses outros discursos poderão estar presentes, principalmente, aqueles discursos que se materializam nos espaços de fala de docentes da instituição do curso de Licenciatura em Física; de artigos científicos que ocasionalmente os(as) licenciandos(as) leram; de livros de Ensino de Física e de divulgação científica; de outros(as) licenciandos(as), que não estavam presentes na aula; de textos que foram trabalhados em outras disciplinas que os(as) licenciandos(as) leram; de discursos que estão em espaços de fala exterior a universidade; nos vários espaços de fala e de escrita que, por algum momento, fizeram parte do contexto histórico-social dos(as) licenciandos(as). Temos que considerar outros campos além daqueles que claramente estão relacionados com o contexto histórico-social dos(as) licenciandos(as), pois os discursos são relações de sentido que podem remeter a qualquer discurso já produzido em alguma condição de produção dada.

É importante assinalarmos que “todo dizer, na realidade, se encontra na confluência dos dois eixos: o da memória (constituição) e o da atualidade (formulação). E é desse jogo que tiram seus sentidos” (ORLANDI, 2013, p. 33). Dessa forma, não podemos simplesmente considerar o discurso transparente. Ele sempre está inscrito em um interdiscurso, em uma memória discursiva, em um já dito. Nas palavras de Orlandi:

Há determinação do interdiscurso (memória do dizer, lugar da “constituição” dos sentidos) sobre a formulação (a enunciação particular de um dizer). O sujeito, ao “formular” seus sentidos, inscreve-se necessariamente no interdiscurso (no já dito). A formulação é determinada pela memória. E aqui a memória também não é considerada em nível individual mas histórico. Isso não significa que não há nada de novo sob o sol, mas sim que não há dizer que se faça “fora” da história. Todo discurso é parte em sua rede de significações. É assim que fazemos sentidos. Mas, ao retomá-los, produzimos um deslocamento, empurramo-los para outros lugares. (ORLANDI, 2007, p. 143).

O sujeito discursivo é pensado, aqui, como “posição” dentre outras várias posições sociais e historicamente construídas (ORLANDI, 2013). Se eu falo a partir da posição, por exemplo, de um professor, o que eu digo produz sentido de modo equivalente a outras falas que também fazem parte dessa mesma posição. Posição não no sentido de uma posição social empírica, mas associada a uma formação discursiva que, por sua vez, tem relação com as formações sociais e ideológicas. O sujeito, segundo Orlandi, é:

[...] materialmente dividido desde sua constituição: ele é sujeito de e é sujeito à. Ele é sujeito à língua e à história, pois para se constituir, para (se) produzir sentidos ele é afetado por elas. Ele é assim determinado, pois se não sofrer os efeitos do simbólico, ou seja, se ele não se submeter à língua e à história ele não se constitui, ele não fala, não produz sentidos. (ORLANDI, 2013, p. 49).

Deve-se considerar o que o sujeito fala e escreve como resultado de um processo de interpretação que não tem origem no sujeito que falou ou escreveu:

Embora a interpretação pareça se fazer por um sujeito que apreende um sentido que está nas palavras, esta relação [...] é ao mesmo tempo mais indireta e mais determinada por processos que

fogem do controle do sujeito e que mostram que os sentidos não emanam das palavras. (ORLANDI, 2004, p. 99)

Também é imprescindível que saibamos diferenciar a interpretação do leitor e a do analista. O leitor faz a interpretação de forma comum, normal, através de um *dispositivo ideológico*. Já o analista interpreta apoiado a um *dispositivo teórico* (ORLANDI, 2004), nas palavras da autora:

A tarefa do analista de discurso não é: a) nem interpretar o texto como o faz o hermeneuta; b) nem descrever o texto. Tenho dito (ORLANDI, 1998) que o objetivo é compreender, ou seja, é explicitar os processos de significação que trabalham o texto: compreender como o texto produz sentidos, através de seus mecanismos de funcionamento. (ORLANDI, 2004, p. 88).

O leitor, ao se deparar com o texto, mobiliza o *dispositivo ideológico* de tal forma que fica sob o efeito do “apagamento da alteridade (exterioridade, historicidade)” (ORLANDI, 2004), imaginando que o sentido está lá no texto (como conteúdo) e claramente evidente para ele e para todos, ou seja, para esse leitor o texto significa de tal forma, pois as palavras, juntamente com os seus símbolos, gramática, estão impondo significar de tal forma, já que o sujeito está em uma dada formação discursiva e não outra. O que o leitor não toma consciência é que ele só pode significar daquela forma, pois sempre está afetado pela ideologia, produzindo determinada interpretação. Para Orlandi (2004, p. 95) “a ideologia [...] é o apagamento, para o sujeito, de seu movimento de interpretação, na ilusão de ‘dar’ sentido”. Por outro lado, o analista do discurso conhece o dispositivo teórico e desloca-se para a posição de analista, possibilitando explicitar os processos de significação. Salienta-se que esse analista não assume uma posição neutra em relação aos sentidos, ele está embebido pela interpretação, porém está consciente do dispositivo teórico, podendo então trabalhar as fronteiras das formações discursivas (ORLANDI, 2004).

São esses aspectos da AD que consideramos no trabalho de análise dos discursos dos(as) licenciandos(as). Tomamos como objetivos a identificação das condições de produção, verificação do funcionamento

da memória discursiva e a compreensão da produção dos sentidos e posições de sujeitos associados aos dizeres dos licenciandos, pois como afirma Orlandi (2013): “[...] o trabalho do analista: observando as condições de produção e verificando o funcionamento da memória, ele deve remeter o dizer a uma formação discursiva (e não outra) para compreender o sentido do que ali está dito” (p. 45).

### 3 AS PARTÍCULAS ELEMENTARES POR MEIO DAS IMAGENS

Cada vez mais rápido os grupos de partículas passavam através uns dos outros. Antes que passasse muito tempo, duas partículas colidiram, produzindo um grande estrondo. Alice olhou preocupada para ver se alguém tinha se ferido no choque. Não dava para dizer se havia alguém machucado, mas uma coisa era certa: eles não eram mais os mesmos depois dessa interação. (GILMORE, 1998, p. 154).<sup>8</sup>

Neste capítulo serão apontados indícios sobre como as imagens funcionam discursivamente nos processos de produção de sentidos em diferentes espaços de fala, compreendendo, ainda que preliminarmente, aspectos de que forma as imagens sobre partículas elementares circulam atualmente.

Inicialmente, não podemos deixar de perceber que o tema de partículas elementares, assim como outros temas da FMC, enfrentam problemas para que possamos representar as entidades Física envolvidas em imagens, já que ao desenharmos estamos representando objetos invisíveis, inacessíveis em termos da Física clássica. Contudo, as imagens não servem apenas para representar objetos, entendemos que “As imagens, assim como as histórias, nos informam” (MANGUEL, 2001), nos possibilitando fazer vários tipos de leituras. Assim, podemos considerar a existência de um processo de leitura de imagens, similar ao que se considera para a leitura de um texto, tomando a imagem como discurso, desde que levemos em conta que o discurso está operando sobre uma materialidade diferente da materialidade linguística, e que o discurso não verbal pode ou não estabelecer relação com um discurso verbal (SILVA, 2002).

Daquilo que foi apresentado sobre a memória discursiva, do ponto de vista da AD, podemos ousar em considerar a existência de uma memória imagética, onde pressupomos que na leitura de imagens ocorre uma relação da imagem lida com outras imagens, “[...] imagens que não estão visíveis, porém sugeridas, implícitas a partir de um jogo,

---

<sup>8</sup> GILMORE, R. **Alice no país do quantum**: a Física Quântica ao alcance de todos. Tradução de PENIDO, A. Alice in quantumland: an allegory of quantum Physics (1995). Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

previamente oferecidas, e outras que podem ter sido apagadas, silenciadas” (SOUZA, 2001 apud SILVA, 2002). Segundo Manguel:

[...] só podemos ver aquilo que, em algum feito ou forma, nós já vimos antes. Só podemos ver as coisas para as quais já possuímos imagens identificáveis, assim como só podemos ler em uma língua cuja sintaxe, gramática e vocabulário já conhecemos. (MANGUEL, 2001, p. 27).

Nesse trajeto devemos considerar que o discurso pode se materializar de forma imagética e verbal, ambas formas produzidas em determinadas, e distintas, condições de produção, traçando relações com a exterioridade, admitindo que a imagem trabalha também seus efeitos discursivos. Segundo Orlandi:

Quanto à natureza da linguagem, devemos dizer que a análise de discurso interessa-se por práticas discursivas de diferentes naturezas: imagem, som, letra etc. (ORLANDI, 2013, p. 62).

Segundo Silva (2002), é importante refletirmos também sobre funcionamento discursivo das imagens, considerando que tanto o texto verbal quanto o não verbal (imagético) são incompletos do ponto de vista da significação, assim “[...] toda leitura, seja do texto verbal ou não-verbal, há interpretação (mesmo que não consciente, intencional), na tensão constante entre repetição e deslocamento de sentidos” (SILVA, 2002, p. 80).

O ser humano, no seu dia a dia está em contato com as imagens, assim como está em contato com a fala, o verbal, a escrita, e ele constantemente (re)aprende as suas regras, seus jogos discursivos. E é nesse contexto sócio-histórico que a imagem chega à sala de aula. A imagem na sala de aula, segundo Martins, Gouvêa e Piccinini (2005), permite localizarmos estruturas e funções “possibilitando mostrar relações espaciais entre parte e todo”; fornecer situações que os(as) estudantes e o(a) professor(a) podem refletir, localizar e identificar as entidades e suas partes; conduzir um processo de construção de representações, tanto por meio de descrições como por analogias; situações que a explicação assume menos rigidez, permitindo expressões

mais criativas e representativas, onde alunos participam discutindo conceitos e ideias; e “influenciar na memorização dos alunos”, considerando que as analogias visuais contribuem para lembrar de entidades que não são do universo visível, “aumentando a possibilidade ‘convencimento’ desses alunos” (MARTINS; GOUVÊA; PICCININI, 2005).

Acreditamos ser de grande importância refletirmos sobre o funcionamento das imagens no contexto de sala de aula, já que, segundo Silva et al.:

[...] as imagens têm sido vistas única ou mais enfaticamente como representações de ideias ou conceitos, não sendo dada tanta ênfase à relação entre imagem e o objeto ‘externo’ e nem ao papel das imagens na sociedade atual. (SILVA et al., 2006).

Mas podemos considerar que a imagem terá essas mesmas funções para o ensino de partículas elementares? Quando propomos representar por imagens as partículas elementares, as imagens viriam possibilitar aos estudantes do Ensino Médio se aproximarem de um universo invisível, inacessível em termos clássicos? Na Física de partículas estamos tratando de entidades que não são do universo visível, as partículas elementares, fisicamente, não se comportam como as entidades visíveis. Não estamos apenas tratando de um problema de representação imagética, mas de um problema simultaneamente epistemológico, já que tem relação com o que se conhece ou se pode conhecer sobre esses objetos.

Nesse capítulo foram discutidos esses aspectos, apresentando um pouco da “textualização e circulação”<sup>9</sup> das imagens das partículas elementares, tentando mostrar como ocorre a prática discursiva desse assunto, possibilitando assim, pensar essas imagens no âmbito da educação.

---

<sup>9</sup> Utilizamos “circulação e textualização” conforme é discutido por Silva (2014), onde circulação e textualização “[...] visa somar possibilidades no campo da educação científica e tecnológica, principalmente no sentido de contribuir para pensar o papel da linguagem e do discurso nesse campo. Essas noções têm contribuído para articular o político, o ideológico, o social (relações de poder e imaginário) ao científico na sua versão escolar”.

### 3.1 A CIRCULAÇÃO DAS IMAGENS DE PARTÍCULAS ELEMENTARES

Nesta seção será descrito o caminho metodológico desenvolvido para chegar-se até as imagens que representam de alguma forma as partículas elementares. Nessa trajetória podemos identificar que as imagens sobre partículas elementares não são encontradas facilmente em artigos científicos ou livros acadêmicos. Já em sítios na internet e livros didáticos, o número de imagens aumenta consideravelmente. Salientamos que as características das imagens não serão analisadas, apenas serão apresentadas para entendermos como ocorre a circulação delas.

O primeiro espaço de fala<sup>10</sup> pesquisado foi o dos artigos científicos. Selecionamos os textos escritos pelos físicos Gell-Mann<sup>11</sup>, Yukawa<sup>12</sup>, Winberg<sup>13</sup> e Dirac<sup>14</sup> que comunicam as pesquisas teóricas desenvolvidas pela comunidade científica do tema de Física de Partículas nas décadas de 1920, 1930 e 1960. A seleção foi realizada de forma aleatória, buscando ponderar sobre os de maior relevância para a área. Esses artigos não apresentam nenhuma imagem. Podemos afirmar que ocorre o silenciamento de imagens na textualização desses artigos, ou seja, a linguagem é materializada apenas em forma de texto e elementos matemáticos. O silenciamento dessas imagens pode ser significado de várias formas, mas certamente está relacionado com as instituições que envolvem a produção desses artigos. E poderemos fornecer pistas desses princípios de significação atentando a outros espaços de fala.

---

<sup>10</sup> Entendemos como “espaço de fala” o lugar onde é possível identificar regularidades nos acontecimentos discursivos. Essa ideia está baseada em Gregolin (2005), quando ela afirma que textos podem pertencer a uma mesma Formação Discursiva, onde se estabelecem identidades formais, jogos polêmicos e regras específicas.

<sup>11</sup> GELL-MANN, M. A. Schematic model of baryons and mesons. In: **Physics Letters**, v. 8, n. 3, 1 fev. 1964, p. 214-215.

<sup>12</sup> YUKAWA, H. On the interaction of Elementary Particles. In: **Proc. Phys. Math. Soc. Jpn.**, v. 17, 1935, p.48-57.

<sup>13</sup> WEINBERGER, S. A model of leptons. In: **Physical Review Letters**, v. 19, n. 21, 20 nov. 1967.

<sup>14</sup> DIRAC, P. A. M. The Quantum Theory of Dispersion. In: **Proceedings of the Royal Society of London**, Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character, v. 114, n. 769, 2 maio 1927, pp. 710-772.

DIRAC, P. A. M. The Quantum Theory of the Electron. In: **Proceedings of the Royal Society of London**, Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character, v. 117, n. 778, 1 fev. 1928, p. 610-624.

Pesquisando em livros acadêmicos acerca do segundo espaço de fala, encontramos no livro dos autores Halzen e Martin<sup>15</sup>, Griffiths<sup>16</sup>, Eisberg e Resnick<sup>17</sup> e Hallyday<sup>18</sup> imagens que textualizam partículas elementares. Olhamos para esses livros, pois esses são tomados como básicos para o estudo de Física de partículas, nas instituições de Ensino Superior. As imagens contidas neles são principalmente diagramas, esquemas ou traços de trajetórias (fotografias do experimento da câmara de bolhas). Quase todas elas possuem legendas e estão apoiadas pelo que o texto escrito está dizendo. A disposição da imagem na página varia, pois algumas vezes ela está após um texto, outras vezes antes, outras vezes, ainda, o texto escrito aparece contornando a imagem. Destaca-se que de todas as imagens encontradas apenas uma representa partículas em pequenos círculos, essa imagem está no livro de Griffiths<sup>19</sup>.

O terceiro espaço analisado foi a internet. Para chegarmos a essas imagens, utilizamos a palavra-chave “partículas elementares”<sup>20</sup> no sítio do *Google Imagens*. Das imagens que foram encontradas, percebemos duas principais regularidades, as imagens da tabela do *modelo padrão* das partículas elementares e imagens como a Figura 1 e Figura 2, que apresentam o átomo, elétron, próton e *quark* como esferas. As partículas são significadas como esferas, “bolinhas”, objetos com forma. Cones que iniciam em determinadas partículas terminam na reprodução de uma nova partícula, produzindo o efeito de ampliação. Na ausência do cone, são utilizadas flechas para produzir esse mesmo sentido, do qual faz parte também, em ambos os casos, da indicação da ordem de grandeza, do tamanho do objeto em questão.

---

<sup>15</sup> HALZEN, F.; MARTIN, A. D. **Quarks and leptons: an introductory course in modern particle physics**. Canada: John Wiley & Sons, 1984.

<sup>16</sup> GRIFFITHS, D. **Introduction to elementary particles**. Canada: John Wiley & Sons, 1987.

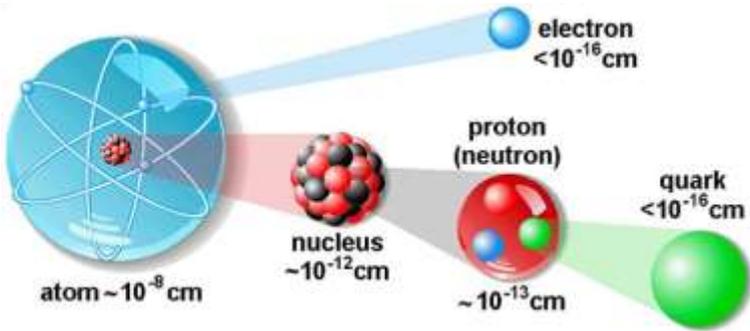
<sup>17</sup> EISBERG, R.; RESNICK, R. **Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas**. 23 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979. p. 807.

<sup>18</sup> HALLYDAY, D. **Fundamentos de Física**. Volume 4: Óptica e Física Moderna. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

<sup>19</sup> Figura 2.3: GRIFFITHS, D. **Introduction to elementary particles**. Canada: John Wiley & Sons, 1987.

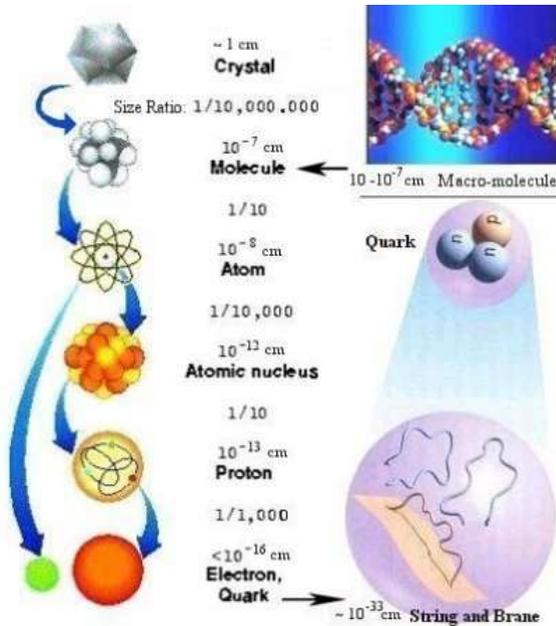
<sup>20</sup> Também utilizamos o termo em inglês, visto que a maioria dos materiais produzidos nessa área utiliza a língua inglesa.

Figura 1 - Representa \\* ARABIC e grandeza, do



Fonte: Disponível em: <[https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRKwSWaeWukTuyF\\_4UvVqwkLtf5EgsSIXq1TgHL-1eWnWeJWW79](https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRKwSWaeWukTuyF_4UvVqwkLtf5EgsSIXq1TgHL-1eWnWeJWW79)>. Acesso em: 10 nov. 2014.

Figura 2 - Imagens do \\* ARABIC uyF\_4UvV



Fonte: Disponível em: <<http://universe-review.ca/I15-01-domain.jpg>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

O último e quarto espaço de fala pesquisado foi o dos livros didáticos do Ensino Médio. Selecionamos nove livros do PNL 2015<sup>21</sup> do(s) autor(es) Guimarães, Piqueira e Carron<sup>22</sup>, Bonjorno et al.<sup>23</sup>, Yamamoto e Fuke<sup>24</sup>, Pietrocola et al.<sup>25</sup>, Sant'Anna et al.<sup>26</sup>, Torres et al.<sup>27</sup>, Menezes et al.<sup>28</sup>, Luz e Álvares<sup>29</sup> e Artuso e Wrublewski<sup>30</sup>. No capítulo em que os temas partículas elementares e Física Nuclear estão inseridos, a maioria dos livros apresentou imagens representando partículas elementares como sendo esferas. Apenas os livros de Yamamoto e Fuke (2013) e Luz e Álvares (2014) foram os que não apresentaram nenhuma imagem sobre partículas. Apenas o livro de Luz e Álvares (2014) não tratou sobre o tema de partículas elementares. É importante ressaltar que em alguns livros o tema de partículas elementares está na mesma seção de Física Nuclear, ou no mesmo capítulo, ou aparece apenas em um quadro informativo no sentido de uma informação a mais.

O livro de Torres et al. (2013) apresenta a imagem de traços de trajetórias (fotografias do experimento da câmara de bolhas). Os livros de Sant'Anna et al. (2013), Torres et al. (2013), Menezes et al. (2013) e Artuso e Wrublewski (2013) apresentam a tabela do *modelo padrão* das partículas elementares. E são os livros dos autores Guimarães, Piqueira e Carron (2013), Bonjorno et al. (2013), Pietrocola et al. (2013), Sant'Anna

---

<sup>21</sup> Só foram selecionados esses nove livros, pois não conseguimos obter os outros livros restantes para que pudéssemos realizar a análise completa dos livros de Física do PNL 2015.

<sup>22</sup> GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física** (Ensino Médio). v. 3. 1 ed. São Paulo: Ática, 2013.

<sup>23</sup> BONJORNO, J. R. **Física**: Eletromagnetismo, Física Moderna: 3<sup>a</sup> ano. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.

<sup>24</sup> YAMAMOTO, K.; FUKE, L. F. **Física para o Ensino Médio 3**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

<sup>25</sup> PIETROCOLA, M. et al. **Física**: conceitos e contextos: pessoal, social, histórico, eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria: 3. 1. ed. São Paulo: FTD, 2013.

<sup>26</sup> SANT'ANNA, B. **Conexões com a Física**. 3. Eletricidade Física do século XXI. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

<sup>27</sup> TORRES, C. M. A. **Física**: ciência e tecnologia. 3. Eletromagnetismo, Física Moderna. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2013.

<sup>28</sup> MENEZES, C. A. et al. **Física, 3<sup>a</sup> ano**: Ensino Médio. Coleção Quanta Física. 2. ed. São Paulo: Editora PD, 2013.

<sup>29</sup> LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A. **Física contexto & aplicações**: Ensino Médio. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2013.

<sup>30</sup> ARTUSO, A. R.; WRUBLEWSKI, M. **Física**. v.3. 1. ed. Curitiba: Positivo, 2013.

et al. (2013), Torres et al. (2013) e Artuso e Wrublewski (2013) que apresentam as partículas, e não apenas as elementares, por meio de imagens de esferas. Grande parte dessas imagens está representando os átomos e suas partículas subatômicas, como o elétron, o próton e o nêutron. Desses, apenas o livro de Sant'Anna et al. (2013), Guimarães, Piqueira e Carron (2013), Torres et al. (2013) e Artuso e Wrublewski (2013) apresentam as partículas elementares por meio de imagens de esferas.

O livro de Artuso e Wrublewski (2013) é o único livro que utiliza uma representação diferente de esfera para os *bósons* mediadores: o *glúon* apresenta forma espiral, semelhante ao que se desenha para o DNA na biologia, porém apenas com duas fitas e de cor verde; o fóton é representado como uma onda de uma dimensão desenhada em cor amarela; e os *bósons* intermediários  $Z^0$  e  $W^\pm$  são superfícies de ondas na cor azul.

Para a maioria dos espaços de fala, encontramos imagem como uma das formas de textualização de partículas elementares. Apenas em um deles, dos artigos científicos, não encontramos absolutamente nenhuma imagem que vá representar as partículas, sejam as partículas elementares ou as partículas que compõem o átomo. Sendo assim, podemos concluir que está em circulação uma grande quantidade de imagens que representam de alguma forma as partículas, e essas imagens estão presentes sócio-historicamente na memória daqueles que leem sobre elas.

### 3.2 USO DAS IMAGENS E OS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

É necessário descrever aqui as possibilidades e desafios da utilização de imagens enquanto representação no processo de ensino e aprendizagem de Física de partículas. Sabemos que os temas de FMC não são de fácil textualização em forma de imagens e a circulação dessas imagens percorre apenas alguns espaços de fala.

Nesta seção mostraremos que um dos motivos dessa dificuldade está relacionada ao fato de a imagem enfrentar problemas epistemológicos e discursivos. Esse conceito de partícula elementar passa pela linguagem matemática que, por sua vez, torna difícil e complexo para “leigos” entenderem e interpretarem as partículas quânticas e os modelos atômicos. A matemática utilizada nem sempre é de fácil acesso a todos. Dessa forma, usamos as linguagens verbal e visual, na tentativa de produzir sentidos que sejam significativos a “leigos”, porém se enfrentam

outros desafios.

Com as reflexões de Bachelard e Moreira, no tocante ao que dizem sobre obstáculos da utilização de imagem enquanto representação, podemos problematizar o uso de imagens no Ensino de partículas elementares. Bachelard (2006) traz esses pensamentos em seu livro *A epistemologia* e Moreira faz uma análise em seu livro *Física de Partículas: uma abordagem conceitual & epistemológica* (2011) e no artigo *A Física dos quarks e a epistemologia* (2007). Moreira afirma que:

[...] para aprender significativamente o Modelo Padrão é preciso dizer não às representações pictóricas clássicas tão presentes nos livros, nas revistas de divulgação científica e nas aulas de Física. As partículas elementares não são corpúsculos e as reações e colisões entre partículas não são choques elásticos ou inelásticos clássicos entre corpos muito pequenos. (MOREIRA, 2011, p. 92).

Em seu artigo, o autor afirma que:

[...] nessa área da Física [partículas elementares, Física dos quarks], as imagens apenas reforçam obstáculos representacionais mentais que, praticamente, impedem a aprendizagem significativa. (MOREIRA, 2007, p. 1).

Mas como as imagens geram efeitos de sentido que contribuem ou não com o processo de ensino e aprendizagem do Ensino Médio e Ensino Superior impedindo a aprendizagem? Se o uso de imagens realmente se caracteriza como um obstáculo epistemológico para aprender ciência e, mais especificamente, para aprender partículas elementares, como então trabalhá-las?

É necessário aprofundarmo-nos nas reflexões desses autores, mas principalmente na reflexão de outros autores sobre o papel das imagens e representações no ensino de Física e Química. Dessa forma, nesse capítulo pretendemos entender como as imagens funcionam discursivamente nesse processo de produção de sentidos, para assim, na análise empírica posterior, realizada sobre os discursos dos licenciandos em Física, podermos resgatar aspectos mencionados aqui.

Moreira (2007) e grande parte dos educadores e pesquisadores em ensino defendem que representar partículas quânticas em “bolinhas” pode produzir o sentido de que essas são partículas clássicas, sendo que então a Mecânica Clássica seria responsabilizada por explicar os fenômenos entre essas partículas. Esse sentido é produzido, inconscientemente, porque o ser humano está imerso em um cotidiano sócio-histórico em que a realidade observável e a linguagem que a ela se refere é aquela compreendida pela Física Clássica, onde as noções de *coisismo* e de *choquismo* estão presentes (BACHELARD, 2006). Essas duas noções são introduzidas por Bachelard (2006) no livro *A epistemologia*, no capítulo *Epistemologia da Física*, na seção *C – O atomismo*, onde encontramos reflexões importantes quando o autor pensa o átomo e as partículas subatômicas.

A primeira reflexão discutida por ele refere-se à noção de corpúsculo na Física. O “corpúsculo” pode produzir o sentido de átomo (de Demócrito) indivisível, porém não é esse o corpúsculo que vem sendo utilizado quando tratado por meio da linguagem no estudo do átomo. Bachelard (2006, p. 58) diz que é necessário existir simultaneamente um novo pensamento e uma nova experiência para esse tema contemporâneo.

Para definir essa noção de corpúsculo, Bachelard (2006, p. 58-61) vai trazer explicações e definições, e entre elas as seguintes ideias: o corpúsculo não é um pequeno corpo; o corpúsculo não tem dimensões absolutas assinaláveis, e nem forma assinalável (a ordem de grandeza determina mais uma zona de influência do que uma zona de existência).

Uma das principais reflexões está na impossibilidade de atribuir ao corpúsculo um lugar preciso, já que ele não possui forma determinada. Se atribuirmos um lugar no espaço para o corpúsculo, estamos também atribuindo forma a ele. Esse sentido, que está materializado na palavra e imagem de corpúsculo, é produzido de tal forma que o próprio físico, ou mesmo químico, não reflete sobre esses aspectos intrínsecos ao que Bachelard (2006) chama de “postulado implícito” do “corpúsculo”.

Os discursos que utilizam a palavra “corpúsculos” para tratar de partículas da Física atômica e Física de partículas – que possuem características quânticas – caracterizam um problema discursivo que contempla aspectos epistemológicos, a dispersão dos sentidos que a palavra “corpúsculo” carrega marca uma revolução epistemológica, sendo necessário “substituir a fenomenologia por uma numerologia, isto é, por uma organização de objetos de pensamentos” (BACHELARD, 2006, p. 62). É evidente que na Física atômica e Física de partículas a noção de corpúsculo teve que ser modificada, em comparação à comparada com a da Física Clássica. Porém, essa noção de corpúsculo

traz consigo significados da Física Clássica, caracterizando um problema discursivo, o que conseqüentemente leva a produzirmos sentidos de partículas quânticas com significado de partículas clássicas.

Um exemplo, para mostrar os problemas da produção de sentidos em que a partícula quântica tem aspectos de corpúsculos clássicos, está na interação entre duas partículas. Imaginando que sejam dois corpúsculos individualizados pelas suas trajetórias, passando por uma região suficientemente estreita, certamente eles irão chocar-se. Contudo, com partículas quânticas esse fenômeno não ocorre, pois elas irão interagir entre si, a ponto de não se poder distinguir uma partícula de outra, elas poderão trocar energias e produzir outras partículas ou simplesmente não interagirem e seguirem em direções que já seguiam antes. Tal efeito, que ocorre na realidade descrita pela Física Quântica, não tem correspondente clássico. Se fossem realmente corpúsculos, no sentido clássico, elas (partículas) deveriam se chocar, com total impossibilidade de uma atravessar a outra, ou uma ocupar a mesma região que a outra.

Para a Física Clássica não faz sentido imaginar corpúsculos atravessando uns aos outros. Esse significado da Física Clássica é estreitamente associado à experiência cotidiana que o ser humano tem com relação às coisas. Isso remonta à memória discursiva e dá sentido clássico à palavra “corpúsculo”. Ressaltamos que a noção de corpúsculo já não serviria para explicar fenômenos quânticos, cujo sentido foi construído pela mobilização da linguagem matemática. Mesmo que bem explicitada essa questão, ela ainda é latente e gera desvios epistemológicos na área da Física Atômica e a Física de Partículas.

Outro fenômeno citado por Bachelard (2006), que contradiz o axioma fundamental do atomismo filosófico, é assumir que corpúsculos possam aniquilar-se. Admitindo-se que exista a aniquilação, o sentido de que corpúsculos – que podem ocupar um espaço e ter forma – sejam sólidos, não é mais aceito. Não vale mais o sentido que o átomo é feito de pequenos sólidos, de pequenas coisas. Refutando a noção de coisa que, segundo Bachelard (2006, p. 63), os atomistas possuíam.

O problema epistemológico que encontramos na noção de corpúsculo irá nos levar à noção de *coisismo* e à noção de *choquismo*, por interpretarmos que partículas são corpúsculos. Ele, Bachelard (2006), chama esse problema de “monstruosidade epistemológica”, e diz que físicos, químicos, professores e estudantes podem tê-lo “desvairadamente”. Para Bachelard:

[...] o corpúsculo define-se como uma coisa não-coisa. Basta considerar todos os ‘objetos’ da microfísica, todos os recém-chegados que a Física designa pela terminação ‘on’ [ex: elétron] digamos todos os ‘ons’ para compreender o que é uma coisa não-coisa, uma coisa que se singulariza por propriedades, que nunca são as propriedades das coisas comuns. (BACHELARD, 2006, p. 64).

Noções geométricas e noções materialistas são encontradas no sentido dado ao corpúsculo, isso quando se pensa “corpúsculo” como sendo uma “coisa”. Na Física Quântica, noções geométricas não são tomadas como reais, em suma, a coisa (partícula - elétron, prótons...) não é coisa, é descrita matematicamente por uma função de onda que não se relaciona a uma noção geométrica. E a noção material, na Física de Partículas, não está associada ao conceito de massa. A massa da partícula é definida pela interação das propriedades das partículas com o campo de Higgs. Descuidadamente associamos o conceito de massa da mesma forma que fazemos na Física Clássica.

Outro aspecto enunciado por Bachelard, refere-se à noção do choque:

Haveria muito a dizer sobre o choque esquematizado que passa por ideia simples no conhecimento comum. Mas, se nos ativermos à filosofia corpuscular, parece ser necessário defendermo-nos de toda a referência a uma teoria macroscópica do choque e ser necessário refazer de novo uma teoria do encontro. (BACHELARD, 2006, p. 65).

O choque esquematizado entre partículas, por exemplo entre elétrons, pode nunca acontecer. A Física passou a usar o termo interação para designar a relação entre essas partículas:

Por exemplo, no seu belo livro sobre os raios cósmicos, Leprince-Ringuet escreve: ‘No domínio atômico e, em particular, quando se trata de partículas como os elétrons, a expressão de “choque” [...] Não implica que tenha havido contato, pela razão de que não é possível fazer-se

uma representação espacial do elétron: é melhor dizer ‘interação’ do que choque, porque faz intervir imagens menos definidas e é menos exato’. (BACHELARD, 2006, p. 65).

Noções de choquismo produzem o sentido de que as partículas se comportariam como bolas de bilhar, analogamente ao estudado em colisões elásticas. Porém, essas partículas não se chocam como tal. Elas podem atravessar uma a outra. Para descrever os fenômenos quânticos é necessário usar equações como a de Schrodinger, que descreve como o estado quântico de um sistema físico muda com o tempo, possibilitando estudar o comportamento das partículas quânticas, partículas elementares.

Interpretar as partículas como sendo bolas de bilhar, pode produzir o sentido de que existem fenômenos de causalidades, ou seja, interpretar como sendo um objeto esférico do nosso cotidiano que funciona sobre as leis da Física Clássica, que possui forma e ocupa lugar no espaço, pode produzir o sentido de que existe uma relação de causa e consequência; de que existe sempre um evento responsável que produz um outro, por exemplo: uma bola de bilhar A com velocidade  $V_a$  em relação ao referencial O tem sua trajetória de colisão com uma bola de bilhar B em repouso em relação ao referencial O. Quando A chocar-se inelasticamente com B, parte do momento linear de A será transmitido para B, já que B terá uma velocidade  $V_b$  adquirida na colisão. Essa é a causalidade. No mundo quântico, essa causalidade desaparece, Bachelard comenta sobre esse aspecto:

[...] O choque, que fornece tantas lições para uma cosmologia do acaso, proporcionou a própria raiz da doutrina da causalidade. O choque oferece verdadeiramente a lição ingênua da causalidade. E podemos perguntar-nos se a noção de causalidade ultrapassa a informação que dão as intuições ingênuas do choque. Cuvier faz a este respeito uma confissão muito clara, que não reteve suficientemente a atenção dos filósofos: “Uma vez saídos dos fenômenos do choque, já não temos ideias nítidas sobre as relações de causa e efeito”. (BACHELARD, 2006, p. 64).

Se pensarmos na interação do fóton com o elétron iremos concluir que não existe efetivamente um choque entre essas duas partículas. O

choque passa a ter novas definições e novas causalidades sobre partículas quânticas. Para Bachelard (2006, p. 66), tanto o *coisismo* como o *choquismo* são filosofias inapropriadas para uma descrição dos fenômenos da Ciência Moderna. Ele justifica dizendo que “tais filosofias entregam-nos à escravidão das nossas intuições primeiras relativas ao espaço e à força”.

Assim, Bachelard introduz o conceito de noções-obstáculos pelo qual ele acredita ser necessário precaver-se:

Na verdade, a noção de um corpúsculo definido como ‘um pequeno bocado do espaço’ reconduzir-nos-ia a uma Física cartesiana, a uma Física democritiana contra as quais é necessário pensar, se pretendem abordar os problemas da ciência contemporânea. A noção de corpúsculo concebido como um pequeno corpo, a noção de interação corpuscular concebida como o choque de dois corpos, eis precisamente noções-obstáculos, noções paragem-de-cultura contra as quais é necessário precaver-se. (BACHELARD, 2006, p. 64).

Sobre o funcionamento desse tipo de obstáculo, melhor discutido em outras obras de Bachelard e introduzidas algumas reflexões nessa obra de 1971, ainda se tem uma ideia pouco aprimorada e pouco analisada. Porém, é evidente que existem essas explicações da Física Quântica e da Física de Partículas que não aceitam analogias com objetos concretos que podem ser “coisa” ou “chocar-se”. Bachelard (2006) vai questionar a quem essas explicações seriam dirigidas, e por que o conhecimento sofre essa distorção. É evidente que quem recebe essas explicações são aqueles que não sabem e que têm por objetivo saber. Mas será que o uso de analogias que remetam à imagem de corpúsculo é o mais adequado a esses que não sabem? Para Bachelard, iniciar com essas analogias resultaria em bloqueios, e a estratégia mais profícua é adentrar ao conhecimento científico, ou seja, ao modelo matemático empregado à Física Quântica, e às partículas elementares. Nesse contexto, podemos entender o conhecimento científico como uma permanente negação ao conhecimento anterior, em que cada nova teoria desenvolvida diz não à teoria anterior, avançando o pensamento científico (BACHELARD, 1991 apud MOREIRA, 2011).

Realmente é questionável se o uso dessas imagens, analogias e representações, podem ou não contribuir para a aprendizagem desses temas. Gomes e Oliveira afirmam que:

É comum o uso, em sala de aula, de diversas estratégias com o intuito de facilitar a aprendizagem. Muitas delas, como analogias, metáforas, imagens, modelos entre outras presentes nos materiais didáticos é amplamente utilizadas por docentes, deveriam ser fonte de reflexão sobre suas implicações. Ainda que empregadas com a intenção de facilitar a compreensão de um determinado assunto, na realidade não auxiliam verdadeiramente, salvo em casos específicos muito bem trabalhados. Ao contrário, esses subterfúgios pedagógicos fazem com que sejam substituídas linhas de raciocínio por resultados e esquemas, o que se por um lado suscita atrativos e interesse, por outro se cristaliza intuições. Assim, práticas como essas podem ser perniciosas à aprendizagem. A assimilação de noções inadequadas, sejam elas advindas dos conhecimentos empíricos que o educando vivencia em seu cotidiano ou adquiridas na escola, poderá resultar na constituição de obstáculos epistemológicos. (GOMES; OLIVEIRA, 2007 apud BACHELARD, 1996, p. 97).

O mesmo é questionado por Moreira (2007): se é necessário imaginar ou coisificar um *quark* para entender o que seja tal partícula. Bachelard (2006) e Gomes e Oliveira (2007), analogamente, dizem o mesmo sobre o átomo e suas representações. Gomes e Oliveira (2007, p. 97) inclusive afirmam que “o conhecimento comum seria um obstáculo ao conhecimento científico, pois este é um pensamento abstrato”.

O problema exposto por esses autores é interpretado como um problema epistemológico, encontrado ao longo da história das ciências, do ensino de ciências. Pois é possível perceber que existem rupturas de pensamentos entre o que já pode ser entendido por corpúsculos (coisa), colisões (choque) e o que é entendido hoje na ciência moderna. E essa incomensurabilidade encontrada nesse tema é deslocada ao nível educacional. Como afirmado por Moreira (2007, p. 19): “[...] Para aprender significativamente o *Modelo padrão* é preciso dizer não às

representações pictóricas clássicas tão presentes nos livros, nas revistas de divulgação científica e nas aulas de Física”.

Optamos por não adentrar com profundidade nessas questões. Mas apontamos que existem muitos aspectos aqui citados que merecem atenção e aprofundamentos futuros.

Na educação, a imagem é encarada como importante, já que ela tem o papel de representar não apenas coisas, mas também noções ligadas a essas coisas ou conceitos (CAVALCANTE et al., 2012). A imagem não é apenas o que é visto, mas é a maneira como ela é pensada, ela é dada pela perspectiva imaginativa e isso ocorre no ato de imaginar (CASEY, 1974; HILMAN, 1983a, p. 28 apud CAVALCANTE et al., 2012).

Mas o que dizer das partículas elementares? Nossos olhos não possuem capacidade para vê-las, e o que observamos nos grandes detectores dos aceleradores de partículas é a interação das partículas com esses detectores, não é vista a partícula em si. Então é necessário criarmos uma representação, dar uma forma para que outros possam ver e que possam, então, produzir efeitos simbólicos (SILVA, 2002, p. 76).

Representar o átomo não é algo fácil, mesmo que seja feito inconscientemente e cotidianamente de forma corpuscular. Representar objetos que pertençam ao átomo, que sejam de natureza Quântica, é uma tarefa complexa. O mesmo pode ser dito para partículas elementares, *mésons* e *bárions*. Mas representar partículas elementares, núcleos atômicos, átomos e moléculas causaria obstáculos de aprendizagem? Essa pergunta, certamente, não possui uma resposta pronta e acabada, mesmo que o Bachelard defenda que noção de *coisismo* e *choquismo* possam atrapalhar epistemologicamente o pensar do mundo das partículas. No entanto, trata-se de uma discussão muito relevante para o ensino e importante de ser levada para a formação de professores, seja inicial, seja continuada.

Do ponto de vista discursivo, temos duas formações ideológicas distintas, uma Clássica e outra Quântica. A Clássica assume noção de *coisismo* e *choquismo*, porém a Quântica não. Um simples exemplo está na interação básica do elétron com um núcleo. Se fosse uma interação clássica, o elétron deveria se chocar com o núcleo do átomo e não ser capturado liberando um neutrino; o elétron não poderia conseguir atravessar uma barreira de potencial maior que o seu próprio potencial (tunelamento). Exemplos como esses descaracterizam a noção de *coisismo* e *choquismo*. Mas porque produzimos esses sentidos que Bachelard chamou de noção? Existe uma incomensurabilidade entre essas duas visões, impossibilitando um diálogo?

Do ponto de vista da AD, estamos tratando de formações discursivas diferentes, em que uns discursos estão apoiados na formação discursiva que considera as “partículas quânticas” e suas propriedades de interação e outros estão apoiados na formação discursiva das “partículas clássicas”. Os discursos são incomensuráveis, similar ao que Kuhn (1995) já identificava. Mas o são por possuírem discursos que produzem sentidos distintos em cada espaço de fala. De tal forma que os discursos do “espaço de fala quântico” não produzam sentidos no “espaço de fala clássico” ou, se produzem sentidos, não são aqueles que dialogam com a Física Clássica. Diríamos que existe uma “memória” que inclui aqueles conceitos que estão no momento histórico da Física Clássica e uma “atualidade” que inclui os conceitos que estão no momento histórico da Física de Partículas. Ambos compõe formações discursivas, ambos descrevem um acontecimento discursivo, uma relação entre o já dito e o dito. Orlandi, acerca dessa tensão entre discursos da atualidade e de uma memória, nos diz que:

Daí a importância de uma abordagem discursiva já que essa abordagem permite observar como a língua produz sentidos, justamente pela inscrição de seus efeitos materiais na história. Permite apreender o acontecimento da linguagem, isto é, o encontro entre uma atualidade e uma memória. É isto que vamos procurar compreender: o sentido como acontecimento. (ORLANDI, 2004, p. 134).

Da perspectiva epistemológica, poderíamos verificar que estaríamos no período em que sobrevivem tanto a antiga “matriz disciplinar” quanto a nova, já que se assumem diferentes generalizações simbólicas, modelos, valores compartilhados e exemplares (OSTERMANN, 1996, p. 186), mais especificamente, diferentes formas de significar as partículas. Uma matriz disciplinar seria a Física Clássica, tratando de colisões para objetos macroscópicos, e outra seria a Física Quântica, resolvendo as interações entre partículas quânticas. Porém essas matrizes não estão em transição, coexistem, já que as duas são aceitáveis e incomensuráveis ao mesmo tempo.

De fato, não é possível relacionar os dois sentidos de partícula utilizando-se de analogias clássicas para entender como interage uma partícula quântica. Porém, é costumeiro que tanto estudantes do Ensino Médio como estudantes do Ensino Superior (Bacharelado e Licenciatura)

aprendam primeiro as colisões de partículas, corpúsculos, pontuais da Física Clássica. Então, supõe-se que eles poderão produzir sentidos associando o que aprenderam classicamente, com a noção quântica das partículas. Pensando a leitura da imagem como sendo um processo discursivo onde existe produção de sentidos e que se inscreve em uma memória (SILVA, 2002), é possível pensar que a associação entre o que foi aprendido classicamente, com o que pretende se aprender quanticamente, ocorre historicamente que: “A leitura de imagens não pressupõe apenas uma experiência visual individual, mas a inscrição numa história. É necessária uma memória, eu diria, discursiva, para ler imagens” (SILVA, 2002, p. 77). Ou seja, da perspectiva discursiva, a reação está estabelecida, mesmo que se evite o uso de analogias.

Nesse aspecto, se existem essas duas visões dentro de um mesmo momento histórico, a criação de representações imagéticas com a existência de dupla interpretação, pode ser aceitável. E a memória referente a partículas clássicas do estudante que aprende quântica, não pode ser apagada. Pelo contrário, pode ser resgatada para que quando se criarem obstáculos epistemológicos - como a noção de *coisismo* e *choquismo* - já sejam superados logo em seguida. Seja essa superação por meio de discursos textuais, imagéticos ou matemáticos.

Essa discussão tange à relação do objeto e do modelo que são, de certa forma, “distantes do visível, do sensível, do imediato, do cotidiano” (BUNGE, 1974 apud SILVA, 2006). Essa distância entre a representação do modelo por meio de imagem e do objeto em si mesmo, é uma característica encontrada na ciência, principalmente no conhecimento de partículas quânticas. Mas isso não significa que o conhecimento científico, a maneira de representar partículas elementares, não seja real. Dizer que não é real, é considerar que existe o contraste do modelo teórico com o mundo tal qual percebemos e conhecemos. Como argumentado por Silva (2002, p. 80): “[...] as exterioridades dessas imagens, os objetos reais e objetos-modelo, não possuem o mesmo estatuto ontológico, ou seja, não são reais do mesmo modo, embora ambos sejam exterioridades de suas respectivas imagens”.

Enfrentar esses obstáculos pode ser de natureza complexa, mas cabe ao professor identificar como os recursos textuais e imagéticos precisam estar presentes para que obstáculos epistemológicos sejam superados. Recursos matemáticos podem não ser os mais adequados para o Ensino Médio, e evocar outros recursos torna-se então necessário. A autonomia do professor nesse aspecto torna-se importante, como afirma Silva:

Ao trabalharmos determinadas imagens e não outras, de determinados modos e não outros, estamos lhes [aos alunos] fazendo um convite. Um convite que precisa ser amplo o suficiente para abarcar o maior número possível de estudantes numa sala de aula. (SILVA, 2002, p. 77).

Não podemos ignorar a necessidade de refletirmos sobre as possibilidades e desafios da utilização de imagens no Ensino de Física Moderna e, principalmente, no Ensino de Física Quântica e Física de Partículas. É necessário perceber que em se tratando do escopo da representação imagética, existem duas formações discursivas dentro de um mesmo momento histórico, a da Física Clássica e a da Física Quântica. Dessa forma, a criação de representações imagéticas, com a existência de duplos efeitos de sentido, pode ser considerada aceitável, principalmente no ambiente escolar. E nesse contexto não há como evitar que a memória da Física Clássica esteja presente no estudante que aprende Física Atômica e Física de Partículas. Talvez seja importante que ela não seja apagada, negada, mas resgatada, trabalhada para que ao se encontrarem obstáculos epistemológicos – como a noção de *coisismo* e *choquismo* – esses possam ser trabalhados visando sua superação.

### 3.3 IMAGENS DAS PARTÍCULAS ELEMENTARES DIFERENTES DE ESFERAS

Essa dupla formação discursiva em que imagens de partículas se inserem gera relações entre as formações diferentes da analogia mais imediata com “bolinhas”. É o caso das imagens que compõe o livro *O discreto charme das partículas elementares* (ABDALLA, 2006), de autoria da Física Maria Cristina Abdalla e ilustrado por Sérgio Kon, e que contém inúmeras representações imagéticas das partículas elementares. Esse livro exemplifica bem como os recursos imagéticos e de linguagens podem alcançar o objetivo de divulgar um campo de conhecimento particularmente complexo como o da Física das partículas elementares. A obra foi publicada pela Editora da UNESP em 2006.

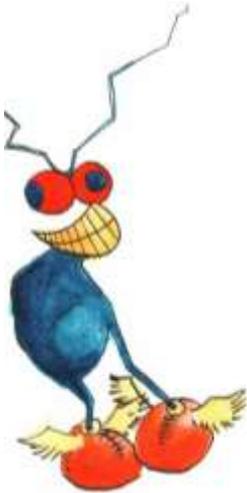
As partículas, nesse livro, são representadas como “monstrinhos”, muito parecidos com as bactérias que são ilustradas em comerciais de creme dental. Porém todas as partículas/monstrinhos possuem características que tentam relacionar as formas visuais da partícula com suas propriedades conceituais. Pretendemos a seguir apresentar os efeitos

que são produzidos por essas representações das partículas elementares<sup>31</sup>. E veremos que, embora sendo uma alternativa à representação de partículas como bolinhas, ainda assim, a memória de conhecimento da Física Clássica continua presente.

Os efeitos que elencamos são os seguintes:

i) Todos os Léptons possuem asas, como por exemplo o Elétron, Múon, Tau, neutrino do elétron, neutrino do Múon e neutrino do Tau. Dessa forma, o leitor poderá perceber que eles pertencem, imageticamente, a uma mesma classe, o que de fato ocorre na Física. A Figura 3, a seguir, demonstra o elétron e suas asas próximas do “pé” da partículas.

Figura 3 – Imagem do elétron



Fonte: Abdalla (2006, p. 38).

ii) O próton é apresentado todo remendado, costurado, demonstrando que ele é composto de outras partículas. A quantidade de olhos que ele possui são três pares de olhos, representando que existem três partículas elementares compondo o próton, possibilitando o sentido de ele não ser elementar. A Figura 4, a seguir, consegue representar o descrito.

---

<sup>31</sup> As Figuras entre 1 e 10 foram digitalizadas da mesma fonte: ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2006-a. 344p.

Figura 4 – Imagem do próton



Fonte: Abdalla (2006, p. 43).

iii) Os nomes das partículas são associados às representações das partículas, onde se lê *Up* (cima), tem-se o *quark* com olhos para cima, e onde se lê *Down* (baixo), tem-se o *quark* com olhos para baixo<sup>32</sup>. O mesmo ocorre com o *quark Charm* (charmoso)<sup>33</sup>, e o *quark Strange* (estranho)<sup>34</sup>, esses possuem o mesmo recurso de relação. O “charmoso” possui várias características charmosas, como vestido vermelho, seios mamários robustos, colar vermelho no pescoço. O “estranho” possui particularidades que se pode considerar “abstratas”, onde existe pé, cabelo, olhos, pernas em lugares absolutamente estranhos e com formas geométricas envolvidas.

iv) Os *quarks up* e *down* apresentam-se com mesma forma, porém com cores diferentes e posição dos olhos diferentes (*Up* – Olhos para cima, *Down* – Olhos para baixo). Essas imagens levam à interpretação de que, devido às formas artísticas parecidas, essas duas partículas têm características conceituais Físicas muito parecidas. Inevitavelmente, é possível identificar uma simetria entre essas duas partículas, onde uma tem olhos para cima, a outra tem olhos para baixo. Até mesmo a relação entre o nome e as características das partículas (*Up* e *Down*) torna possível imaginar uma simetria, como descrito anteriormente. A Figura 5, a seguir, representa o que foi descrito.

---

<sup>32</sup> A imagens dos *Quarks Up* e *Down* são representados na página 101 em ABDALLA (2006).

<sup>33</sup> O *quark charm* é representado na página 114 em ABDALLA (2006).

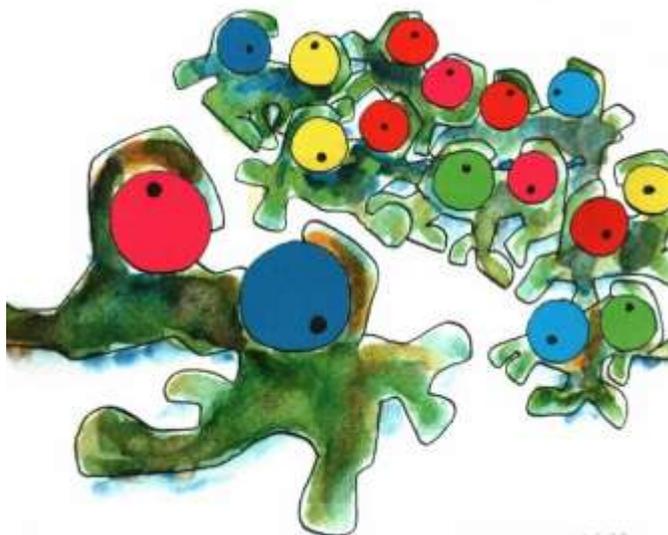
<sup>34</sup> Representação do *quark strange* encontra-se na página 147 em ABDALLA (2006).

Figura 5 - Imagens dos *quarks up* e *down*

Fonte: Abdalla (2006, p. 101).

v) Os *glúons* são apresentados com a mesma forma, porém como existem 8 tipos de *glúons*, devido a característica da carga-cor, eles são diferenciados por seus olhos de variados conjuntos de cores. Essas cores foram utilizadas, possivelmente, para representar a interação que eles têm com as diferentes cargas-cores dos *quarks*. Além de que, eles apresentam uma espécie de “garra” para prender os *quarks*, já que a interação dos *glúons* ocorre apenas nos *quarks*. Se comparada com a imagem do próton, é possível ver que o desenho é fiel. O manto azul que existe na imagem do próton não tem ligação com os conceitos da Física, sendo apenas uma representação artística sem relações com conceitos físicos, mas vê-se que ele é utilizado para envolver os 3 *quarks* e 3 *glúons*. As figuras, Figura 6 e Figura 7, a seguir, mostram os *glúons* e os *glúons* aplicados no próton, respectivamente.

Figura 6 – Representação dos *glúons*



Fonte: Abdalla (2006, p. 125).

Figura 7 - Os *quarks* interagindo com os *glúons*



Fonte: Abdalla (2006, p. 104).

vi) Entre as partículas representadas, o *quark top* destaca-se por ter vários olhos e ocupar a página toda do livro ao ser representado junto a outras partículas. A quantidade de olhos em todas as partículas é variada, porém essa partícula tem vários olhos. Essa quantidade de olhos produz o efeito de sentido que essa partícula possa ser composta de várias outras partículas. Sabe-se que o decaimento de partículas como os *quarks top*, *bottom*, *charm* e *strange* ocorrem em segundos depois da sua reação, e desse decaimento surgem várias outras partículas. Reações como essa ocorrem e são comuns quando se trata de partículas elementares e não elementares. No livro, todas essas reações foram representadas utilizando ilustrações. Em algumas dessas reações acompanha a equação de reação. Na Figura 8, a seguir, é possível observar o *quark top*, e na Figura 9, a reação que mostra o surgimento do *quark top* e o decaimento dele em outras partículas mais estáveis, respectivamente.

Figura 8 - Imagem do *quark top*



Fonte: Abdalla (2006, p. 136).

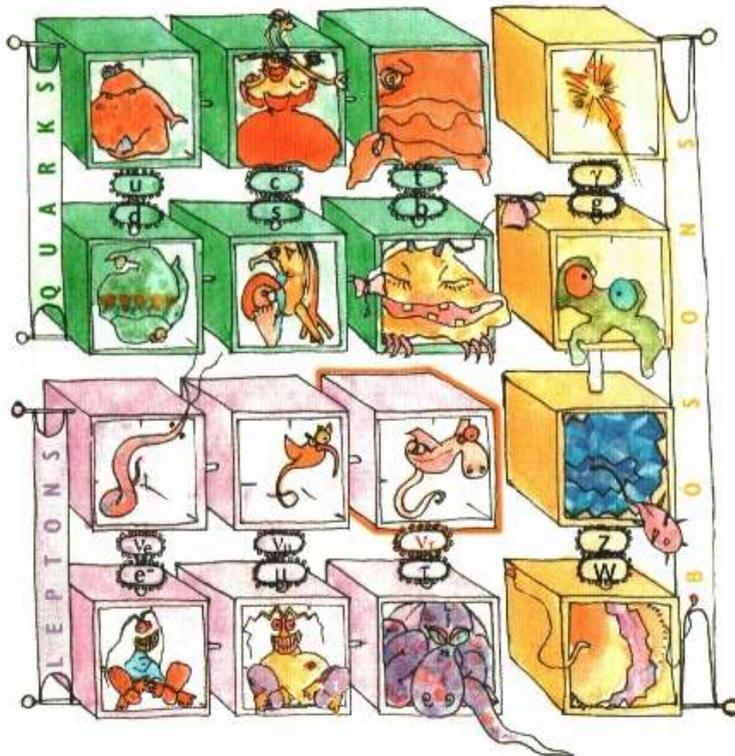
Figura 9 – Imagem da reação que surge o *quark top* que, em seguida, decai para outras partículas mais estáveis



Fonte: Abdalla (2006, p. 135).

vii) Partículas com massa maior, como o *quark top*, *quark bottom* e o *lépton tau*, possuem tamanho maior que as outras partículas. Apesar de não existir um conceito de tamanho físico associado a essas partículas, o tamanho é significativo no livro, e é verificado que partículas massivas têm tamanhos maiores. Na Física de partículas, o tamanho não é descrito, pois, segundo o princípio da incerteza de Heisenberg, é impossível determinar, com precisão exata e ao mesmo tempo, a velocidade e a posição de uma partícula subatômica, como um elétron ou um fóton. Na Figura 10, a seguir, é possível observar que essas partículas, descritas, apresentam-se de forma apertada dentro das caixas.

Figura 10 0 Imagem de todas as partículas do *modelo padrão*

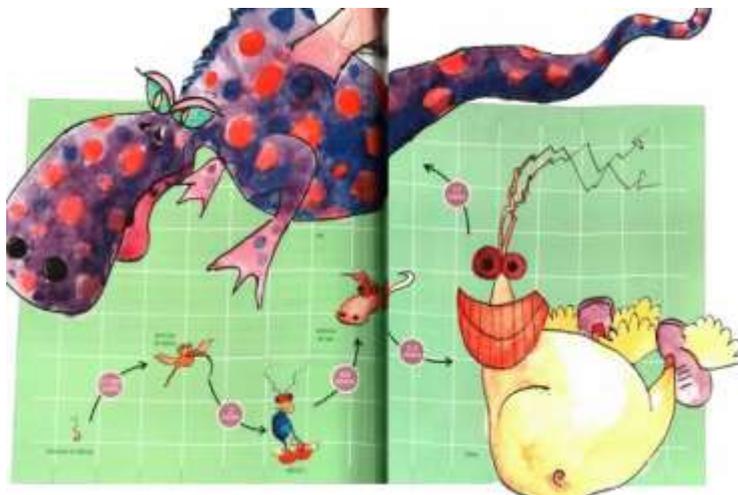


Fonte: Abdalla (2006, p. 133).

viii) No final do capítulo 2, onde foi apresentada a história e o desenvolvimento das teorias das partículas elementares, o texto traz uma seção para discutir sobre o tamanho dessas partículas. Existe uma sequência de tamanho iniciando pelo neutrino do elétron (menor partícula) até o *lépton tau* (maior partícula), do *quark up* (menor partícula) até o *quark top* (maior partícula). Até mesmo o fundo em que as partículas estão inseridas é composto de retas perpendiculares, representando um plano cartesiano. As figuras a seguir, Figura 11 e Figura 12, mostram essas características. Ressalta-se que a massa não tem relação com tamanho, sabe-se quais são as partículas mais massivas, porém não se pensa no tamanho delas, pois uma partícula muito massiva pode ocupar o mesmo espaço que uma partícula pouco massiva. Não se pretende fazer aqui uma análise do conteúdo envolvido, porém esse

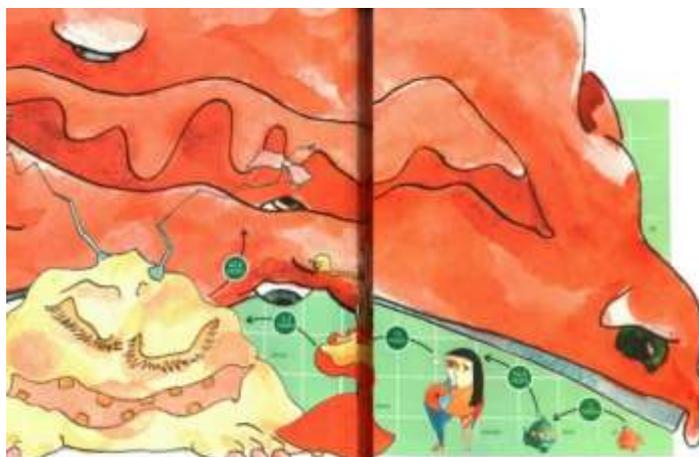
recurso imagético, por mais explicitado que seja, pode levar o leitor a interpretar essa relação de tamanho e massa. Conseqüentemente, não entendendo a importância do Bóson de Higgs, que pouco é descrito no livro, já que ele estava em fase de estudo e experimentação.

Figura 11 – As partículas em escala de massas dos *léptons*



Fonte: Abdalla (2006, p. 144-145).

Figura 12 2 As partículas em escala de massas dos *quarks*



Fonte: Abdalla (2006, p. 146-147).

Analisamos essas imagens do livro<sup>35</sup> e identificamos que existe um efeito de linearidade, onde é produzida a concepção de que a ciência tem seu desenvolvimento de forma contínua e acumulativa, ou seja, apagando as possíveis rupturas que a ciência teve ao longo do desenvolvimento das teorias que hoje estão “consolidadas” na Física de Partículas. Em cada seção do capítulo 2 é exposta a tabela do *modelo padrão*, ou seja, a concepção quântica atual, com uma nova partícula, que conforme elas iam sendo apresentadas no livro, iam surgindo nessa tabela, como se o modelo padrão fosse anterior a todas as partículas.

Outra característica observada é uma textualização que assume uma “voz narradora” que conta fatos e dialoga com o leitor, que tem pleno conhecimento dos fatos e preocupa-se em narrá-los. Esse “narrador fictício” demonstra uma despreocupação em discutir ou exemplificar com detalhes as informações, a preocupação está em informar o leitor, tanto dos conceitos científicos, como da história.

Como já mencionado na seção anterior, a representação imagética ou verbal das partículas não pode representar realmente como elas são do ponto de vista da Física. Porém, representá-las em tamanho pode gerar efeitos de sentido diferentes em relação aos conceitos Físicos. Identificar essa diferença é fundamental, porque, se não podemos fugir desses equívocos, podemos trabalhá-los. Essa é a função de uma abordagem que leve em conta simultaneamente a epistemologia e o discurso (efeitos de sentido). Noções geométricas e noções materialistas são encontradas ao pensar o corpúsculo como sendo uma “coisa”, um objeto. Na Física Quântica, noções geométricas não são tomadas como reais, em suma, a coisa (partícula-elétron, prótons...) não é coisa, é descrita matematicamente por uma função de onda que não se relaciona com uma noção geométrica. Com a noção material o mesmo ocorre, porque a própria massa das partículas quânticas é interpretada como sendo energia em certas situações.

É necessário trabalhar o entendimento (efeito de sentido) de que partículas com massa maior têm necessariamente tamanho maior quando comparadas com partículas de massa menor, até porque existe impossibilidade de atribuir ao corpúsculo um lugar preciso, já que ele não possui forma determinada. Se for atribuir um lugar no espaço para a partícula, automaticamente, tem que se imaginar que essa partícula possui forma.

---

<sup>35</sup> Essa análise foi apresentada no Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF. (NETO; SILVA, 2014).

Evidenciamos, na análise, que existe um cuidado e um trabalho sobre a representação visual. O que reforça a ideia de que o uso de imagens tem papel importante na divulgação científica. Porém, é necessário analisar com cuidado os efeitos de sentido que essa forma de textualização está habilitada a produzir, pois serão esses efeitos que comunicarão os conceitos físicos e trarão concepções de ciência.

Identificamos que esta forma de textualização, que muito é utilizada em divulgação científica, ganha características diferenciadas ao se representar as partículas como “monstrinhos”. A criatividade na criação das representações demonstra um distanciamento do padrão do gênero de divulgação científica, e se aproxima de representações feitas em livros infantis. Aspecto cultural que merece estudo mais aprofundado.



#### 4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA: O CONTEXTO DA COLETA DE DADOS

Para atingir os objetivos da pesquisa, foram criadas situações de ensino e ao mesmo tempo investigativas, desenvolvidas com os(as) licenciandos(as) em Física da disciplina de Metodologia de Ensino de Física de um curso de Licenciatura em Física de uma universidade federal brasileira. Tal disciplina foi ministrada pelo professor da disciplina e também pelo pesquisador, como atividades de estágio docência (do pesquisador). A Tabela 1, a seguir, expõe de modo sintetizado as situações didáticos-metodológicas que o pesquisador vivenciou durante a disciplina. Essas situações serão apresentadas em detalhes na seção seguinte.

Tabela 1 - Atividades desenvolvidas pelo pesquisador

MÊS	ATIVIDADES	
1º	Observação parcial das aulas e acompanhamento no ambiente virtual <i>moodle</i> .	
2º	Observação parcial das aulas e acompanhamento no ambiente virtual <i>moodle</i> .	
3º	Observação das aulas, acompanhamento no ambiente virtual <i>moodle</i> e participação nas discussões.	
4º	<b>1º momento:</b> Aula sobre Imagens no Ensino de Ciências.	
	<b>2º momento:</b>	<b>1ª Etapa:</b> Início das aulas da Unidade de Ensino
		<b>2ª Etapa:</b> Continuação das aulas da Unidade de Ensino
		<b>3ª Etapa:</b> Término das aulas da Unidade de Ensino
	<b>3º momento:</b> Os(as) licenciandos(as) leram o artigo de Moreira (2007) <sup>3</sup> e discutiram na aula aspectos contidos no artigo. [Os(as) licenciandos(as) entregaram uma resenha crítica do texto].	
<b>4º momento:</b> Discussão sobre as aulas da Unidade de Ensino que foram ministradas pelo pesquisador.		

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para observar os discursos de licenciandos(as) em Física, discutindo a possibilidade e os limites do tema “partículas elementares” ser inserido ao Ensino Médio, foram criadas situações investigativas que podemos separar em quatro *momentos de investigação*. No primeiro

momento, os licenciandos(as) participaram de uma apresentação sobre “Imagens no Ensino de Ciências”, respondendo a um questionário ao final dessa apresentação. No segundo momento, os(as) licenciandos(as) participaram das aulas de uma Unidade de Ensino sobre partículas elementares. No terceiro momento, os(as) licenciandos(as) discutiram o artigo *A Física dos quarks e a epistemologia*, que haviam lido previamente a aula. E no quarto momento, os(as) licenciandos(as) discutiram sobre a Unidade de Ensino da qual participaram anteriormente.

A apresentação sobre “Imagens no Ensino de Ciências” foi baseada, principalmente, no artigo *Lendo imagens na educação científica: construção e realidade* (SILVA, 2006). Temas como a leitura de imagens integrar-se em uma história, a imagem não ser transparente, a imagem nos dar a sensação de realidade (do objeto) e graus de iconicidade, fizeram parte da discussão nessa apresentação.

A Unidade de Ensino com o tema “partículas elementares”, da qual os(as) licenciandos(as) participaram, foi especialmente formulada para estudantes do Ensino Médio, para demonstrar aos(às) licenciandos(as) um exemplo, entre vários, de que esse tema poderia ser lecionado a qualquer série do Ensino Médio. As aulas da Unidade de Ensino foram ministradas pelo próprio pesquisador, utilizando um total de 5 (cinco) horas-aulas.

O texto escolhido, para que os(as) licenciandos(as) lessem anteriormente à aula de discussão, foi *A Física dos quarks e a Epistemologia* (MOREIRA, 2007). Esse artigo continha a história do desenvolvimento das teorias dos *quarks*, aspectos epistemológicos sobre o desenvolvimento dos conceitos Físicos – principalmente a relação entre teoria e experimentação em Física, e também o uso de imagens de partículas elementares como reforço de obstáculos representacionais mentais que impedem a aprendizagem significativa.

Mediante essas situações de ensino desenvolvidas, foram analisados os discursos dos(as) licenciandos(as) em Física, tomando como dados os registros em áudio e vídeo, além do questionário realizado no início da pesquisa. Acredita-se que as situações de pesquisa criadas, que se caracterizaram como uma intervenção didática do pesquisador nessa disciplina, contribuíram para investigar que efeitos de sentido sobre o ensino de partículas elementares no Ensino Médio relacionadas com o uso de imagens e os conceitos dessa temática, foram produzidas nesse contexto de formação inicial.

Dando continuidade às explicitações do percurso metodológico, serão caracterizados a seguir: a disciplina de Metodologia de Ensino de Física; a Unidade de Ensino; a aula sobre “Imagens no Ensino de Ciências” e o questionário; as aulas da Unidade de Ensino sobre

“partículas elementares” para o Ensino Médio; a aula de debate e discussão; e a construção da análise.

#### 4.1 A DISCIPLINA DE METODOLOGIA DE ENSINO DE FÍSICA

Os(as) sujeitos(as) cujos discursos foram analisados eram licenciandos(as) em Física e cursavam a disciplina de Metodologia de Ensino de Física, que pertence à 4ª fase (semestre) do curso de Licenciatura em Física de uma universidade federal brasileira. Durante as aulas, estiveram presentes 26 estudantes, apesar de haver 30 estudantes matriculados.

Os principais objetivos a serem atingidos da disciplina descritos no plano de ensino, eram:

[...] compreender como diferentes aspectos (entre eles, políticas públicas, pesquisas, desenvolvimento tecnológicos, a produção e circulação de diferente textualizações do conhecimento físico e outros aspectos sócio-culturais e históricos) podem intervir na produção do conhecimento escolar, ou seja, na transposição/mediação do conhecimento físico em conhecimento escolar; Compreender que esses processos implicam sempre em relações forma/conteúdo, linguagem/epistemologia; Ensaier produções próprias utilizando novas tecnologias de informação e comunicação sócio-culturalmente contextualizadas; Compreender a atividade docente como participação na produção do conhecimento escolar, ou seja, de transposição/mediação didática.

A disciplina tinha 5 créditos curriculares, o correspondente a 90 horas-aula. Dessas aulas, 72 horas-aulas foram presenciais e 18 horas-aulas foram de atividades no ambiente virtual, que foi oferecido pela universidade por meio do *Moodle*. O pesquisador observou a maioria das aulas, e tomou nota em um caderno, elencando os acontecimentos e os temas discutidos.

A maioria dos estudantes já estava cursando disciplinas da Fase 5 e 6 do curso. Disciplinas como *Introdução à Física Moderna* e *Física Geral I, II e III* já haviam sido cursadas pelos(as) licenciandos(as),

informações obtidas por meio do questionário aplicado no primeiro momento da pesquisa, conforme ANEXO B – QUESTIONÁRIO.

As primeiras atividades realizadas pelo pesquisador centraram-se em observar e participar das aulas desde o início do semestre. Nem todas as aulas foram acompanhadas, mas o suficiente para fazer o desenho metodológico da disciplina como um todo, que será apresentado nos parágrafos seguintes.

Na primeira semana, o professor discutiu o plano de ensino e explicou as várias atividades que a disciplina iria mobilizar. Também foi discutido sobre a área de Ensino de Física por meio de uma atividade em que os(as) licenciandos(as) tiveram que visitar virtualmente eventos da área, como o SNEF e o EPEF, escolher trabalhos e temáticas de interesse no evento visitado, descrever e compartilhar suas visitas em um fórum do *Moodle*. Foram discutidos alguns dos trabalhos com os quais os(as) licenciandos(as) se depararam. Na semana seguinte, o professor deu continuidade a essa atividade, classificando alguns dos trabalhos escolhidos pelos(as) licenciandos(as) nas linhas de pesquisas que existem na grande área de Ensino de Física, além do mais, eles escolheram alguns desses trabalhos para se aprofundarem e escreverem um ensaio ao final da disciplina. Algumas das linhas de pesquisas que não foram citadas, o professor as apresentou para conhecimento de todos.

Na aula seguinte, o professor iniciou a discussão sobre “Resoluções de problemas”, utilizando um exemplo de problema físico envolvendo equações. Ainda, na mesma aula, o professor discutiu aspectos epistemológicos, dando ênfase às contribuições de Thomas Kuhn. Já nas duas aulas seguintes, o professor discutiu sobre a linguagem e a leitura no Ensino de Física, aproveitando para discutir sobre a linguagem matemática e relacioná-la com a resolução de problemas que previamente haviam sido discutidos, elencando algumas práticas docentes no Ensino de Física que utilizam exercícios repetitivos com avaliações que sugerem essa repetição.

Na semana seguinte, o professor da disciplina discutiu sobre a utilização de softwares, simulações no Ensino de Física, exemplificando a utilização do *Modellus*, software por meio do qual é possível desenvolver, elaborar e simulações diversificadas.

Na aula posterior, foi discutida a divulgação científica no Ensino de Física, refletindo sobre as dificuldades de trabalhar com leituras na sala de aula e sobre a utilização de tecnologias em sala de aula (abrangendo a utilização de meios digitais, como *e-books*). Os(as) licenciandos(as) ainda iniciam uma atividade em que deveriam preparar uma aula baseada nas discussões em sala de aula.

Na semana posterior, os(as) licenciandos(as) leram textos de divulgação científica e contaram suas experiências em sala de aula, retomando, assim, a discussão sobre a divulgação científica, que foi objeto de reflexão da aula anterior.

Na aula seguinte, foram discutidos hipertexto e hiperlinks, sendo que ao fim da aula os(as) licenciandos(as) iniciaram a construção de uma hiperlink que seria apresentada ao final da disciplina. Foi presenciado nessa aula a organização dos(as) licenciandos(as) em grupos, que posteriormente, em outra aula, apresentaram uma proposta, discutiram e decidiram a forma que as propostas que seriam executadas.

Foi discutido, em aulas seguintes: as linguagens verbais e matemáticas no contexto da relatividade geral, em duas aulas; a experimentação no ensino de Física, com a utilização de um experimento de eletricidade, abordado em três aulas; a abordagem da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no Ensino de Física, com enfoque sobre os impactos no ensino, problemas sociais e dimensões políticas, que estendeu-se por três aulas, nas quais licenciandos(as) elaboraram uma sequência didática utilizando CTS e apresentaram por meio de uma “Wiki”.

Na aula seguinte, o professor discutiu com os(as) licenciandos(as) sobre políticas públicas, livros didáticos e sobre a Proposta Curricular Nacional (PCN). Como atividade, os(as) licenciandos(as) leram os critérios de seleção dos livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para que discutissem na aula seguinte.

Posterior a essa aula, na décima terceira semana, o pesquisador iniciou os quatro *momentos de investigação*, que são descritos nas seções 5.3, 5.4 e 5.5.

Na sequência, foi discutido sobre a utilização de *e-books* no Ensino de Física, e o professor apresentou alguns exemplos e discutiu a utilização. Esse debate se estendeu à aula seguinte, com mais exemplos de *e-books*. Ao fim dessa aula, um licenciando apresentou aos presentes em sala de aula o que conhecia sobre a utilização dos “Legos” no Ensino de Física.

As duas aulas seguintes foram utilizadas para que os(as) licenciandos(as) apresentassem suas produções em formato de hiperlinks e hipertextos, envolvendo os seguintes temas: Experimentação; Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)/Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA); problematização; divulgação científica; uso de imagens; livros didáticos/PNLD; resolução de problemas; modelização/modelus; leitura e uso de textos; mídias, *e-books*, sites, nas perspectivas das Tecnologias digitais de informação e

comunicação (TDICs). Após essa aula, o professor retomou tudo aquilo que foi discutido na disciplina, fez uma breve reflexão das atividades que foram desenvolvidas e esclareceu detalhes dos resultados das avaliações dos(as) licenciandos(as).

Assim, o escopo central da disciplina é o de pensar metodologias e estratégias de ensino, tomando como base elementos da área de pesquisa em ensino de Física, além da produção de materiais utilizando tecnologias digitais de informação e comunicação.

#### 4.2 A AULA SOBRE “IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS” E O QUESTIONÁRIO

O primeiro momento de investigação, de diálogo do pesquisador na disciplina, foi o desenvolvimento de uma aula sobre uso de imagens na Física, o que foi pensado para que os(as) licenciandos(as) pudessem ter aporte teórico para discutir as imagens que seriam utilizadas durante a Unidade de Ensino, respondessem o questionário referente a imagens no Ensino de Física e discutissem no *terceiro momento de pesquisa*. Essa aula se restringiu a discutir o uso de imagens no Ensino de Ciências de forma ampla e sucinta. Ela foi gravada em áudio e vídeo e faz parte do material empírico de pesquisa.

Essa aula teve como principal referencial teórico o artigo de Silva (2006) que apresenta uma perspectiva de leitura de imagens à luz dos estudos sobre linguagem e epistemologia. Silva (2006) propõe o uso simultâneo de diferentes imagens de um mesmo objeto ou situação com diferentes graus de iconicidade, de forma a trabalhar diferentes perspectivas epistemológicas nessas imagens.

Ao fim dessa primeira aula, foi entregue um questionário que continha perguntas pertinentes à pesquisa, conforme sintetizado no Quadro 1, e na íntegra no ANEXO B – QUESTIONÁRIO:

Quadro 1 - Questionário aplicado no primeiro momento de investigação

<p><b>Questionário:</b></p> <p>1- Você pensa ser possível lecionar tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio? Justifique sua resposta.</p> <p>2- Se você fosse ministrar conteúdos de FMC no Ensino Médio, quais as dificuldades que você acha que encontraria? Cite uma ou duas dificuldades e fale um pouco sobre elas.</p> <p>3- Você acha que utilizar representações, imagens, como recurso didático para as aulas de Física pode contribuir para a aprendizagem de Física pelos estudantes de Ensino Médio? Justifique sua resposta.</p> <p>4- Você acredita que o uso de imagens pode atrapalhar a aprendizagem de Física no Ensino Médio? Justifique sua resposta. Caso você acredite que atrapalha, em que exatamente atrapalha? Dê um exemplo de uma situação didática em que isso aconteceria.</p> <p>5- Considerando as suas respostas em 3 e 4, no caso da FMC haveria alguma diferença?</p>
<p><b>Perfil do licenciando:</b></p> <p>Ano/Semestre de ingresso na Universidade;</p> <p>Data de nascimento;</p> <p>a) Você tem alguma graduação ou pós-graduação concluída?</p> <p>b) Você já ministrou aulas antes?</p> <p>c) Você teve Física Moderna nas aulas de Física do Ensino Médio?</p> <p>d) Seu professor de Física do Ensino Médio utilizava imagens durante as aulas de Física?</p> <p>e) Você participa ou participou do PIBID?</p> <p>f) Quais as disciplinas que você cursou até o momento? (Cite apenas disciplinas com aprovação).</p>

Fonte: Elaborado pelo autor.

As questões 1 e 2 se referem à Física Moderna e Contemporânea; as questões 3 e 4 se referem à Imagem no Ensino de Física; a questão 5 se refere à Imagem no Ensino de Física Moderna e Contemporânea; e as seguintes têm por objetivo caracterizar o perfil dos(as) licenciandos(as) investigados. Esse questionário foi respondido por 24 licenciandos(as), sendo que 6 responderam de forma manuscrita e 18 responderam de forma digital por meio do ambiente virtual do *moodle*.

Outras perguntas se referem a experiências do(a) licenciando(a). O conhecimento dessas experiências forneceu pistas de memórias discursivas que estiveram presentes nos discursos da sala de aula de Metodologia de Ensino de Física, onde os licenciandos discutem e produzem falas. Podemos considerar que essas experiências são partes

das condições de produção dos discursos que serão analisados. O questionário tentou identificar: formação do licenciando; tempo de docência, experiência como estudante de Física do Ensino Médio, no qual um professor tenha lecionado FMC; experiência como estudante de Física do Ensino Médio, no qual um professor tenha lecionado utilizando imagens; experiências com as práticas do PIBID; e disciplinas já cursadas pelos licenciandos(as).

#### 4.3 AS AULAS DA UNIDADE DE ENSINO SOBRE PARTÍCULAS ELEMENTARES PARA O ENSINO MÉDIO

No segundo momento de investigação, foram ministradas as aulas da Unidade de Ensino, o que aconteceu em aula posterior à descrita na seção 5.3. A Unidade de Ensino utilizou 5 (cinco) aulas em um período total de 250 minutos e estendeu-se durante uma semana. Foram 100 minutos no primeiro dia, 50 minutos no segundo dia e 100 minutos no terceiro dia.

As aulas dessa Unidade de Ensino tiveram como objetivo fomentar a discussão entre os(as) licenciandos(as) sobre o desenvolvimento dessa no Ensino Médio. Ela serviu como exemplo de uma Unidade de Ensino que um docente pode desenvolver no Ensino Médio. Serviu como exemplo, principalmente, porque grande parte dos(as) licenciandos(as) não participaram de aulas no Ensino Médio com o tema de “partículas elementares”. Ou seja, não há memória sobre isso, diferentemente de outros tópicos de conhecimento físico. No contexto da disciplina de Metodologia de Ensino de Física, essa Unidade de Ensino demonstrou um possível trabalho de um docente em que ocorrem articulações entre artigos acadêmicos da área e a prática do professor.

Acreditamos que essa Unidade de Ensino foi de suma importância para as discussões que aconteceram em momentos posteriores ao desenvolvimento dessa Unidade, pois alguns licenciandos(as) não tinham embasamento conceitual sobre partículas elementares, não conheciam as teorias e tiveram um primeiro contato por meio dessa Unidade. Do ponto de vista metodológico, as aulas da Unidade de Ensino foram uma das condições de produção das falas produzidas nas discussões posteriores.

##### 4.3.1 A Unidade de Ensino sobre partículas elementares

A Unidade de Ensino foi pensada para ser desenvolvida em 7 horas-aulas no Ensino Médio regular. O público alvo dessa Unidade de Ensino são estudantes do Ensino Médio, porém foi entendido pelo

pesquisador ser mais adequado as aulas da Unidade de Ensino serem ministradas no final do terceiro ano. A discussão sobre os modelos atômicos é o único pré-requisito para que essa Unidade de Ensino possa ser desenvolvida. Caso os estudantes não tivessem estudado os modelos atômicos, esse tema seria abordado inicialmente na Unidade de Ensino, precedendo as aulas aqui apresentadas.

Seria preferível a Unidade de Ensino para estudantes da terceira série do Ensino Médio que tivessem, de preferência, estudado os assuntos Eletricidade e Magnetismo, pois, com esses temas já estudados, os estudantes poderiam compreender melhor o conceito de carga elétrica, as formas de detectar e acelerar uma partícula e como se classificam essas partículas.

As aulas foram planejadas, no contexto da Unidade de Ensino, utilizando-se duas bibliografias principais: o livro didático *Física em Contextos: pessoal, social e histórico: Eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria*<sup>36</sup> do PNLD 2012 e *Física IV: Ótica e Física Moderna*<sup>37</sup>. Os temas foram distribuídos em 6 partes, no APÊNDICE A, esta Unidade de Ensino aparece sintetizada. É importante destacar que na versão do livro *Física em Contextos: pessoal, social e histórico: Eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria*, submetido ao PNLD 2015, foi retirado o *Capítulo 14: partículas elementares da Unidade 3: Radiação e matéria*. Este era um dos poucos livros do EM que tratava com profundidade o tema de partículas elementares. Apesar de não ter sido possível fazer uma análise cuidadosa do tema partículas elementares nos livros do PNLD de 2015, constatamos que nenhum deles trata o tema com a profundidade com que era tratado naquele livro do PNLD 2012.

A Unidade de Ensino contempla várias estratégias, valoriza atividades em grupo e materiais de multimídias disponíveis na internet. A Unidade de Ensino não será tratada como objeto de pesquisa, ela é considerada como condições de produção dos discursos que estarão presentes nas aulas de discussões, no qual os(as) licenciandos(as) dialogam, embora os resultados dessa pesquisa forneçam alguns subsídios para repensá-la, o que será discutido nas Considerações Finais deste estudo. Dessa forma, pontua-se que ela serve apenas como um exemplar,

---

<sup>36</sup> PIETROCOLA, M. P. O. et al. **Física em contextos:** pessoal, social e histórico: eletricidade, magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010

<sup>37</sup> YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV:** Ótica e Física Moderna. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

e também, como já mencionado, para que os(as) licenciandos(as) pudessem conhecer o conteúdo físico envolvido, já que nem todos os(as) licenciandos(as) tiveram um estudo aprofundado de Física Quântica, Física Nuclear, Física de Partículas ou Partículas Elementares.

Originalmente<sup>38</sup> a Unidade de Ensino estava dividida em 7 aulas de 45 minutos cada, mas poderia ser ampliada para o dobro de aulas, dependendo do ritmo de cada turma.

A primeira aula teve como objetivo introduzir os estudos de partículas elementares por meio de uma contextualização global do assunto, fazendo com que os estudantes do Ensino Médio iniciem a pensar o átomo supondo a existência das partículas elementares, identificando as várias ordens de grandeza de medida. Brevemente, foi discutido como a matéria já foi entendida em períodos históricos passados e como ela é compreendida atualmente com o conhecimento das moléculas, átomos, prótons, nêutrons e das partículas elementares. Poder-se-ia demonstrar as várias ordens de grandeza utilizando um software<sup>39</sup> e explicando qual a ordem de grandeza que é estudada quando tratamos das partículas elementares. Ou se pode reproduzir o vídeo<sup>40</sup> que discute de maneira geral o tema das partículas elementares. Por último pode-se discutir, com auxílio de slide e/ou textos, os principais motivos para que tenhamos que ter conhecimento sobre as partículas elementares, apresentando os benefícios da pesquisa científica da área, encerrando com questões problemas referentes ao tema que serão discutidos na aula posterior.

Na segunda aula, o principal objetivo é apresentar os conceitos básicos para o desenvolvimento das teorias sobre partículas elementares. Isso possibilita que os estudantes interpretem o que são partículas elementares, diferenciem partículas carregadas das não carregadas, estabeleçam os conceitos de energia e quantidade de momento dentro do contexto das partículas elementares, reflitam sobre o conceito de spin e sua aplicação nesse tema.

---

<sup>38</sup> A Unidade de Ensino foi elaborada para ser desenvolvida em aulas do Ensino Médio, por isso se baseia em aulas de 45 minutos.

<sup>39</sup> Software disponibilizado pelo CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire - Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear). Disponível em: <<http://education.web.cern.ch/education/Chapter2/Teaching/PP.html>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

<sup>40</sup> Fragmentos do Programa produzido para o Curso de Licenciatura em Ciências da USP - Univesp TV: *Partículas elementares*. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=bpK4bDAm58s>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

Inicialmente, o professor e os estudantes podem discutir sobre as questões problemas referente ao tema que foram introduzidas na aula anterior. Após, pode-se utilizar os slides para debater sobre a composição da matéria, explicando os conceitos de partícula elementar e não elementar. Para isso o professor poderia utilizar algumas analogias das partículas já conhecidas pelos estudantes como o elétron e o próton. Utilizando o exemplo do nêutron também pode-se explicar a classificação de estável e não estável, mostrando as partículas que decaem advindas do nêutron. Uma tabela pode ser usada para melhor explicar esses conceitos. No momento em que o professor exibir a tabela, ele pode discriminar as colunas e depois as linhas, podendo dar ênfase ao ano em que a partícula foi evidenciada em experimentos. Posteriormente, os conceitos de partículas carregadas e não carregadas eletricamente podem ser explicadas pelo professor para que, na sequência, discuta-se as cargas estáveis: (+1) positiva, (-1) negativa e (0) neutra. Pode-se tomar como referência, para exemplificar, as partículas do próton, elétron e nêutron. Seguidamente, é importante lembrar os conceitos de energia e quantidade de movimento, utilizando a equação da energia cinética e quantidade de movimento, para que assim seja possível introduzir o conceito da energia de uma partícula em repouso, do ponto de vista relativístico. Após a discussão sobre essas equações, pode-se desenvolver, com os estudantes, a energia total de uma partícula, que matematicamente fica dependente da energia de repouso e da energia cinética. Ao final, o professor pode contextualizar as implicações acerca dessa energia, demonstrando, por exemplo, o valor da energia de um elétron em repouso.

A terceira aula tem como objetivo apresentar como se dá o processo de detecção das partículas elementares, fazendo os estudantes analisarem como são detectadas as partículas elementares, compreenderem o funcionamento de ao menos um dos tipos de aceleradores, como o Large Hadron Collider (LHC), em português “Grande Colisor de Hadrons”, e identificarem os problemas que esses experimentos vêm tentando resolver. Para isso, inicialmente o professor pode ler um texto que discuta o processo de detecção das partículas elementares. No decorrer da leitura, ele pode fazer pausas para comentar o tema e, se o professor julgar necessário, pode utilizar slides com fotos ou softwares para que os alunos se situem na aula. Tanto fotos como simulações dos aceleradores e detectores são úteis para exemplificar o seu funcionamento. Após essa breve discussão, o professor pode reproduzir trechos de um documentário sobre a infraestrutura do LHC do CERN e os principais objetivos da realização do experimento da colisão de dois

prótons <sup>41</sup>. Em seguida, o professor pode manusear softwares demonstrativos sobre o experimento em que é realizado no LHC, no qual ocorre a aceleração de dois prótons para que sejam colididos no centro do detector. Ou ainda manusear um software que mostre a localização do LHC e algumas características sobre os equipamentos e a maneira como são conduzidas as pesquisas no CERN<sup>42</sup>. Para finalizar a aula, pode-se contextualizar os investimentos que as pesquisas da área que estuda partículas elementares recebem, mostrando por exemplo, uma tabela comparativa de gastos de obras em geral (pelo mundo) e obras do LHC. O professor pode discutir sobre os benefícios que o LHC trouxe para a sociedade<sup>43</sup>. Ao final, pode-se dialogar com os alunos de forma a incentivar discussão entre eles. Caso o professor julgue necessário, pode-se utilizar algumas questões, previamente elaborada, para dar continuidade à discussão.

Na quarta aula, o objetivo é demonstrar as classificações das partículas elementares, de forma que os estudantes, ao final da aula, consigam identificar essa classificação, estabelecendo o que significa a carga cor e entendendo o processo de decaimento das partículas pesadas até as partículas elementares. Para tanto, pode-se iniciar apresentando as classificações das partículas com auxílio de slides e texto. Por meio de imagens é possível explicar do que as partículas, como *hádrons*, são formadas, discutindo o que são *léptons*, *quarks* e *bósons*. Na sequência, pode ser aprofundado sobre as propriedades que regem a interação dos *quarks*, apresentando o comportamento das cargas elétricas e a carga-cor. Com dois exemplos, o professor pode explicar a aplicação dessas regras, em *bárions* e *mésons*. O professor pode utilizar tabelas para que os estudantes possam localizar as propriedades das partículas de forma resumida. Com o auxílio de atividades, os estudantes podem utilizar essas regras, classificando as partículas e entendendo as propriedades de carga elétrica e carga-cor. Sugere-se corrigir essa atividade com os estudantes

---

<sup>41</sup> The Large Hadron Collider (LHC) - The Big Bang Experiment. Disponível em: <[http://www.youtube.com/watch?v=TgWd\\_O8juoU](http://www.youtube.com/watch?v=TgWd_O8juoU)>. Acesso em: 10 mar. 2015.

<sup>42</sup> Softwares, simulações, podem ser encontradas em vários sites, por exemplo: CERN Education. Disponível em: <<http://education.web.cern.ch/education/>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

<sup>43</sup> CERN - Accélérateur de Science. COMPARAISONS DE COÛTS.

Disponível em:

<<http://cds.cern.ch/journal/CERNBulletin/2010/15/News%20Articles/1255156?ln=fr>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

e, em seguida, discutir sobre como ocorre um decaimento de partículas elementares e as leis de conservação referente à carga elétrica, número bariônico e número leptônico, debatendo as consequências dessas leis de conservação e demonstrando exemplos de reações de decaimento que se aplicam essas regras. A atividade sugerida para essa aula se caracteriza em uma atividade realizada pelos estudantes, organizados em duplas ou trios, tendo como primeiro exercício uma atividade que solicita ao estudante que “Complete a tabela com os *quarks* necessários para formar um *hádron-méson*.”. Os estudantes são totalmente guiados, com lacunas que podem ser preenchidas, podendo consultar tabelas para que possam preencher essas lacunas. O professor pode orientar os estudantes na utilização dessa tabela e em como gerenciar as regras de carga elétrica e carga-cor. Com essa atividade, os estudantes poderão perceber como as partículas elementares formam outras partículas. Na segunda atividade, é solicitado que o estudante “Complete a tabela com os *quarks* necessários para formar um *hádron-bárion*.”. Muito similar à atividade anterior, a principal diferença desta atividade está na quantidade de *quarks* e na implicação da regra da carga-cor. A terceira atividade, “Responda: a) Por que não são encontrados *quarks* sozinhos no universo?”, tem por objetivo chamar atenção para a importância da carga elétrica fracionada dos *quarks*. A quarta atividade, “Faça o decaimento da partícula dada e descreva quais as partículas que resultaram.”, tem por objetivo fazer os estudantes identificarem, na tabela de partículas, as partículas mais estáveis e menos estáveis, observando que algumas partículas decaem naturalmente para outras partículas mais estáveis. Na última atividade, “Verifique se a carga elétrica, o número bariônico e o número leptônico se conservam nas reações de decaimento a seguir, e diga se a reação é falsa ou verdadeira. Coloque F, caso seja falsa, e V caso seja verdadeira. (Use a tabela de partículas do Texto da aula 4)”, os estudantes terão que refletir sobre as regras de conservação da carga elétrica, número Bariônico e o número Leptônico, sempre atentando para as características e classificações que cada partícula possui. É importante que, ao término das atividades, o professor corrija, podendo utilizar o projetor multimídia. Como essa aula é extremamente teórica, o tempo utilizado depende do desempenho dos estudantes. Sendo assim, o professor pode optar por dividir o que foi descrito em 3 aulas distintas, sendo que a cada aula seria intercalada a teoria no início e atividade no final. Os temas de cada uma dessas aulas seriam: regras dos *quarks*; decaimentos das partículas; leis de conservação.

Na quinta aula, o principal objetivo é classificar as partículas elementares mediadoras e possibilitar que os estudantes construam um átomo utilizando as partículas do modelo padrão. Para isso, pode-se iniciar discutindo sobre as classificações dos *bósons* mediadores, apresentando o modelo padrão com o auxílio de slides, utilizando o projetor multimídia. É necessário que sejam retomados os conceitos de *léptons* e *quarks*, dando enfoque que o elétron é uma partícula elementar e que os *quarks* são as partículas elementares que formam os *hádrons*, que por sua vez podem ser *mésons* ou *bárions*. Assim, o professor pode questionar acerca dos motivos desses *mésons* e *bárions* conseguirem ficar interligados entre si, explicando que esse fenômeno ocorre devido às partículas mediadoras. É necessário que seja apresentada cada partícula mediadora e onde ela interage. Na sequência, o professor pode explicar quais são as forças elementares da natureza: força forte, força eletromagnética, força fraca, problematizando sobre a partícula mediadora responsável pela força gravitacional. Com o auxílio de trechos de um documentário<sup>44</sup>, o professor pode discutir essas forças da natureza e essas interações por meio das partículas mediadoras. Por último, os estudantes se organizam em grupos de até 5 integrantes, para realizarem uma atividade em que se solicita: “Em grupo, construa um átomo usando as partículas elementares. Para isso escolha um dos átomos a seguir e utilize um cartaz para montar o átomo.” Por meio de slides, o professor pode explicar como construir um átomo, exibindo um exemplo do Hidrogênio trítio (2-nêutrons), dando ênfase para os tipos de representações que foram feitas, sendo que os *quarks* estão representados por círculos coloridos, glúon representado por retângulos pretos, elétron representado por estrelas amarelas e contorno preto, fóton representado por raios amarelos, *bósons* intermediários representados por círculos bem pequenos prateados. O professor pode disponibilizar o recorte dessas várias representações, assim os estudantes terão de fazer uma colagem em uma cartolina ou folha<sup>45</sup>.

Na sexta aula, o principal objetivo é introduzir a discussão sobre o processo científico nas pesquisas sobre “partículas elementares” e revisar em um mapa conceitual os conteúdos estudados ao longo de toda a Unidade de Ensino, fazendo com que os estudantes possam identificar como é divulgada a ciência nas recentes pesquisas sobre partículas elementares e revisar os conteúdos estudados ao longo de toda a Unidade

---

<sup>44</sup> Universo elegante: Teoria de cordas. Disponível em:

<<http://www.youtube.com/watch?v=HaIrV0Y0tDY>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

<sup>45</sup> Essa atividade é discutida na seção 4.3.2.

de Ensino. Para isso, sugere-se que o professor leia com os estudantes duas reportagens: *Físicos encontram provável 'partícula de Deus'* e *Entenda o que Deus tem a ver com o bóson de Higgs*<sup>46</sup>, ambas publicadas na Folha de São Paulo, em julho de 2012. O professor pode discutir aspectos científicos presentes nessas reportagens. É possível que o professor use questões para incentivar o debate, como por exemplo: “Como a reportagem demonstra a relevância da descoberta do *bóson* de Higgs? Cite trechos.”; “Vocês acreditam que o *bóson* de Higgs realmente tenha sido importante para a Ciência? Justifique sua resposta.”; “Vocês acreditam que o uso do termo “partícula de Deus” é adequado? Justifique sua resposta.”. O professor poderá utilizar slides para dar uma sequência na discussão. Também é possível que seja utilizado vídeo de reportagens brasileiras que anunciam a detecção do *bóson* de Higgs<sup>47</sup>. Por último, o professor pode apresentar o modelo padrão e um mapa conceitual, de forma que sejam revisados e sintetizados os temas que foram estudados.

A sétima aula tem como objetivo avaliar a aprendizagem dos estudantes. Para isso o professor pode pedir para que sejam apresentados os átomos que foram construídos pelos grupos de estudantes em aulas anteriores, expondo o cartaz em sala de aula. Pode-se estipular um tempo máximo para cada apresentação. Dessa forma, o professor terá tempo ainda para discutir a construção e debater acerca do emprego das representações das partículas naqueles átomos.

### 4.3.2 As imagens na Unidade de Ensino

Imagens associadas às partículas, aos átomos e às colisões de partículas estão presentes ao longo de toda a Unidade de Ensino, como nas apresentações em slides, nas atividades sugeridas e nas reportagens sugeridas para leitura e discussão. Durante a elaboração e produção das apresentações e slides foi realizada uma busca aleatória, na Internet<sup>48</sup>, por

---

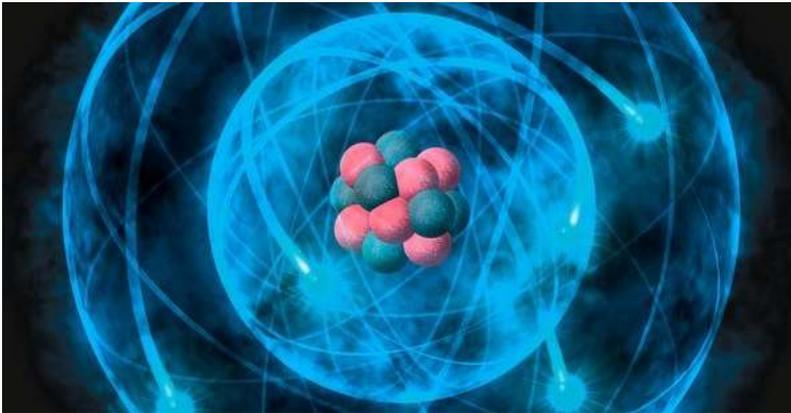
<sup>46</sup> NOGUEIRA, S. Físicos encontram provável 'partícula de Deus'. Folha de São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/1114815-fisicos-encontram-provavel-particula-de-deus.shtml>>. Acesso em: 29 out. 2013.  
NOGUEIRA, S. Entenda o que Deus tem a ver com o *bóson* de Higgs. Folha de São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/1114836-entenda-o-que-deus-tem-a-ver-com-o-boson-de-higgs.shtml>>. Acesso em: 29 out. 2013.

<sup>47</sup> Jornal Nacional. Globo. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=2myh4qUw6AY>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

<sup>48</sup> Foram utilizadas as palavras-chave: partículas elementares, Elementary

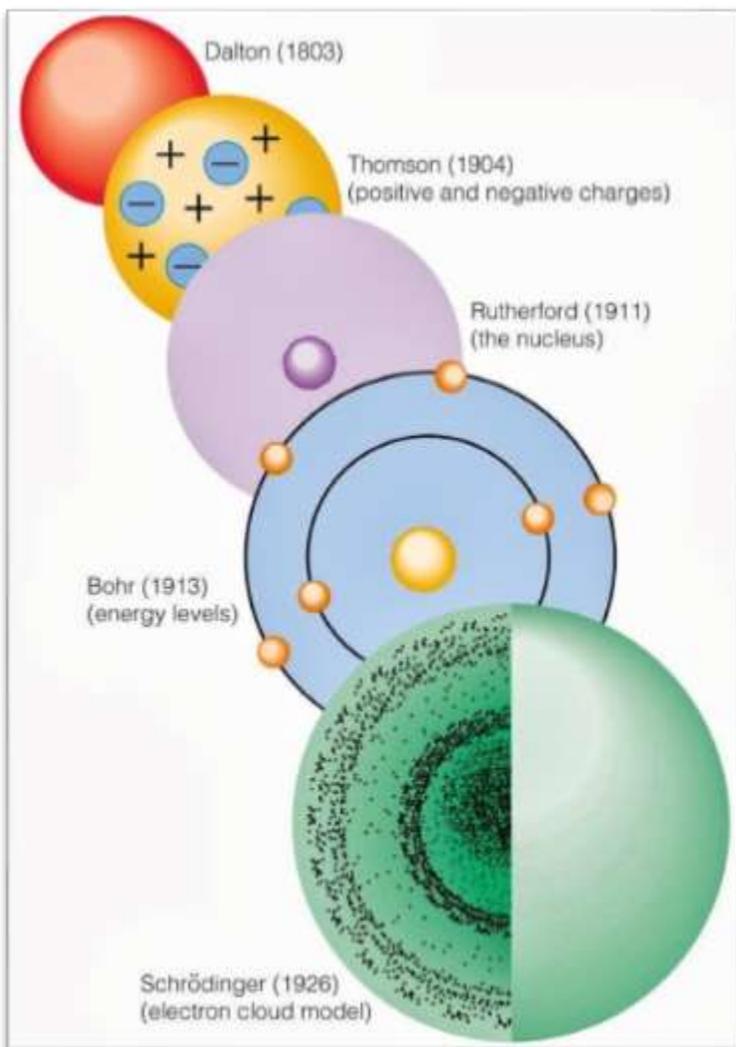
imagens que representavam partículas que pudessem produzir os diversos sentidos. Houve a tentativa de não silenciar aquelas imagens que podem contribuir com os obstáculos epistemológicos. Essas imagens foram distribuídas nos vários slides da apresentação e materiais impressos. As três imagens a seguir, Figura 13, Figura 14 e Figura 15, estiveram presentes na apresentação.

Figura 13 - Imagem do a \\* ARABIC amagem slide da apresentailizada no GE



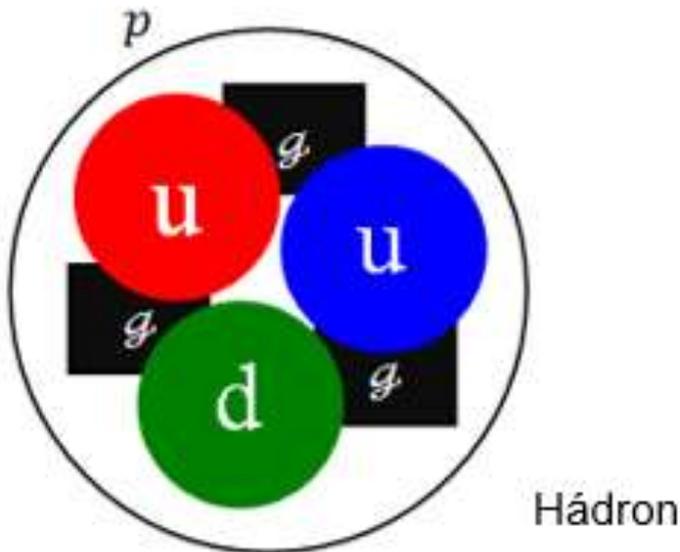
Fonte: Disponível em: <<http://3.bp.blogspot.com/-hNukdywd1h8/UbhHdTfwWoI/AAAAAAAAAMs4/64nzPKlwl-w/s1600/atomo.jpg>>. Acesso em: 15 dez. 2014.

Figura 14 - Imagem dos modelos at .com/-  
hNukdywd1h8/UbhHdTfwWoI/AAAAAAAAMs4/64nzPK 1



Fonte: Disponível em: <[http://3.bp.blogspot.com/\\_LGFOJWkqHI/UZywNPpekeI/AAAAAAAAB94/bbwYKUW068/s1600/965857\\_466519050096588\\_1153170619\\_o.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_LGFOJWkqHI/UZywNPpekeI/AAAAAAAAB94/bbwYKUW068/s1600/965857_466519050096588_1153170619_o.jpg)>. Acesso em: 15 dez. de 2014.

Figura 15 - Imagem de um próton composto por partículas elementares utilizada no slide da apresentação da Aula 5



Fonte: elaborado pelo autor.

Lembramos que essa seleção poderia ter sido realizada por outro docente, de forma similar, com as mesmas imagens, ou com grande parte delas. Embora houvesse uma intencionalidade, a seleção dessas imagens não é algo totalmente subjetivo. As relações de força e sentido estão presentes no próprio ato de selecionar, e essas relações estão inscritas em um tempo histórico. Assim, não podemos considerar as especificidades de cada imagem como sendo algo próprio do “selecionador”, pois outro a poderia ter feito, desde que estivesse em uma formação discursiva similar. É importante lembrar que aqui, minha posição enquanto pesquisador supõe a hipótese e o posicionamento de que as imagens, mesmo referindo-se a uma visão clássica, ainda pode ter um papel importante no ensino dessa temática.

Na quinta aula dessa Unidade de Ensino, pensou-se em desenvolver uma atividade em que o professor (quem leciona a Unidade de Ensino) solicitaria aos estudantes que realizassem uma atividade, em grupos de 5 integrantes, com o seguinte enunciado: “Em grupo, construa um átomo usando as partículas elementares. Para isso escolha um dos átomos a seguir e utilize um cartaz para montar o átomo”, os possíveis átomos eram Hidrogênio (H), Hélio (He), Lítio (Li) e Boro (B).

Estava previsto que o professor explicaria a tarefa com o auxílio de slides, enfatizando como construir um átomo por meio de colagens de partículas elementares. O exemplo de átomo escolhido foi o átomo de Hidrogênio trítio (2-nêutrons). O professor especificaria os tipos de representações que foram feitas: onde os *quarks* seriam representados por círculos coloridos, os *glúons* representados por retângulos pretos, os elétrons representados por estrelas amarelas, os fótons representados por raios amarelos, os *bósons* intermediários  $Z^0$  e  $W^\pm$  representados por círculos escuros.

Os estudantes, sujeitos que iriam realizar a atividade, teriam o trabalho de realizar uma colagem de recortes dessas várias representações das partículas elementares, colando em uma folha de papel A3, construindo assim um átomo.

Na construção desse átomo, formado por partículas elementares, vários conceitos deveriam ser mobilizados para que se criasse uma imagem coerente com a teoria conhecida: é necessário conhecer a quantidade de elétrons, prótons e nêutrons; saber que o elétron é uma partícula elementar e que próton e nêutrons são partículas constituídas de outras partículas, não elementar; precisa-se buscar a quantidade de *quarks* que constituem o próton e o nêutron, sendo que o próton é constituído de 2 *quarks up* e 1 *quark down*, já o nêutron é constituído de 2 *quarks down* e 1 *quark up*; para confirmar a correta constituição de cada próton e nêutron, tem-se que somar as cargas elétricas dos *quarks* de cada constituinte (próton e nêutron), o que resultará na carga usualmente já conhecida (+1 para o próton e 0 para o nêutron), onde a carga elétrica do *quark up* é  $+2/3$  e a carga elétrica do *quark down* é  $-1/3$ ; para constituir o próton e o nêutron, é necessário analisar a carga cor, onde a soma das três cores devem resultar na cor branca, tais cores servem para representar que os *quarks* estão em estados quânticos diferentes e que não estão infringindo o princípio de exclusão; é necessário conhecer quais são os *bósons* mediadores que estão presentes em cada átomo. A teoria não diz exatamente quantos *bósons* estão presentes no átomo, sabe-se que eles surgem da interação entre algumas partículas, por exemplo, para a interação entre partículas que possuem cargas elétricas existe o fóton, para a interação entre *quarks* existe o *glúon*, e para interação entre as partículas que estão fora do núcleo atômico (*léptons*) e as que estão dentro do núcleo (*quarks*) existem os *bósons* intermediários  $Z^0$  e  $W^\pm$ .

Alguns resultados da realização dessa atividade foram analisados por Neto e Silva (2015), identificando que a criação de representações imagéticas com a possibilidade de dupla interpretação, perante a Física Clássica e a Física Quântica, pode ser considerada aceitável,

principalmente no ambiente escolar. São apresentados no APÊNDICE B os desenvolvimentos dos cinco grupos que foram formados nessa última atividade da unidade.

No trabalho de Neto e Silva (2015), eles identificam que na Figura 1 – APÊNDICE B –, segundo o grupo, foram utilizadas três colagens de círculos escuros, pois existem três *bósons*: o *bóson*  $W^+$ , *bóson*  $W^-$  e o *bóson*  $Z^0$ , tendo a necessidade de utilizar três círculos escuros. Já o grupo da Figura 2 – APÊNDICE B – optou por representar o *bóson*  $W$  e  $Z$  como sendo um único. Ainda foi observando a constituição dos prótons e neutros, notando uma diferença entre a colagem da Figura 1 e Figura 2. Na Figura 1, os prótons e nêutrons foram formados por *quarks* que não se tocam (círculos colorido, azul, vermelho e verde), eles tocam apenas os *bósons* mediadores, os *glúons*. Já na Figura 2, podemos observar que os *quarks* estão sobrepostos e conectados aos *glúons*. Foi lembrado que conceitualmente não se pode afirmar de que “forma” os *bósons* estão presentes no átomo, conhece-se em quais tipos de interações eles estão presentes, e já que não se afirma a “forma”, conceitualmente os dois tipos de colagens são aceitos.

Ainda segundo o trabalho de Neto e Silva (2015), para um melhor entendimento da atividade proposta, verificou-se que é importante que a memória relativa à Física Clássica implicada na significação por parte do aluno não seja apagada, mas sim resgatada, para que ao se encontrarem obstáculos epistemológicos, eles possam ser trabalhados visando sua superação:

[...] se tratando do escopo da representação, existem duas visões dentro de um mesmo momento histórico, em que se assume a existência simultânea da Física Clássica e a Física Quântica sendo aplicadas (é o caso do átomo de Bohr). Dessa forma a criação de representações imagéticas com a possibilidade de dupla interpretação, pode ser considerada aceitável, principalmente no ambiente escolar. E nesse contexto, não há como evitar que a memória da Física Clássica esteja presente no aluno que aprende Física atômica e Física de Partículas. E é importante que ela não seja apagada, ela deve ser resgatada para que ao se encontrarem obstáculos epistemológicos – como a noção de coisismo e choquismo – esses possam ser trabalhados visando sua superação. (NETO; SILVA, 2015, p. 8).

#### 4.4 A AULA DE DEBATE E DISCUSSÃO

O terceiro e quarto momentos de investigação ocorreram após o desenvolvimento das aulas da Unidade de Ensino com os licenciandos, semana posterior a esse desenvolvimento, acontecendo no período de 100 minutos no primeiro dia e 100 minutos em outro dia da mesma semana. Essas aulas foram gravadas, tanto em áudio como em vídeo. O áudio foi captado por meio do microfone próprio do celular, que ficou localizado no centro da sala. Já o vídeo foi gravado por uma câmera posicionada atrás e uma na frente da sala. A câmera filmadora da frente da sala foi manuseada por um estagiário docente da disciplina de Metodologia de Ensino de Física e a câmera filmadora que ficou atrás permaneceu estática.

Nesse *terceiro momento de investigação*, ocorreu a discussão referente ao artigo *A Física dos quarks e a epistemologia*<sup>49</sup>. Os(as) licenciandos(as) leram previamente e tiveram que entregar uma resenha, a qual foi utilizada pelo professor da disciplina como uma das formas de avaliação<sup>50</sup>.

O artigo citado discute principalmente a utilização de imagens para representar as partículas elementares, o núcleo atômico e o átomo. Também discute o desenvolvimento das teorias da Física de Partículas em que, embora tenha se tratado de um processo revolucionário, hoje o *modelo padrão* assemelha-se muito mais ao que o filósofo Thomaz Kuhn classificou como “ciência normal”, do que a uma revolução científica (MOREIRA, 2007). São diversas características da “ciência normal” que podem ser apontadas quando são pensadas as teorias de Física de Partículas. O *modelo padrão* é bastante aceito entre os pesquisadores, desfrutando as teorias rivais de pouca divulgação. O trabalho teórico é bastante extenso e as frentes de pesquisa focam mais na experimentação, a exemplo dos trabalhos desenvolvidos nos aceleradores de partículas. Dessa forma, embora ainda existam pesquisas sendo desenvolvidas e várias fragilidades conceituais internas no modelo, há ainda um grande esforço por parte dos cientistas para o contínuo progresso das teorias.

Esses pontos ressaltados foram discutidos pelos(as) licenciandos(as), juntamente com a discussão das implicações epistemológicas de se representar partículas elementares como corpúsculos. Essa reflexão é defendida no artigo de Moreira (2007),

---

<sup>49</sup> MOREIRA, M. A. A Física dos Quarks e a Epistemologia. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 161-173, 2007.

<sup>50</sup> Optamos por não utilizar essas resenhas como objeto de pesquisa.

porém ela representa a opinião de vários educadores e pesquisadores em ensino, que consideram que representar partículas quânticas em “bolinhas” pode produzir o sentido de que elas são partículas clássicas, sendo então a Mecânica Clássica responsabilizada pelas explicações. Tal imaginação “clássica” é gerada, inconscientemente, porque o ser humano está imerso em um cotidiano em que a Física observável é a Clássica, onde, segundo Bachelard (2006), as noções de *coisismo* e de *choquismo* estão presentes.

Existem possibilidades e desafios ao utilizarmos imagens como representação, no processo de ensino e aprendizagem de Física Atômica e da Física de Partículas. Podemos tomar como justificativa para a utilização de imagens, o aspecto dessas serem extremamente matematizados e suas representações enfrentarem claramente problemas epistemológicos e discursivos. Ou seja, a representação e interpretação passa pela linguagem matemática que, por sua vez, torna difícil e complexo para “leigos” entenderem e interpretar as partículas quânticas e os modelos atômicos. Dessa forma, utilizam-se as linguagens verbais e visuais, na tentativa de melhorar a compreensão deste conhecimento, porém, como podemos observar, acaba-se enfrentando outros desafios.

Segundo Silva (2006, p. 72), é relevante pensar o funcionamento do texto e da imagem no âmbito escolar, pois esses “são produzidos histórico-socialmente como parte da cultura humana e distribuem-se, circulam e funcionam de formas desiguais”. Baseando-se nessa reflexão, possibilitamos aos(às) licenciandos(as) pensarem sobre o funcionamento do texto e imagem no âmbito de aulas de Física do Ensino Médio. O artigo de Moreira (2007) possibilitou a abertura de um debate relacionado às imagens, que contribuirá à formação do(a) licenciando(a).

#### 4.5 A CONSTRUÇÃO DA ANÁLISE

Para realizar a análise foram considerados como dados empíricos as produções verbais dos estudantes, presentes nas respostas ao questionário aplicado no *primeiro momento* e nas gravações em áudio e vídeo das aulas como apontado anteriormente, ou seja, no registro de duas aulas, totalizando 200 minutos.

Do questionário, descrito na seção 4.2, foram consideradas apenas as perguntas 3, 4 e 5, visto que o foco da pesquisa são os efeitos de sentido sobre as imagens. Essas perguntas tratam sobre a utilização e imagens no ensino de Física como recurso didático, indagando sobre a possibilidade de “atrapalhar ou beneficiar” o ensino e a aprendizagem de FMC.

Já em relação às gravações, todas as atividades que o pesquisador

realizou com os(as) licenciandos(as) foram gravadas, porém, apenas trechos do *terceiro momento*, em que ocorre uma discussão, foram transcritos e analisados. Esse recorte foi feito, pois foi percebido que analisar todas as falas das gravações, do ponto de vista teórico-metodológico adotado, demandaria um tempo que para o estudo de mestrado se demonstrou inviável.

Para a análise foram consideradas as verbalizações produzidas por 5 (cinco) licenciandos(as). Eles foram escolhidos mediante dois critérios. O primeiro critério foi a “frequência de participação nas aulas do terceiro e quarto momento de investigação”, quanto a este critério os(as) licenciandos(as) Bruna, Fernando, Geovane e Tiago<sup>51</sup> se destacam, pois tinham a maior frequência. O segundo critério foi a “quantidade de presença nas aulas da Unidade de Ensino”, aulas que totalizaram 6 dias e 10 horas-aula. Os(as) licenciandos(as) Daiana, João e Lucas tinham nesse critério 100% de presença, já o licenciando Geovane teve 88% de presença, Bruna teve 75%, Tiago teve 63% e Fabiano teve 56%. Como os(as) licenciandos que tiveram 100% da presença não foram os que mais participaram da discussão na aula, os selecionados foram apenas o Geovane, a Bruna, o Tiago, o Fabiano e o Lucas.

Inicialmente cada resposta foi analisada separadamente, sem deixar de considerar na análise as condições de produção, as posições discursivas e as memórias discursivas. No texto dessa primeira análise foram separadas as falas que cada licenciando produziu em cada uma das respostas.

Posteriormente, buscou-se identificar algumas regularidades que perpassaram os vários discursos e de que forma o dito se relaciona com a exterioridade, compreendendo como o texto produz sentidos. Nessa etapa, a análise foi segmentada pelos efeitos de sentido que foram produzidos sobre as imagens no ensino de Física Moderna e Contemporânea, configurando-se em um texto final, apresentado no capítulo a seguir.

Ressalta-se, novamente que essa pesquisa foi desenvolvida baseada em noções dos referenciais teórico-metodológicos, no âmbito das teorias sobre linguagem, da Análise de Discurso (AD), sendo assim, não se assume que as falas analisadas possuem apenas um sentido, aquele sentido que atravessa o texto, pois os sentidos não estão na fala em si, jamais são únicos ou estáticos, são efeitos que se dão sob certas condições.

---

<sup>51</sup> Todos os nomes utilizados nesta dissertação são fictícios.

Também faz parte importante da construção das análises o estabelecimento de relações entre os discursos da sala de aula da disciplina de Metodologia de Ensino de Física com discursos da área de ensino de Física, já que é neste contexto mais amplo, o de um campo que produz discursos sobre ensino, que as falas dos estudantes podem ser consideradas como formulações de iniciantes na área. Podemos justificar essa relação observando que o analista está sob tensão ao analisar o texto e encontrar a relação deste com a exterioridade e com outros lugares em que já foi dito o que está textualizado no material empírico analisado, buscando assim entender o funcionamento discursivo. Esse processo constitui a interpretação da interpretação dos estudantes, e nele é preciso considerar que, enquanto analista, não se está livre do processo de significação, já que também se está submetido ao simbólico, que também configura uma região particular da memória do dizer. Considerando esses aspectos, podemos afirmar que essa análise se conforma a uma conjuntura sócio-histórica dada, constituindo-se em formações discursivas, que dialogamos com os discursos que circulam na disciplina de Metodologia de Ensino de Física e com os discursos da sua exterioridade, outros dizeres, neste dado momento histórico, sem pretensão de totalidade.

## 5 OS DISCURSOS EM QUESTÃO

O interesse deste estudo está em investigar que efeitos de sentido foram produzidos e quais as suas condições de produção no que se refere, principalmente, às relações entre imagens, conhecimento físico e ensino de partículas elementares. Para tanto, identificar as posições discursivas a partir das falas, considerando seus contextos de produção, de tal forma que se pudesse, a partir dessa análise, responder às seguintes questões de pesquisa:

**Como são produzidos efeitos de sentido, discursos, em aulas de Metodologia de Ensino de Física da licenciatura em Física sobre o ensino de partículas elementares no Ensino Médio? E como esses efeitos de sentido se relacionam com o conhecimento científico em questão, com suas características epistemológicas, e com imagens que funcionam nesse Ensino dessa temática das partículas elementares?**

As análises foram realizadas sobre aquilo que ficou materializado nas respostas textualizadas e registradas em áudio e vídeo. Foram consideradas as falas produzidas por 5 (cinco) licenciandos(as) que foram escolhidos mediante critérios já discutidos na seção anterior, seção 4.5, são eles(as): Bruna, Geovane, Francisco, Lucas e Tiago.

Inicialmente, o foco da análise foi as repostas do questionário, separadamente, uma a uma, para que em seguida fossem identificadas algumas regularidades que perpassavam as diversas falas. As repostas consideradas para essa análise responderam a estas três perguntas:

**Pergunta 3:** Você acha que utilizar representações, imagens, como recurso didático para as aulas de Física pode contribuir para a Aprendizagem de Física pelos estudantes de Ensino Médio? Justifique sua resposta.

**Pergunta 4:** Você acredita que o uso de imagens pode atrapalhar a aprendizagem de Física no Ensino Médio? Justifique sua resposta. Caso você acredite, no que exatamente atrapalha? Dê um exemplo de uma situação didática em que isso aconteceria.

**Pergunta 5:** Considerando as suas respostas em 3 e 4, no caso da FMC teria diferença?

As respostas às perguntas 1 e 2, perguntas apresentadas e discutidas na seção 4.2, não foram utilizadas para análise, exceto na ocasião do licenciando Lucas, que responde a pergunta 3 mencionando a

resposta dada a pergunta 2.

Destacamos que, para facilitar a análise, referenciaremos as perguntas utilizando apenas o número respectivo a elas: Pergunta 3, Pergunta 4 ou Pergunta 5.

As respostas produzidas pelos(as) licenciandos(as) à **pergunta 3** foram:

*Sim, essas ferramentas tornam tudo mais visível e de fácil compreensão. (Bruna)*

*Sim. Penso que quanto mais variados forem os recursos utilizados, mais opções ficam disponíveis aos alunos. Apenas uma ressalva: o uso de imagens pode levar a um processo de concretização e alguns tópicos de física moderna dizem respeito a entidades físicas não-concretas, podendo criar certa distorção. (Francisco)*

*Sim, pois a FMC é um conteúdo muito abstrato, as figuras e outros recursos simplificarão mais o conteúdo ao aluno. (Geovane)*

*Sim, como dito anteriormente [Dificuldades visuais, pois alguns assuntos são abstratos como por exemplo, nanotecnologia, mas hoje em dia com os avanços tecnológicos, da internet, várias ferramentas se mostram práticas para tais representações] assuntos abstratos acabam tomando forma. (Lucas)*

*Imagens sempre ajudam, desde que sejam bem exploradas e discutidas com os alunos. No entanto, o que mais vemos, são imagens simplesmente jogadas em slides. (Tiago)*

Já à **pergunta 4** os(as) licenciandos(as) responderam:

*Não acredito que atrapalhe quando as imagens são bem feitas. (Bruna)*

*Não diria que atrapalha, mas certamente pode não ser a melhor opção para todos, talvez até privilegie alguns alunos. Por isso a diversidade de metodologias pode contemplar um maior número de estudantes. (Francisco)*

*Atrapalharia se as imagens não demonstrassem a realidade por trás do fenômeno pretendido. (Geovane)*

*Talvez, caso os alunos nunca tenham tido uma primeira aproximação dos assuntos, no entanto, creio que é algo contornável com leituras e debates. (Lucas)*

*Talvez não tenha entendido plenamente, mas essa pergunta me parece contraditória com a anterior. Não sei se pode prejudicar a aprendizagem, mas algumas imagens podem não ser tão ilustrativas a ponto de se tornarem úteis para a aprendizagem. Ou talvez, algumas delas podem reforçar, quando mal utilizadas, concepções alternativas que os alunos trazem. (Tiago)*

**E à pergunta 5** foi respondido:

*Não. (Bruna)*

*Não vejo a FMC como um conteúdo diferenciado, no sentido de ser mais ou menos difícil. Existem dificuldades relacionadas com o fato de que este conteúdo é "novo", no sentido de que não é amplamente tratado. Isto acarreta certa resistência em sua implementação por parte dos professores (requer atualização, preparação de material, etc.). (Francisco)*

*Acredito que não. (Geovane)*

*Sim, pois é um assunto muito interessante que é deixado de lado por ser considerado difícil para os alunos. (Lucas)*

*Depende. Acho que nnto muito interessante que é demagem em si, mas em como o professor faz uso dela. Às vezes uma boa imagem não serve para muita coisa, pois não é explorada adequadamente. Em outras ocasiões, apenas um esboço pode ser bastante esclarecedor. Na minha opinião, por*

*melhor que seja a imagem, sempre terá um aluno que não "viu" o que o professor pretendia ilustrar quando resolveu utilizar determinada imagem. (Tiago)*

Na análise, partiu-se dessas respostas e também dos diálogos que foram textualizados na aula de discussão que foi descrita na seção 4.4. Ora foram analisadas essas respostas e ora foram analisados os diálogos. Essa dinâmica foi adotada, pois percebeu-se que discursos que foram textualizados no questionário se relacionam com o que foi dito nas discussões. A análise será dividida nas principais posições discursivas que se constituíram nas falas analisadas e nos principais discursos, efeitos de sentido sobre a imagem, que foram identificados. Dessa forma, segmentamos os resultados da análise nas seguintes seções: os sujeitos pesquisados e as posições discursivas; as imagens como metodologia facilitadora; Física Moderna e Contemporânea é “difícil de se aprender e se ensinar”?; as imagens como realidade: obstáculos epistemológicos; as imagens como materialidade não científica.

## 5.1 OS SUJEITOS PESQUISADOS E AS POSIÇÕES DISCURSIVAS

O referencial teórico metodológico utilizado nessa análise possibilita investigar as falas produzidas em sala de aula, considerando as especificidades do seu contexto, ou seja, o da disciplina de Metodologia de Ensino de Física em um curso de formação inicial de professores. Os discursos textualizados nas falas dos(as) licenciandos(as) podem fornecer pistas das atribuições de sentidos e posicionamentos discursivos que se deram nesse processo de interpretação do qual a disciplina foi o contexto. Considera-se essa atribuição e esse posicionamento como não tendo origem e nem controle total pelos sujeitos. Se algo age de certa forma nos discursos, são as condições de produção, ou seja, o contexto imediato e o contexto mais amplo em que as falas foram produzidas.

Nesse primeiro momento, é importante olhar para essas condições de produção para que se possa compreender os possíveis sujeitos discursivos que os discursos poderão engendrar. Saliencia-se que o sujeito discursivo é pensado, como uma “posição” dentre outras várias posições sociais e históricas construídas (ORLANDI, 2013). Por exemplo, se eu falo a partir da posição de um licenciando, o que eu digo produz sentido de modo equivalente a outras falas que também fazem parte dessa mesma posição. Eu não preciso ser licenciando para falar da posição discursiva

de um licenciando, a posição é entendida não no sentido de uma posição social empírica, mas associada a uma formação discursiva que, por sua vez, tem relação com as formações sociais e ideológicas. Devemos lembrar que o sujeito fala e escreve como resultado de um processo de interpretação que não tem origem no sujeito que falou ou escreveu.

Mediante essas considerações, entende-se que as condições de produção dizem respeito às experiências que os sujeitos empíricos, sujeitos pesquisados, vivenciaram, ou seja, experiências históricas de cada licenciando(a). Dessa forma, torna-se importante que se conheça essas experiências, mesmo que de forma superficial. Ter conhecimento dessas experiências fornece pistas de memórias discursivas que estarão presentes, ou não, nos discursos na sala de aula de Metodologia de Ensino de Física, onde os licenciandos discutem e produzem falas. Por meio das respostas fornecidas ao questionário, realizado no primeiro momento de investigação (discutido na seção 5.3) foi possível identificar: a formação do licenciando; o tempo de docência, as experiências como estudante de Física do Ensino Médio em que um professor tenha lecionado FMC; as experiências como estudante de Física do Ensino Médio em que um professor tenha lecionado utilizando imagens; as experiências com as práticas do PIBID; e as disciplinas que o estudante já cursou.

Iniciaremos conhecendo um pouco sobre a licencianda Bruna. Antes da Licenciatura ela cursava o Bacharelado em Física. Ingressou na Licenciatura no segundo semestre de 2012, porém já tem 34 (trinta e quatro) disciplinas concluídas da Licenciatura em Física, sendo que dessas, 27 (vinte e sete) são disciplinas obrigatórias e 7 (sete) são disciplinas optativas<sup>52</sup>. Das 27 (vinte e sete) obrigatórias, 5 (cinco) são de temas da área de Ensino de Física. Ela não tinha experiência com o PIBID e nem experiência em sala de aula como professora de Física e afirmou que durante o Ensino Médio presenciou temas de Física Moderna e

---

<sup>52</sup>Disciplinas cursadas: Física Geral - I-A; Cálculo I; Geometria Analítica; Introdução à Física Moderna; Laboratório de Física I; Física Geral II-A; Cálculo II; Laboratório de Física II; Física Geral II-B; Prática de Ensino de Física I; Introdução à Física Computacional; Cálculo III; Psicologia Educacional: Desenvolvimento e Aprendizagem; Laboratório de Física III; Prática de Ensino de Física II; Física Geral III; Didática A; Laboratório de Física IV; Física Geral IV; Cálculo IV; Instrumentação para o Ensino de Física A; Mecânica Geral; Estrutura da Matéria I; Instrumentação para o Ensino de Física B; Estrutura da Matéria II; Laboratório de Física Moderna I; Evolução dos Conceitos da Física; Tópicos Especiais em Física: Física Médica e Proteção Radiológica; Tópicos Especiais em Física: Introdução à Astronomia; Álgebra Linear; Química Geral; Química Geral A; Física das Mudanças Climáticas; Língua Brasileira de Sinais.

Contemporânea (FMC), lecionados pelo(a) seu(sua) professor(a) de Física. Os temas foram “Modelo de Bohr”, “Relatividade restrita” e “Quantização de energia”. Ela descreveu que esses temas estavam presentes no material pedagógico (apostila) da escola que a cursista estudou no seu Ensino Médio. Como a licencianda Bruna veio de um curso de bacharelado em Física, com a maioria das disciplinas concluídas, possivelmente os discursos pelos quais perpassa a materialidade das falas da licencianda, podem assumir a posição discursiva daqueles discursos que supõe-se que um bacharel produziria.

Analisando as respostas fornecidas pelo licenciando Geovane no preenchimento do questionário, foi possível identificar que o curso de Licenciatura em Física é a primeira formação do acadêmico. Também identificamos que ele não tem experiência com as práticas do PIBID e nem com a prática em sala de aula lecionando Física. Segundo o Geovane, ele não presenciou aulas de FMC no Ensino Médio, pois o(s) seu(s) professor(es) de Física do Ensino Médio não lecionavam FMC. Com relação às disciplinas cursadas na Licenciatura, foi informado pelo licenciando que a maioria das disciplinas até a 4ª fase do curso de Licenciatura em Física já foram concluídas<sup>53</sup>.

Já o licenciando Francisco, segundo as respostas dele ao questionário, tem graduação em Bacharelado em Física e Mestrado em Física Teórica, com trabalho de pesquisa voltado à Física Nuclear. O ingresso na universidade, na Licenciatura atual, ocorreu no primeiro semestre de 2013, dessa forma, apenas as disciplinas de *Prática de Ensino de Física I*, *Didática* e *Organização Escolar* foram as disciplinas cursadas<sup>54</sup>. A experiência dele em lecionar Física ultrapassa os 20 anos e ele não teve experiências passadas com o projeto do PIBID. Antes de cursar um Ensino Superior, o licenciando diz não ter presenciado temas de FMC, ou seja, seus professores de Física do Ensino Médio não lecionaram esses temas.

O licenciando Lucas informou que participou do PIBID por 6

---

<sup>53</sup>Disciplinas cursadas pelo licenciando Geovane: Física Geral - I-A; Cálculo I; Geometria Analítica; Laboratório de Física I; Física Geral II-A; Física Computacional; Laboratório de Física II; Física Geral II-B; Prática de Ensino de Física I; Introdução à Física Computacional; Cálculo III; Psicologia Educacional: Desenvolvimento e Aprendizagem; Laboratório de Física III; Prática de Ensino de Física II; Física Geral.

<sup>54</sup> Além daquelas disciplinas que foram cursadas no curso de Bacharelado em Física, que são comuns, também as que são cursadas no curso de Licenciatura em Física. Essas disciplinas são as de Física Teórica e experimental e de Matemática.

meses e que não teve experiências como professor de Física em sala de aula, pois nunca lecionou. Ele ingressou na universidade no primeiro semestre de 2011. Ainda, segundo o questionário respondido, ele nunca presenciou FMC no EM. Das várias disciplinas do curso de Licenciatura em Física, o licenciando Lucas cursou a maioria da 1ª fase até a 4ª fase<sup>55</sup>.

Tiago ingressou no curso de Licenciatura em Física no primeiro semestre de 2012, ele atuou no PIBID durante 16 meses. Começou a atuar como professor no semestre em que foi realizada a coleta de dados, indicando que obtinha uma experiência inicial como professor naquele momento. Referente às disciplinas que o acadêmico já cursou na Licenciatura em Física, é possível observar que grande parte das disciplinas, até a 4ª fase, ele já cursou<sup>56</sup>.

Podemos observar que são diferentes as experiências da história de cada licenciando(a). Essa pluralidade de experiências se relacionou com as falas produzidas nas respostas às perguntas do questionário e nas discussões. Interessante percebermos que devido às diversificadas experiências, foram identificadas nas falas diversificadas memórias discursivas, apresentando discursos que circularam em diferentes espaços de falas. Mas como dissemos, o sujeito empírico, ou seja, o(a) licenciando(a), interpreta de forma não intencional e produz efeitos de sentido que se inscrevem necessariamente no interdiscurso, no já dito (ORLANDI, 2007).

Uma dessas posições discursivas que conseguimos identificar por meio dos discursos dos licenciandos foi daquele professor ciente de suas obrigações, que está preocupado com a sua própria prática. Identificamos essa posição na resposta do Francisco na pergunta 5, onde ele materializa “[...] Existem dificuldades relacionadas com o fato de que este conteúdo é ‘novo’ [...] Isto acarreta certa resistência em sua implementação por parte dos professores (requer atualização, preparação de material etc.)”. É importante ressaltar que essa resposta é dada em um questionário que seria lido pelo pesquisador e pelo professor da disciplina. Dessa forma, podemos considerar que o próprio questionário é uma condição de

---

<sup>55</sup> Disciplinas cursadas pelo licenciando: Física Geral - I-A; Cálculo I; Geometria Analítica; Laboratório de Física I; Física Geral II-A; Cálculo II; Laboratório de Física II; Física Geral II-B; Introdução à Física Computacional; Psicologia Educacional: Desenvolvimento e Aprendizagem; Didática A.

<sup>56</sup> Disciplinas cursadas: Física Geral - I-A; Cálculo I; Geometria Analítica; Introdução à Física Moderna; Laboratório de Física I; Física Geral II-A; Física Computacional; Cálculo II; Laboratório de Física II; Física Geral II-B; Prática de Ensino de Física I; Introdução à Física Computacional; Cálculo III.

produção para essa resposta, em que o discurso de um professor consciente de suas obrigações, é um discurso que seria valorizado quando lido pelo pesquisador e professor da disciplina. Além do mais, o licenciando Francisco tem experiências como professor, já vivenciou espaços de fala onde circulam discursos da posição de professor. Dessa forma, é concebível que a fala dele se relacione com memórias discursivas desse espaço de fala, gerando discursos da posição discursiva de um professor. Ressaltamos que circula comumente o discurso de que o professor precisa se atualizar e preparar materiais diariamente, esse é um discurso atual sobre a prática do professor.

A resposta do licenciando Tiago à pergunta 3 (Você acha que utilizar representações, imagens, como recurso didático para as aulas de Física pode contribuir para a aprendizagem de Física pelos estudantes de Ensino Médio? Justifique sua resposta.) constituiu indícios de outra posição discursiva: de um estudante que cursa a disciplina de Metodologia de Ensino de Física. A resposta apresenta uma crítica às imagens que são “jogadas em slides” e menciona que as imagens devem ser “bem” exploradas e discutidas. Essa resposta também supõe que sujeitos irão lê-la, como professor da disciplina e pesquisador. Idealmente, essa seria a melhor resposta que um estudante de Metodologia poderia fornecer, pois ela demonstra uma preocupação com a forma como “imagens”, do ponto de vista metodológico, são trabalhadas na sala de aula. De certa forma, várias respostas poderiam ser formuladas para as perguntas do questionário, mas a condição de produção da disciplina de Metodologia de Ensino de Física controla aqueles discursos que poderão ser formulados, afinal de contas, os(a) licenciandos(as) no processo de interpretação, não intencional, produzem discursos supondo que poderão ser avaliados pelo professor da disciplina.

Veamos a resposta do licenciando Tiago para a pergunta 4 (Pergunta 4: Você acredita que o uso de imagens pode atrapalhar a aprendizagem de Física no Ensino Médio? Justifique sua resposta. Caso você acredite, em que exatamente atrapalha? Dê um exemplo de uma situação didática em que isso aconteceria.): “Não sei se pode prejudicar a aprendizagem, mas algumas imagens podem não ser tão ilustrativas a ponto de se tornarem úteis para a aprendizagem. Ou talvez, algumas delas podem reforçar, quando mal utilizadas, concepções alternativas que os alunos trazem”. A fala produz o efeito de sentido que existe uma boa e uma má utilização de “ilustrações”. De certa forma também supõe uma posição discursiva de um licenciando que cursa a disciplina de Metodologia de Ensino de Física, em que um licenciando está ciente daquilo que pode ser útil ou não, do ponto de vista metodológico, para

lecionar na sala de aula.

Em diálogos que o licenciando Geovane participou, também se pode perceber uma conjuntura sócio-histórica singular em que um futuro professor dialoga e preocupa-se com os aspectos da educação, em que se pode fazer perguntas e discutir aspectos do “como ensinar” ou “como aprender”. Vejamos, por exemplo, essa fala materializada no diálogo entre o professor e o licenciando:

[...]

(A1) **Professor:** *Quais os problemas possíveis de se Ensinar a Física Moderna? Ou é tranquilo pra vocês?*

(A2) **Geovane:** *Ah, sei lá... Demoraria muito tempo para construir esse conhecimento para os alunos, né? Deixaria de ensinar coisas que eram da Física Clássica que seria importante também.*

(A3) **Professor:** *Você acha?*

(A4) **Geovane:** *Não sei. O tempo é reduzido para ensinar todo o conteúdo. A gente já discutiu várias vezes que pra ensinar Física no Ensino Médio é requerer muito mais tempo. E daí, quando a gente for introduzir mais conteúdo ...*

[...]

O diálogo demonstra, certamente, que o espaço é o de uma sala de aula da Licenciatura, onde os interlocutores ocupam uma posição discursiva de problematizarem o ensino de Física. A fala A4 demonstra que a posição tomada para dizer o que foi dito é de um licenciando que cursa a disciplina de Metodologia de Ensino de Física, é de alguém que está ciente daquilo que é discutido na área, como, por exemplo, o tempo escolar da disciplina de Física no Ensino Médio.

Dessa forma, percebe-se que a disciplina de Metodologia de Ensino de Física se constitui como um espaço de fala determinado, no qual, principalmente, a posição discursiva é daquele que precisa refletir sobre aspectos da prática do professor. Pode-se arriscar dizer que a fala desse sujeito discursivo é própria de quem cursa a disciplina desta natureza, ou seja, outras disciplinas de um curso de Licenciatura em Física não apresentarão esse mesmo sujeito discursivo. Trata-se, portanto, de um sujeito que questiona livremente a prática docente, dialoga com o conhecimento Físico, encontra limitações nas metodologias: o dito deriva sentidos de modo equivalente a outras falas feitas dessa posição de licenciando(a). Porém, como observado na fala do licenciando Francisco,

também é permitido nesse espaço de fala da disciplina a posição discursiva de professor.

## 5.2 AS IMAGENS COMO METODOLOGIA FACILITADORA

Em resposta à pergunta 3 (Você acha que utilizar representações, imagens, como recurso didático para as aulas de Física pode contribuir para a aprendizagem de Física pelos estudantes de Ensino Médio? Justifique sua resposta.), quando perguntado sobre a utilização de representações, imagens, como recurso didático para as aulas de Física, o licenciando Geovane responde que “[...] as figuras e outros recursos simplificarão mais o conteúdo ao aluno”. De forma similar, este trecho da materialidade presente na resposta do licenciando Tiago à mesma pergunta, diz que “Imagens *sempre ajudam*, desde que sejam bem exploradas e discutidas com os alunos”. Esse discurso relaciona-se com outros que tratam sobre metodologias, tanto aqueles produzidos no espaço de fala de artigos, como em falas da posição de professores das disciplinas da área de Ensino de Física. Basta trocarmos a palavra “imagens” por “experimentos”, ou “animações”, ou “simulações” ou qualquer outro recurso ou metodologia que um docente pretende trabalhar na sala de aula com os estudantes.

Esse sentido também se relaciona com um trabalho no campo da pesquisa em Ensino de Física, desenvolvido por Tellez (2013), que mostrou que os sentidos produzidos por 5 licenciandos “apontam para a utilização da HC [História da Ciência] no ensino como uma forma de *facilitar* o aprendizado e o entendimento dos conteúdos e conceitos científicos”<sup>57</sup>. Apesar da fala do licenciando Geovane não tratar de História da Ciência, e sim das representações e imagens, pode-se interpretar similarmente ao que Tellez (2013) interpretou. É possível verificar na frase que o entendimento do uso da imagem, “as figuras”, é como uma metodologia de ensino simplificadora e facilitadora. Esse discurso está associado ao entendimento que toda metodologia vai facilitar, de modo que a História da Ciência, as representações e as imagens se assemelham nesses discursos recorrentes. Se trocarmos os termos “as figuras e outros recursos” por “representação e imagem”, ou “História da Ciência”, ou ainda por “metodologia”, a interpretação será a mesma que produziu a fala de Geovane. Podemos afirmar que esses discursos pertencem à mesma formação discursiva que “toda metodologia é facilitadora” para a aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio. Isso

---

<sup>57</sup> Grifo nosso.

apaga, no entanto, a especificidade das imagens serem objetos simbólicos, o que torna problemático o uso do termo “simplificar” e a sua compreensão por parte de acadêmicos, futuros professores.

Outro efeito de sentido sustentado, nesse mesmo discurso em que a “imagem” é tratada como recurso ou metodologia simplificadora, é que um bom professor é aquele que facilita o conteúdo, ou seja, que consegue “simplificar” a linguagem por meio da qual os conceitos estão presentes, ou que o estudante terá um sucesso na aprendizagem se o professor usar de recursos simplificadores. Sugerindo, portanto, que a imagem teria essa função simplificadora.

A resposta do licenciando Tiago, também produz o efeito de que a imagem tem sentido de uma metodologia possível para se trabalhar na sala de aula, e que pode ser utilizada de forma adequada ou não. Foi dito pelo licenciando: “acho que não devemos dar tanta ênfase a imagem em si, mas em como o professor faz uso dela”. Para o discurso textualizado na resposta do Tiago a imagem não funciona por si, ela depende de outros fatores que podem estar relacionados ao uso da imagem.

Vejamus por outro lado, o “não dito” presente nessas respostas. Estes “não ditos” significam também e reforçam o sentido de que a FMC é difícil, necessitando de artifícios para “facilitar” a aprendizagem. Enfatizamos que esse discurso de FMC ser “difícil”, relaciona-se com falas produzidas nos espaços de fala nos quais professores tentam, ou discutem, a inserção de FMC no EM. Recorrentes afirmações como essa são ditas por professores que se arriscam a inserir FMC no EM criando obstáculos, considerando ser “difícil”, como mostrou Siqueira (2012), quando identificou que existem cinco principais categorias de obstáculos que fazem parte de uma estrutura que nomeou por “tradição do ensino de Física”: conteúdo, metodologia, avaliação, organização das atividades e currículo.

A resposta de Francisco para a mesma pergunta também produz o sentido de que a imagem é um “recurso didático” dentre outros, embora não esteja escrito que “imagem é um recurso”. Vejamus a resposta dele: “[...] Penso que quanto mais variados forem os recursos utilizados, mais opções ficam disponíveis aos alunos”. Ele vai considerar o espaço de uso de imagem em aula de Física um recurso como tantos outros, na diversidade de recursos existentes. A resposta considera que existam alunos que aprendem de formas diferentes. A resposta do licenciando Tiago, também produz esse sentido de que os alunos aprendem de maneiras diferentes, pois foi dito que “Apenas um esboço pode ser bastante esclarecedor. Na minha opinião, por melhor que seja a imagem, sempre terá um aluno que não ‘viu’ o que o professor pretendia ilustrar

quando resolveu utilizar determinada imagem”. Podíamos parafrasear esses discursos dizendo que “[...] quanto mais variados forem os recursos utilizados, mais opções ficam disponíveis aos alunos”, ou “quando temos mais opções de recursos mais alunos serão contemplados, pois os alunos são diferentes”. Dizer que estudantes aprendem de formas diferentes, por caminhos diversificados, é trazer a memória dos discursos pedagógicos que consideram o estudante um ser social e histórico, com experiências próprias vividas por cada estudante. Provavelmente esse sentido se produziu na relação com o que já foi trabalhado na disciplina de Metodologia de Ensino de Física, esse sentido, com outras palavras, existiu em aulas em que foi discutido o uso de simulações no EM, por exemplo, conforme mencionado na seção 4.1 do presente estudo.

Vale ressaltar que o questionário foi respondido por Francisco, diferentemente dos outros estudantes, no último dia da coleta de dados, ou seja, no quarto momento de investigação, conforme indicado Tabela 1 apresentada no começo do capítulo 4. O licenciando já havia participado da discussão que ocorreu no terceiro momento de investigação. Assim, deve-se considerar que o processo de interpretação desse licenciando se dará de forma diferenciada, se comparado aos outros licenciandos, pois a aula de discussão referente ao artigo *A Física dos quarks e a epistemologia* (MOREIRA, 2007) faz parte das condições de produção, ou seja, as respostas desse sujeito pesquisado poderão se relacionar com os discursos dessa discussão. Mesmo que isso ocorra de forma não intencional, a produção do sujeito se encontra em um momento contextual diferenciado, implicando outras memórias.

Na resposta do Francisco à pergunta 4, quanto à utilização das imagens poderem atrapalhar a aprendizagem de Física, novamente um dos discursos é que os estudantes aprendem de formas diferentes. No sentido de “quando temos mais opções de metodologias, mais alunos serão contemplados, pois os alunos são diferentes”, materializada na seguinte formulação: “Não diria que atrapalha, mas certamente pode não ser a melhor opção para todos, talvez até privilegie alguns alunos. Por isso a diversidade de metodologias pode contemplar um maior número de estudantes”. A consistência de sentidos desse discurso com o discurso da resposta à pergunta 3, anterior, mostra que existem sentidos que “sobrevivem” e são produtos de uma mesma formação discursiva. Segundo Gregolin (2005), “certas regularidade discursivas” possibilitam identificar certa formação discursiva. Acreditamos que existe uma formação discursiva em que se inserem as discussões das aulas anteriores da disciplina de Metodologia de Ensino de Física, segundo anotações das nossas observações de aula. Afirmamos isso considerando que as falas do

professor da disciplina interpretam e utilizam os sentidos que “os alunos aprendem de formas diferentes”. Este discurso foi observado em algumas aulas que antecederam esse questionário<sup>58</sup>. De certa forma, o movimento de sentidos das falas do professor da disciplina constitui as exterioridades das respostas dessas duas últimas perguntas. Essa conclusão não seria possível se esse mesmo sentido não fizesse parte da memória discursiva do analista, ou seja, reconhecemos que o analista não está assumindo uma posição neutra em relação aos sentidos, aqui tentamos deslocar a posição do analista, mediando a relação do sujeito (pesquisador na disciplina) com a interpretação (análise do pesquisador).

Não podemos deixar de considerar, na materialidade das respostas do licenciando Francisco, que a experiência dele em ministrar aulas de Física no EM é muito maior, quando comparada aos outros(as) licenciandos(as). Faz 20 (vinte) anos que esse licenciando leciona. O saber docente dele está embebido de vivências que o fazem refletir e apropriar-se de um conjunto de formulações discursivas que consideram que os alunos são sujeitos sócio-históricos, conseqüentemente, que aprendem de formas diferentes, com linguagens diferentes. Seria ingenuidade considerar que apenas a disciplina de Metodologia de Ensino de Física fez parte, historicamente, das condições para a produção dos discursos formulados.

Percebemos, nessa seção de análise, que nas respostas identificamos discursos nos quais a imagem tem um sentido de metodologia, ocorrendo o apagamento da especificidade das imagens serem objetos simbólicos. Esses sentidos certamente podem ser reconhecidos quando se considerou que as imagens têm um papel de “simplificação de conteúdos”. Mas também se pode perceber um discurso interessante, o discurso de que as imagens estão entre várias metodologias ou recursos possíveis e que existe uma relação entre a metodologia que o professor utiliza e a forma como os estudantes aprendem, em que alguns estudantes aprendem melhor com uma metodologia ou recurso do que com outro(a), mostrando que estudantes não aprendem de mesma forma.

---

<sup>58</sup> Esse sentido foi observado nas aulas em que foi discutido sobre a utilização de resolução de problemas e também nas aulas em que foi discutido acerca da utilização de textos e leituras.

### 5.3 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA É “DIFÍCIL APRENDER E ENSINAR”?

Na resposta do licenciando Geovane à pergunta 3 (Você acha que utilizar representações, imagens, como recurso didático para as aulas de Física pode contribuir para a aprendizagem de Física pelos estudantes de Ensino Médio? Justifique sua resposta.), sobre a utilização de representações, imagens, como recurso didático para as aulas de Física poderia contribuir para a aprendizagem de Física pelos estudantes de Ensino Médio, é mencionado que “[...] a FMC é um conteúdo muito abstrato, as figuras e outros recursos simplificarão mais o conteúdo ao aluno”. Um possível efeito de sentido para essa expressão é de matematização necessária de alguns conceitos. Mas outro efeito de sentido seria o da impossibilidade de observarmos os fenômenos e objetos da FMC, diferentemente do que acontece na Física Clássica. Essa polissemia ocorre porque o termo “muito abstrato” necessita de complemento. Porém o uso polissêmico desse termo tem efeitos de sentido que costumam estar textualizado em falas sobre temas de FMC e na comunicação da comunidade científica dessa área de conhecimento. Ambas as interpretações, devido à matematização e à impossibilidade de observarmos os fenômenos, inscrevem-se na história daquilo que já foi dito em diversos espaços de fala. Ostermann e Moreira (2000) relatam que na *III Conferência Interamericana sobre Educação em Física* (BAROJAS, 1988 apud OSTERMANN; MOREIRA, 2000), onde foi organizado um grupo de trabalho para discutir o ensino de Física Moderna, ocorreu uma discussão em que inúmeras razões foram citadas para introdução de temas de FMC no EM. Uma dessas razões mencionada foi:

Física Moderna é considerada conceitualmente **difícil e abstrata**; mas, resultados de pesquisa em ensino de Física têm mostrado que, além da Física Clássica ser também abstrata, os estudantes apresentam sérias dificuldades conceituais para compreendê-la. (OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p. 24, grifo nosso).

No grifo nosso é possível perceber essa dispersão do sentido “abstrata”, que circula inclusive em textos produzidos na área de Ensino de Física. Assim, podemos ver a resposta à questão 3 do estudante no espaço de uma memória de significações. Uma memória que inclui a

comparação com a Física Clássica, que agora parece implícita na expressão utilizada pelo estudante. Uma comparação que, no entanto, no discurso da pesquisa encontra um posicionamento de contraposição. O termo “conteúdo muito abstrato”, que está textualizado nessa resposta, tem o efeito de sentido sustentando que os conteúdos de FMC não são apenas “difíceis”, mas que podem ser “difíceis de ensinar”. No texto, o termo “abstrato” pode ser substituído por “difícil” e o discurso da frase ainda se mantém. Observa-se que esse discurso vai se relacionar com outros que não são apenas do espaço de fala do curso de Licenciatura em Física, pois esse discurso também circula na sociedade de maneira mais ampla, onde a Física é considerada “difícil”. E inevitavelmente esse discurso chega aos cursos de Licenciatura em Física, embora nem sempre de mesma forma e, por vezes, apenas alguns conteúdos passam a ser considerados “difíceis”. Acreditamos que a dispersão desse discurso nos vários espaços de fala alcance inclusive a posição discursiva de professores que lecionam FMC no curso de Licenciatura em Física. Assim esse discurso circula e se repete, desenvolvendo uma memória discursiva que mantém “vivo” os efeitos de sentido de que a FMC é muito mais difícil que outros temas da Física.

Percebemos também o discurso de que a FMC é difícil na resposta dada pelo licenciando Lucas à pergunta 5 (Considerando as suas respostas em 3 e 4, no caso da FMC teria diferença?), quando ele diz que “[...] é um assunto muito interessante que é deixado de lado por ser considerado difícil para os alunos”. No entanto, sua formulação retoma o sentido, mas ao mesmo tempo produz um efeito de certo distanciamento dessa posição (“por ser considerado”), como se fosse o discurso de outros e não dele. Além desse discurso, está presente o que considera a FMC interessante. Esse também é um discurso que circula nos mais diversos espaços de fala, de outras formas, com explicações mais completas que justificam os temas de FMC como “interessante”. Porém, vejamos que era esperado uma resposta à pergunta 5 que relacionasse a utilização de imagens e a FMC<sup>59</sup>, o que de fato não acontece. É fornecida uma opinião sobre os temas da FMC, mas isso não é relacionado com imagens. Do ponto de vista discursivo, entendemos que no processo de interpretação daquilo que foi perguntado e na produção do que foi formulado como resposta, a questão da imagem está apagada, havendo uma retomada de sentidos mais

---

<sup>59</sup> A pergunta foi “Considerando as suas respostas em 3 e 4, no caso da FMC teria diferença?”, dessa forma, a respostas deveria mostrar uma relação entre a utilização da imagem e a FMC, já que as respostas às perguntas 3 e 4 consideraria a utilização da imagem.

comuns que circulam na sociedade: “FMC é interessante” e “FMC é difícil”. Embora não responda à pergunta, esses são discursos sócio-historicamente criados.

Diferentemente, na resposta do licenciando Francisco à pergunta 5, na primeira frase, é dito por ele: “Não vejo a FMC como um conteúdo diferenciado, no sentido de ser mais ou menos difícil”. Analisamos como sendo um discurso pouco recorrente, que contradiz aqueles discursos que consideram a FMC muito mais difícil que outros temas da Física Clássica, assim se dá no mesmo espaço de memória que apontamos anteriormente, embora produzindo um posicionamento diferente.

Esse discurso sobre a FMC ser igualmente difícil ou igualmente fácil a temas da Física Clássica só foi possível de ser formulado devido a conjuntura sócio-histórica da disciplina de Metodologia de Ensino de Física. Em outras conjunturas, esse discurso seria silenciado, ou seja, não seria produzido o discurso de que FMC é tão difícil quanto Física Clássica. Exemplificamos algumas conjunturas em que isso poderia acontecer: a) em uma discussão onde discursos de cientistas da área de algum tema de FMC estivessem tratando sobre a complexidade de algum conceito Físico de FMC, como, por exemplo, uma reunião de um grupo de pesquisadores, ou em disciplinas onde estudantes de Licenciatura e professor estão presentes. Produzir o discurso de que a “FMC é tão difícil quanto a Física Clássica” rotularia que o indivíduo que a produziu não conhece bem o tema, pois no imaginário está que quem conhece a Física Clássica e a FMC sabe que “FMC é mais difícil que Física Clássica”; b) em uma discussão onde um dos interlocutores não conhece, ou demonstra não conhecer, o tema de FMC. Por exemplo, um “leigo” falando com um professor, ou cientista. Nessa situação o indivíduo não conhece a fundo a Física Clássica, então também a considera difícil, podendo assim o discurso de “FMC ser difícil” também ser silenciado. A disciplina Metodologia de Ensino de Física demonstra outra conjuntura, possibilitando que seja possível a presença de um discurso como esse. Como mencionado na seção 5.1, podemos perceber que a disciplina de Metodologia de Ensino de Física se constitui como um espaço de fala determinado. Esse efeito de sentido, que vai oposto ao discurso de que FMC seria difícil de aprender ou de ensinar, também é possível observar no texto de Pinheiro<sup>60</sup>, quando ele está discutindo sobre habilidades necessárias para estudar a FMC:

---

<sup>60</sup> Nesse texto também está presente o sentido de “difícil” para o termo “abstrata”, veja o grifo nosso.

[...] não existe a necessidade de nenhuma habilidade especial por parte dos estudantes para a introdução de tópicos de FMC no currículo do Ensino Médio, pois se estes desenvolveram as habilidades necessárias para estudarem Cinemática ou Dinâmica, **tão abstrata quanto FMC**, também serão capazes de lidar com novos temas. (PINHEIRO, 2009, p. 32, grifo nosso).

É possível observar que aquilo que fala antes em outro lugar, independentemente, é que a FMC é difícil de ensinar e aprender. Esse é o discurso que sobrevive nos vários espaços de fala e perpassam as falas que analisamos nessa seção. Ou seja, há uma memória discursiva construídas sócio-historicamente e que relaciona temas da FMC como temas complexos, difíceis. Porém, mesmo que esse discurso enraizado tenha surgido na disciplina de Metodologia de Ensino de Física, houve espaço para um discurso contrário.

#### 5.4 AS IMAGENS COMO REALIDADE: OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS

Na pergunta 4 (Você acredita que o uso de imagens pode atrapalhar a aprendizagem de Física no Ensino Médio? Justifique sua resposta. Caso você acredite, no que exatamente atrapalha? Dê um exemplo de uma situação didática em que isso aconteceria.) em que os(as) licenciandos(as) responderam sobre o uso de imagens poder atrapalhar a aprendizagem de Física no Ensino Médio, o licenciando Geovane responde que “Atrapalharia se as imagens não demonstrassem a realidade por trás do fenômeno pretendido”. No imaginário que sustenta o discurso desse licenciando, as imagens podem retratar fielmente a realidade de um fenômeno físico. Se trocarmos a palavra “demonstrassem” por “mostrassem”, “representassem”, “exibissem”, “revelassem” ou “realçassem” podemos perceber que o efeito de sentido é o de que a imagem representa a realidade. E devido à imagem ter esse papel é que justificaria ela contribuir para a aprendizagem. Poderíamos fazer a seguinte paráfrase dessa mesma fala dizendo, por exemplo, “Como as imagens representam a realidade por trás do fenômeno estudado ela não pode atrapalhar, apenas contribuir”, ou ainda “Já que as imagens exibem a realidade do fenômeno estudado, devemos usar para contribuir para a aprendizagem”. Todas essas frases estão no mesmo espaço de dizer, na mesma formação discursiva.

Existe uma relação direta entre a imagem e a capacidade dela representar a realidade. Mas, conforme discutido no capítulo 3, as imagens no ensino de partículas elementares apresentam problemas epistemológicos que complexificam a representação das partículas como sendo a realidade. No ensino de outros temas, principalmente, da Física Clássica, as imagens têm uma proximidade maior com a realidade observável, pois em geral se conhecem os objetos e fenômenos para além das imagens que os representam, mas, de toda forma, mesmo na Física Clássica, nenhuma imagem é a realidade, mas uma construção (SILVA, 2006). Esse efeito de sentido de realidade é uma construção do processo de interpretação da imagem pelo sujeito. Processo que implica mobilizar imagens anteriores.

Esse efeito de sentido sobre a relação entre imagem e realidade é produzido também na aula sobre “Imagens no Ensino de Ciências”, primeiro momento de investigação, detalhado no capítulo 4 desta dissertação. Nessa aula o pesquisador discutiu e apresentou os usos de imagens no ensino de ciências, apresentando a possibilidade de trabalhar a leitura de imagens como construções sobre a realidade (SILVA, 2006). Em seguida o pesquisador entregou os questionários para os licenciandos (pesquisados) responderem. Acreditamos que esse contexto no qual o pesquisador se envolve, caracteriza-se como uma condição de produção dessa frase do licenciando. E, por outro lado, indica que a aula talvez não tenha sido suficiente para uma discussão compressão mais aprofundada dessa problemática imagem/construção/realidade.

Em resposta à pergunta 4, o licenciando Tiago, quando diz que “as imagens podem não ser tão ilustrativas”, o que produz um efeito de sentido de que imagens possuem relação com uma realidade, ou seja, parece ser um discurso produzido a partir da mesma formação discursiva do discurso do Geovane. Aceitar que existam imagens “não ilustrativas” é considerar que existam imagens opostas a isso, imagens “ilustrativas”, mais próximas da realidade. Essa relação da imagem com o real, produzida nessa frase, torna a imagem útil ou inútil para a aprendizagem. Essa consideração produzida na frase, novamente, supõe uma posição discursiva de um licenciando que cursa da disciplina de Metodologia de Ensino de Física, em que o licenciando está ciente daquilo que pode ser útil ou não, do ponto de vista metodológico, para lecionar na sala de aula.

A resposta da licencianda Bruna à pergunta 3 (Você acha que utilizar representações, imagens, como recurso didático para as aulas de Física pode contribuir para a Aprendizagem de Física pelos estudantes de Ensino Médio? Justifique sua resposta.) também produz esse efeito “Sim, essas ferramentas tornam tudo mais visível e de fácil compreensão”. A

imagem representa algo visível, sendo atribuída à imagem a função de “tornar visível”. Percebemos que é o oposto do que o licenciando Geovane colocou em sua fala, na qual produz o sentido da impossibilidade de observarmos os fenômenos e objetos da FMC, diferentemente do que acontece na Física Clássica.

Atribuir a função de “tornar algo mais visível” supõe, a priori, que exista um objeto a ser representado que poderia ser visível, visível a olho nu, e que a imagem irá representá-lo. Podemos então considerar que esse discurso está se relacionando com discursos que defendem que a imagem representa uma realidade, diríamos, uma realidade material. Possivelmente esse efeito de sentido perpassa espaços de fala onde os interlocutores discutem conceitos da Física Clássica, onde imagens possuem uma ligação um pouco mais próxima com aquilo que é observado materialisticamente.

Em outra resposta da licencianda Bruna, agora à pergunta 4 (Você acredita que o uso de imagens pode atrapalhar a aprendizagem de Física no Ensino Médio? Justifique sua resposta. Caso você acredite, no que exatamente atrapalha? Dê um exemplo de uma situação didática em que isso aconteceria.), ela não acredita “[...] que atrapalhe quando as imagens são bem feitas”. Mesmo que não tenha sido dito, que não esteja textualizado na resposta, um efeito de sentido produzido é que a imagem está estritamente relacionada ao real, a um objeto real, que possibilita representações em imagens “bem feitas” e “mal feitas”. Pois se dizemos que uma imagem pode ser bem ou mal feita é necessário que ela seja comparada com algum critério, é necessário um parâmetro de comparação. Qual seria esse parâmetro de comparação? Se esse critério de comparação for um critério epistemológico, podemos dizer que esse discurso vai se relacionar com discursos similares aos que foram discutidos no capítulo 3, discursos sobre os obstáculos epistemológicos ao se representar as partículas elementares. Se esse critério de comparação for um critério estético, que supõe padrões de representações já consolidados na sociedade escolar e científica, a imagem desenhada poderá ser “bem feita” se os traços forem fiéis aos elementos simbólicos que circulam. Podemos considerar que a dispersão de efeitos de sentido dependerá do sujeito que interpretar essa resposta, o sujeito discursivo trabalhará sua memória discursiva possibilitando relacionar a um dos dois efeitos que analisamos aqui.

Como mencionado anteriormente, na seção 5.1, a licencianda vem de um curso de Bacharelado em Física, com a maioria das disciplinas concluídas, por isso podemos supor que este discurso sobre as imagens poderem atrapalhar a aprendizagem de Física, tem como condição de

produção discursos que circularam nas disciplinas do Bacharelado. Esses discursos que circularam nas disciplinas podem ter produzido outros em que os sentidos são que as imagens são representações do real, sentido que comumente é atribuído nas disciplinas que utilizam conceitos da Física Clássica. E se vincularmos essa resposta com o que já foi analisado na resposta anterior dada à pergunta sobre a utilização de imagens como recurso didático contribuir para a aprendizagem de Física, veremos que o efeito de sentido da imagem se mantém como “imagem representa algo visível” que, de alguma forma, seria representar a realidade visível, um objeto visível, um objeto real.

Foi perguntado ao licenciando Lucas, por meio de questionário, se ele fosse ministrar conteúdos de FMC no Ensino Médio, quais as dificuldades que ele possivelmente encontraria, pedindo ainda para citar uma ou duas dificuldades e em seguida falar delas<sup>61</sup>. A resposta foi:

*Dificuldades visuais, pois alguns assuntos são abstratos como por exemplo, nanotecnologia, mas hoje em dia com os avanços tecnológicos, da internet, várias ferramentas se mostram práticas para tais representações. (Lucas)*

O texto do licenciando Lucas se relaciona com a resposta da pergunta 3 do questionário, dizendo “Sim, como dito anteriormente vários assuntos abstratos acabam tomando forma”. Observamos que no discurso é elencada uma principal dificuldade ao ministrar-se FMC no EM, nomeada como “Dificuldades visuais”. Esta dificuldade também é a citada na resposta à pergunta posterior. Nesse discurso, interpretamos que ocorre uma polissemia na palavra “abstrato”, produzindo ruptura do processo de significação, gerando ao menos dois efeitos de sentido diferentes para a frase: a) os assuntos de FMC são difíceis, com os mais variados graus de dificuldades, discurso já discutido na seção 5.3; b) os assuntos de FMC usam entidades Físicas não visuais. Essa polissemia só acontece porque a memória discursiva se relaciona com formações discursivas diferentes. Quando a palavra “abstrato” é utilizada em um contexto sócio-histórico em que estudantes tentam compreender algum conceito, o sentido é de dificuldade, por exemplo: “Não consigo entender o que é o *modelo padrão* de partículas elementares, isso é muito abstrato”.

---

<sup>61</sup> Pergunta original: “Se você fosse ministrar conteúdos de FMC no Ensino Médio, quais as dificuldades que você acha que encontraria? Cite uma ou duas dificuldades e fale um pouco sobre elas. ”

Já quando a palavra é utilizada em um contexto de tentativa de associar o que está sendo visualizado com alguma significação, o sentido é de abstração, leitura de uma imagem, por exemplo um estudante tentando entender a imagem de momentos após a “colisão” de feixes de prótons em um acelerador de partículas: “Estou vendo essas linhas, traços, mas não consigo abstrair o que é”. Dessa forma, a fala possibilita observamos dois discursos.

No segundo trecho da resposta do licenciando Lucas, foi escrito que “[...] hoje em dia com os avanços tecnológicos e da internet, várias ferramentas se mostram práticas para tais representações.” podemos identificar que esse discurso está inscrito na formação discursiva que “avanços tecnológicos possibilitam as diversas soluções”. Trocando o termo “tais representações” por qualquer outro problema da sociedade atual, encontraremos diversos discursos que, certamente, já ouvimos em outro lugar.

Na pergunta posterior, existe uma referência ao que já foi analisado, seguido do trecho que diz: “vários assuntos abstratos acabam tomando forma”. Desse trecho encontraremos uma dispersão de sentidos, a mesma polissemia causada pela palavra “abstratos”, do ponto de vista daqueles dois contextos, abstratos como “difíceis” e abstratos como “não visíveis”.

Ainda, acreditamos que o discurso, com suas regras próprias de funcionamento, está relacionando dificuldade com imagens de algumas entidades Físicas (em específico as que estão na ordem de grandeza do que é estudado na nanotecnologia), sendo que tal relação está explicitando um dos lugares de fala desse discurso: a sala de aula da disciplina de Metodologia de Ensino de Física. A resposta ocorreu logo após o pesquisador discutir o uso das imagens no ensino de Física (primeiro momento de investigação), em que um pesquisador irá ler essa resposta dada, e um professor poderá avaliar o licenciando mediante a leitura dessa resposta. Ou seja, uma das condições de produção deste discurso, como contexto imediato, é a própria disciplina de Metodologia de Ensino de Física. Aspecto que já analisado na seção 5.1 desta dissertação.

Na resposta do licenciando Geovane à pergunta 3, quando perguntado sobre a utilização de representações, imagens, como recurso didático para as aulas de Física poderia contribuir para a aprendizagem de Física pelos estudantes de Ensino Médio, é mencionado que a FMC é um “conteúdo muito abstrato”. Como analisado anteriormente, na seção 5.3, referente ao sentido de a FMC ser difícil, o elemento, palavra, “abstrato” gera uma polissemia, produzindo o sentido de que FMC é um tema difícil ou um tema com aspectos físicos não observáveis. Considerar os temas de FMC como temas não observáveis é também produzir o sentido de que

a imagem existe para representar a realidade. Mesmo que não esteja materializado que as imagens tenham relação com a realidade, o contexto no qual foi produzida essa resposta produz esse discurso sobre a imagem ser, representar, ilustrar a realidade. Comumente, encontramos essas palavras presentes em espaços de falas da sala de aulas de disciplinas da Licenciatura ou Bacharelado que abordam temas de FMC e também em espaços de fala da comunidade científica dessa área de conhecimento, ora com sentidos de “difícil”, ora com sentido de “não observável”.

Uma das condições de produção dos discursos da sala de aula da disciplina de Metodologia de Ensino de Física, que compõe as discussões analisadas aqui, é o texto de Moreira (2007). Os(as) licenciandos(as) leram, interpretaram e discutiram o artigo de Moreira (2007). Esse texto possibilitou que fossem trazidos à discussão os problemas epistemológicos de se representar partículas elementares como “bolinhas”. Um trecho dessa discussão foi:

[...]

**(B1) Tiago:** ... ele [autor do artigo] colocou... que ele usou Bachelard para trazer a questão do obstáculo epistemológico do coisismo e do choquismo.

**(B2) Geovane:** ...das representações, né? Grotescas...

**(B3) Professor:** Agora complica um pouco... Obstáculo epistemológico (repete a palavra enquanto escreve no quadro).

**(B4) Geovane:** Na realidade...

**(B5) Professor:** *Quê que é isso?*

**(B6) Geovane:** Na realidade essa parte até ficou meio vago pra mim porque... Eu não entendi se ela [imagem de partícula] é ... O problema dele [autor] era a representação disso [das partículas]? Ou se era tentar modelizar o que era a parte da Física de partículas?

**(B7) Professor:** Como assim?

**(B8) Geovane:** É por que... Na realidade... ele [autor] tenta... diz que nos livros... diz que a colisão é sempre elástica igual uma bola de bilhar. E que as partículas são pequenos pontos coloridos... O que eu não entendi...se ele [autor] estava querendo dizer isso na representação ou se o problema era na forma como eles [cientistas] estavam modelizando isso. Fica meio...[...]

Podemos observar que na fala B6 uma questão é formulada em diálogo entre licenciando e professor da disciplina, e na fala B8 é formulada uma explicação sobre a questão. Nessas falas (B6 e B8) materializa-se uma dubiedade referente às imagens de partículas e modelização das partículas. As falas demonstram incerteza sobre o que é imagem e o que é modelização. Podemos relacionar esse dois sentidos, se considerarmos que ao observarmos uma imagem, eu modelizarei o que eu observo, criarei uma imagem mental do que observei. Essas falas (B6 e B8) produzem o sentido de que imagem e modelização têm uma mesma significação. Interpretação possível, já que o artigo em questão tenta relacionar imagem com a modelização.

Novamente, nesse diálogo, materializa-se o efeito de que as imagens das partículas elementares têm uma relação com a realidade, a dubiedade materializada favorece interpretarmos isso.

Significar as imagens como realidade faz parte daquilo que discutimos para imagens de partículas elementares na seção 3.2 deste estudo, em que entendemos que o estudantes de Licenciatura aprendem primeiro temas da Física Clássica com imagens que são possíveis observar no dia a dia, para em seguida aprender FMC, onde as imagens não são imagens observáveis. Podemos pensar que existe uma memória discursiva que produz uma associação entre temas da Física Clássica e temas da FMC, em que se supõe imagens que funcionam de maneira similar: representando uma “realidade”.

Poderíamos inclusive dizer que esse é um obstáculo epistemológico que futuros docentes precisam compreender e superar, pois as modelizações são diferentes na Física Clássica e na FMC e as imagens também o são. Essa distância entre a representação do modelo por meio de imagem e o objeto em si, é uma característica encontrada na ciência, principalmente no conhecimento de partículas quânticas. Mas isso não significa que no conhecimento científico, a maneira de representar não se trate de algo “real”. Dizer que não é real, é considerar que existe o contraste do modelo teórico com o mundo tal qual percebemos e conhecemos. Como argumentado por Silva:

[...] as exterioridades dessas imagens, os objetos reais e objetos-modelo, não possuem o mesmo estatuto ontológico, ou seja, não são reais do mesmo modo, embora ambos sejam exterioridades de suas respectivas imagens. (SILVA, 2002, p. 80).

## 5.5 AS IMAGENS COMO MATERIALIDADE NÃO CIENTÍFICA

O licenciando Lucas respondeu à pergunta 4 (Você acredita que o uso de imagens pode atrapalhar a aprendizagem de Física no Ensino Médio? Justifique sua resposta. Caso você acredite, no que exatamente atrapalha? Dê um exemplo de uma situação didática em que isso aconteceria.) dizendo que o momento que as imagens atrapalham o ensino é quando estudantes não conhecem os assuntos, originalmente ficou materializado: “Talvez, caso os alunos nunca tenham tido uma primeira aproximação dos assuntos, no entanto, creio que é algo contornável com leituras e debates”. O discurso nessa resposta está dando indícios de que a imagem tem ligação com o conhecimento científico, ao mesmo tempo é produzido o efeito de sentido de que leituras de textos e debates são os responsáveis pelos estudantes aprenderem, pré-requisito para lerem imagens. Ou seja, se o estudante fizer leitura de textos e participar de debates, ele estará apto a interpretar imagens. O efeito de sentido produzido é que a imagem não ensina, mas textos e debates podem ensinar. Em virtude disso, podemos dizer que esse discurso está na mesma formação discursiva associada à concepção de que imagens têm apenas um significado para ser lido, e para ler é necessário ter o conhecimento físico prévio e pré-determinado. Existe um controle sobre a leitura da imagem que está em jogo.

Como o questionário foi respondido pelos(as) licenciandos(as) antes do segundo momento de investigação (aulas da Unidade de Ensino), houve tempo para os licenciandos poderem refletir sobre as relações entre as imagens e os conhecimentos científicos, para depois iniciarem as discussões em aulas posteriores. Além do que, antes do início das discussões, os licenciandos leram o artigo *A Física dos quarks e a epistemologia* (MOREIRA, 2007). Dessa forma, a discussão pode, ou não, apresentar aspectos diferenciados daquilo que se produziu nos questionários. Na primeira aula de discussão, terceiro momento de investigação (aula de debate e discussão), em um contexto onde se discutia sobre as partículas elementares serem representadas como bolinhas, ocorreu o seguinte diálogo:

[...]

**(C1) Francisco:** *É o que ele quer... Pelo que eu entendi, a crítica que ele faz com relação ao uso de imagem é porque dentro da teoria da mecânica quântica, não se faz uso de imagens. Não se faz uso de imagem, bolinha, isso e aquilo. Então, como é que você quer explicar uma teoria que é diferente das outras já partindo de coisas que nem existem nessa teoria, que é o uso de imagens?*

[...]

**(C2) Pesquisador:** *Mas muitas das imagens eles usam o diagrama de Feynman.*

**(C3) Francisco:** *É, mas aí, que imagem é aquela? O quê que ela está representando? Ela está representando uma interpretação do quê que vem a ser a interação. Não quer dizer que é uma onda. Não quer dizer que é uma partícula. Não quer dizer [...]. Aquele diagrama, cada parte do diagrama é uma equação. Então quando você vê a sequência de diagramas, na cabeça do Feynman aquilo era uma sequência de equações, é uma forma do físico fazer a leitura da interação, cada parte daquele desenho... quando você vai para o papel para fazer as contas, aquilo vira uma equação, então é uma representação meramente esquemática. Cada perna daquela ali é a parte de uma equação. Na cabeça do Feynman... isso aí... Que isso aí é chamado de formalismo de Feynman. Não é "como é a interação". É o formalismo que o Feynman inventou.*

[...]

**(C4) Francisco:** *Sim, aquela bolinha significa também uma fórmula matemática que você vai juntando a medida que você vai destrinchando o diagrama. Como é que é a representação do Heisenberg? É só matrizes. Como que é a representação de Schrodinger? Função de onda. Todas essas coisas são compatíveis. Só que a forma do cientista pensar o problema matematicamente, por Schrodinger era, mais conveniente, onda. Pro Heisenberg era matrizes, pro Feynman era diagrama de Feynman.*

**(C5) Geovane:** *Pois é... Mas é... Mas isso aí é pra quando... já... já... tá na pesquisa, mas o problema é que... mas isso não tá na cabeça do aluno.*

*(C6) Francisco: Sim... Não, não... Mas isso aí não é a imagem do que está acontecendo lá. Ninguém sabe o que acontece lá.*

*(C7) Geovane: Entendi, mas... quando está aprendendo alguma coisa tem que imaginar alguma coisa. Tem que imaginar tudo através de equações? Tudo bem...*

*(C8) Francisco: Mas tu não quer ensinar para o aluno as equações... os diagramas de Feynman. Não é esse o objetivo.*

*(C9) Geovane: Tu não quer, mas tu mostrar ilustrações [...]*

Em todas as falas que surgem nesse trecho materializam-se sentidos relacionados à problemática de se representar<sup>62</sup> partículas. Ambas as falas (C1 e C4) interpretam, trazendo a concepção, de que exista mais de uma possibilidade de tratarmos as partículas elementares. Na fala C3 do Francisco, mesmo que as partículas elementares sejam tratadas por equações, matrizes, diagramas ou bolinhas, estaríamos falando de entidades que estão relacionadas com um pensar matemático, uma linguagem matemática. A imagem, elaborada em diagrama, é como se fosse apenas mais uma forma de se representar o que também é representado por equações ou matrizes.

Ainda na fala C3, produz-se o sentido de que todas essas representações se tratam de formas que são escolhidas subjetivamente pelo sujeito, cientista, formas que o sujeito opta pela “mais conveniente” para ler sobre o conhecimento científico, sendo que ambas não são a realidade, são formas de se relacionarem com a teoria, segundo a materialidade da fala na forma de diagrama, por exemplo, “[...] está representando uma interpretação do quê que vem a ser a interação [entre partículas]”. De outro lado, está presente novamente o discurso de que as imagens propriamente ditas não materializam o conhecimento científico, apenas diagramas, equações e matrizes que conseguem fazer isso. Esse discurso, de certa forma, está presente no artigo de Moreira (2007), porém materializado de outra forma. Podemos dizer que a fala C3 é uma interpretação daquilo que está no texto de Moreira (2007).

Já na fala C7 do Geovane, é criada uma relação entre o que se aprende e as imagens que são criadas ou imaginadas. Poderíamos dizer que a fala está problematizando a linguagem que, principalmente, os

---

<sup>62</sup> Entende-se aqui, representar (representação) não meramente com imagem, mas sim por meio da linguagem matemática, gráfico ou esquemas.

físicos utilizam para tratar os temas da Física. Quando estudamos o tema de partículas elementares, é possível imaginar essas partículas, por meio de equações e matrizes, mas também podemos imaginar como sendo um objeto, com forma, que ocupa espaço, e para isso utilizamos ou não imagens. O discurso na fala C7 é o de que o estudante, professor ou físico, enfim, os sujeitos que estudam partículas elementares, precisam criar imagens, mesmo que mentais, para compreender esse tema. Sejam essas imagens científicas, ou não.

A tensão que esse diálogo está desenvolvendo está entre as diversas linguagens que são utilizadas para textualizar o conhecimento científico. Discute-se sobre a relação de poder que cada uma das linguagens tem na sociedade. Sabemos que quando o conhecimento científico, especificamente Físico, está materializado em texto ou equações, o reconhecimento perante a área é muito maior do que quando está materializado em forma de imagem. Nos temas de Física de Partículas, outras formas de textualizar o conhecimento científico possuem maior reconhecimento como tabelas, gráficos e o diagrama de Feynman, mas as imagens estão ausentes, silenciadas, como discutido na seção 3.1 desta dissertação.

Buscando por outros discursos que já foram formulados e que se relacionam com esse em análise, encontramos os discursos nas produções acadêmicas da área de Ensino de Física em que se estudam “analogias”. Lawson (1993), por exemplo, classifica os conceitos científicos em *conceitos descritivos* e *conceitos teóricos*. Um deles se refere aos que são de “fácil observação”, como objetos sólidos e líquidos, e o outros são conceitos teóricos de “difícil compreensão” por não serem observáveis. Sabemos que uma das condições de produção desses licenciados se configura pelas disciplinas que eles cursaram e que certamente dialogaram com discursos de produções acadêmicas. Alguns fragmentos desse diálogo se repetem quando encontramos nas falas os sentidos de que podemos tratar as partículas de “várias formas”.

Podemos observar, na resposta do licenciado Tiago à pergunta 4 sobre as imagens atrapalharem a aprendizagem de Física, que a última frase, na qual ele diz que “[...] algumas dessas [imagens] podem reforçar, quando mal utilizadas, concepções alternativas que os alunos trazem.”, é também o discurso que se remete ao uso da imagem ser capaz de gerar conhecimentos que não são científicos. Ressaltamos que esse discurso, no qual é relacionada a imagem com concepções alternativas, só é produzido porque circula nas disciplinas da Licenciatura em Física a significação de que ensinar Física é enfrentar as concepções alternativas dos estudantes.

Em outro trecho de diálogo, onde se discutiu sobre a utilização das imagens de “bolinhas” para se representar as partículas elementares, pode-se perceber que as imagens também têm o sentido de serem uma materialidade não científica:

[...]

**(D1) Pesquisador:** *Mas é isso que ele [autor] critica. Que você usou as bolinhas e isso, para o texto, é um obstáculo para entender o último tipo de átomo [de Schrodinger].*

**(D2) Bruna:** *Tá... mas é porque é desse jeito que eles [estudantes] aprendem...*

[...]

**(D3) Tiago:** *[...] Mas mesmo assim... A gente fica a maior parte do Ensino de Física, principalmente no Ensino Médio, falando... para toda partícula de maneira clássica... como... objeto pequeno. Daí como é que tu vai fazer isso aqui... Não... Isso aqui é uma partícula elementar, mas agora isso não é um objeto como você pensa. Ou seja, tu levou o aluno o tempo todo a essa... essa forma de pensar no que é uma partícula. Daí quando você fala "isso aqui é uma partícula, mas não é como você pensa". Qual a conclusão que está na cabeça dele [estudante]?*

**(D4) Francisco:** *Não, mas aí tem que cuidar com o significado da palavra partícula. Se você pegar o significado da palavra "momento"... para a Mecânica Quântica não é o mesmo significa que "momento" para a Física Clássica.*

**(D5) Tiago:** *O problema é assim... Até... Na verdade, mesmo que você mude o conceito e fale para eles [estudantes]. Eles vão dizer que entendeu e entendeu... Eles não entenderam.*

**(D6) Francisco:** *Ah não, mas aí é outra coisa.*

**(D7) Tiago:** *Não... Se fala uma partícula. Você vai dizer assim "entendeu o que é uma partícula?" [fala de um professor], "entendi... não, é uma bolinha mesmo" [fala de um estudante]. [...]*

**(D8) Geovane:** *A gente vai explicar pro amigo dele: "não"... "é uma bolinha mesmo".*

**(D9) Francisco:** *É o que ele quer... Pelo que eu entendi, a crítica que ele faz com relação ao uso de imagem é porque dentro da teoria da mecânica*

*quântica, não se faz uso de imagens. Não se faz uso de imagem, bolinha, isso e aquilo. Então, como é que você quer explicar uma teoria que é diferente das outras já partindo de coisas que nem existem nessa teoria, que é o uso de imagens?*  
[...]

Vejam o que foi materializado na fala D9, o sentido produzido mentares poderemose eeens de eo de Fgens de e de Fgens de. Como foi identificado na *sejamo3.1* as imagens sobre partrializado na fala D9, o sentido produzido mentares poderemose eeens de eo de Fgens de e de Fgens de. Como foi identificado na mentares poderemos perceber que as O discurso da fala D9 se relaciona com discursos que consideram, por exemplo, imagens utilizadas na divulgação científica ou em livros didáticos como não sendo um texto científico.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Identificamos que as imagens de partículas elementares não parecem circular em artigos científicos da área, concluindo que ocorre um silenciamento dessas imagens nas textualizações desses artigos, ou seja, a linguagem é materializada apenas em forma de texto e elementos matemáticos. O silêncio dessas imagens pode estar relacionado com as instituições que envolvem a produção desses artigos. Tal investigação foi preliminar e merece maiores aprofundamentos. Por outro lado, conseguimos perceber que as imagens sobre partículas elementares circulam em certos livros acadêmicos, em livros didáticos do PNL D de 2015 e na rede de Internet. Podemos concluir que essas imagens de partículas elementares estão circulando em grande quantidade, compondo sócio-historicamente uma memória discursiva naqueles que irão ler imagens sobre partículas elementares.

Encontramos indícios de regularidades nas imagens que circulam sobre partículas elementares, muitas delas apresentam a tabela do *modelo padrão* das partículas elementares ou que levam do átomo ao elétron, próton e *quark*, muitas representando-as como esferas, “bolinhas”, objetos com forma e tamanho. Justamente imagens que Moreira (2007) e outros pesquisadores em ensino, defendem que podem produzir os sentidos que essas partículas são clássicas, que a Mecânica Clássica é responsável por explicar os fenômenos entre essas partículas.

Por outro lado, foi possível analisar imagens que foram textualizadas de formas diferentes dessa regularidade da representação por “bolinhas”, esferas, como as imagens ilustradas no livro de Abdalla (2006). As partículas, nesse livro são representadas como “monstrinhos”, muito parecidos com as bactérias que são ilustradas em comerciais de creme dental. Porém, todas essas representações de partículas possuem características que tentam relacionar suas formas visuais com suas propriedades. Apresentamos alguns efeitos que são produzidos por essas representações das partículas elementares e sinalizamos que futuras pesquisas podem analisar melhor cada aspecto textualizado que é encontrado nesse livro.

As imagens têm uma presença muito marcante dentre as formas simbólicas que circulam em nossa cultura, pudemos mostrar que não é possível ignorar a necessidade de refletirmos sobre as possibilidades e desafios da utilização de imagens no Ensino de FMC e, principalmente, no Ensino de Física Quântica e Física de Partículas. É necessário perceber que, em se tratando do escopo da representação imagética, existem duas formações discursivas dentro de um mesmo momento histórico, aquela

relacionada à Física Clássica e aquela relacionada à Física Quântica que, do ponto de vista epistemológico, não estão em continuidade, como vimos com Bachelard. Dessa forma, o funcionamento de representações imagéticas com a existência de múltiplos efeitos de sentido, pode ser considerada aceitável, principalmente no ambiente escolar. Do ponto de vista discursivo, identificamos que estamos tratando da existência de uma “memória” que inclui aqueles conceitos que estão no momento histórico da Física Clássica e uma “atualidade” que inclui os conceitos que estão no momento histórico da Física de Partículas. Relação essa entre memória e atualidade (ORLANDI, 2004).

Essa problemática foi tratada no âmbito da formação inicial de professores, constituindo momentos de investigação no contexto da disciplina de Metodologia de Ensino de Física: uma aula sobre o funcionamento de imagens no ensino de Física, considerando sua dimensão discursiva e epistemológica as aulas da Unidade de Ensino sobre partículas elementares e as aulas de discussão sobre o uso de imagens no ensino de partículas elementares. Os resultados das análises mostram que esses três momentos foram importantes, pois as situações didáticas criadas deram conta de gerar discussões que proporcionaram a reflexão sobre aspectos relevantes para a formação dos futuros professores de Física, como o uso de imagens e os obstáculos epistemológicos devido a esse uso.

Investigamos, de um lado, como são produzidos efeitos de sentido em aulas de Metodologia de Ensino de Física de uma Licenciatura em Física sobre o ensino de partículas elementares no Ensino Médio e, de outro, como esses efeitos de sentido se relacionam com o conhecimento científico em questão, dadas suas características epistemológicas, e com as imagens associadas a esse ensino de partículas elementares. Nessa investigação, articulamos elementos em uma Unidade de Ensino de partículas elementares para o Ensino Médio, o desenvolvimento dessa proposta com os(as) licenciandos(as) e a criação de um espaço de discussão. Possibilitamos, com isso, que os elementos da Unidade de Ensino, o uso e funcionamento de imagens e os obstáculos epistemológicos envolvidos fossem os principais temas discutidos pelos(as) licenciandos(as).

Com base nos resultados dessa pesquisa, somos levados a acreditar que se fazem necessários outros espaços além do espaço da disciplina de Metodologia de Ensino de Física para que licenciandos possam refletir sobre a relação entre imagem, conhecimento e ensino, ou imagem e conhecimento físico. Em disciplinas como de “Introdução a Física Moderna” é possível que sejam discutidos aspectos epistemológicos

juntamente com aspectos do funcionamento dos textos e imagens na ciência. Dessa forma, trabalhando discussões como a que se realizou nessa disciplina na formação inicial, será possível aumentar as possibilidades de temas como partículas elementares serem trabalhos por futuros(as) professores(as).

A Unidade de Ensino que utilizamos com os licenciandos, descrita na seção 4.3.2 deste estudo, e em síntese no APÊNDICE A, forneceu-nos pistas de como podemos trabalhar as imagens em aulas para o Ensino Médio. Diríamos que, com base nos resultados, acreditamos ser necessário repensá-la em alguns aspectos, inserindo, por exemplo, mais atividades específicas para se trabalhar a imagem com estudantes, para que se consiga discutir obstáculos epistemológicos – como a noção de coisismo e choicismo – e as imagens sobre partículas elementares que circulam na sociedade como um todo. De forma que não é possível ignorar que as imagens no Ensino de Física Moderna e, principalmente, no Ensino de Física Quântica e Física de Partículas têm ao menos o duplo “efeitos de sentido” em que se relacionam memórias discursivas sobre a Física Clássica e memórias discursivas da Física de Partículas.

Podemos perceber que a disciplina de Metodologia de Ensino de Física se constitui em um espaço de fala determinado, no qual, principalmente, a posição discursiva é daquela em que se precisa refletir sobre aspectos da prática do professor. Arriscamos a dizer que esse sujeito discursivo é próprio da disciplina, ou seja, outras disciplinas de um curso de Licenciatura em Física não apresentarão esse mesmo sujeito discursivo. Esse sujeito questiona livremente a prática docente, dialoga com o conhecimento Físico, encontra limitações nas metodologias, o dito deriva sentidos de modo equivalente a outras falas feitas dessa posição de licenciando(a). Porém, também é permitido nesse espaço de fala da disciplina a posição discursiva de professor.

Percebemos que nas respostas estiveram presentes discursos em que a imagem tem um sentido de metodologia. Ocorrendo o apagamento da significação da especificidade das imagens enquanto objetos simbólicos. Esses sentidos, certamente, foram produzidos quando se considerou que as imagens têm um papel de simplificação de conteúdos. Mas também pudemos perceber outro discurso interessante, o discurso de que as imagens estão situadas entre várias metodologias e que existe uma relação entre a metodologia que o professor utiliza e a forma como os estudantes aprendem, em que alguns estudantes aprendem melhor com uma metodologia ou recurso do que com outro(a), mostrando que estudantes não aprendem de mesma forma.

Constatamos discursos nos quais as imagens das partículas

elementares têm uma relação com a realidade, em que ora teria a função de *ser* a realidade, ora de *representar* e ora de *ilustrar*. Entendemos que essa significação se produz, pois os sujeitos empíricos, licenciandos(as), no Ensino Médio e, posteriormente, na Licenciatura, aprendem primeiro temas da Física Clássica com imagens que são possíveis de se observar no dia a dia, para em seguida aprenderem FMC, em que objetos não são imagens observáveis. Assim, podemos identificar que existe uma memória discursiva que produz uma associação entre temas da Física Clássica e temas da FMC, em que se supõem imagens que funcionam de maneira similar: representando uma “realidade”.

Identificamos discursos sobre o uso de imagem ser capaz de gerar conhecimentos que não são científicos. Algumas falas produziram o efeito de sentido de que a imagem não ensina, mas textos e debates podem ensinar. Junto a esse efeito de sentido, produziu-se o sentido de que imagens seriam transparentes, ou seja, que têm apenas um significado para ser lido e de que para que seja possível ler seja necessário ter o conhecimento físico pré-determinado.

Verificamos nas respostas às perguntas do questionário, o sentido de que a FMC é difícil de se ensinar e aprender, discurso que fala antes em outro lugar, independentemente, ou seja, sobrevive os vários espaços de fala e perpassa as falas que analisamos. Porém, mesmo que esse discurso enraizado tenha surgido na disciplina de Metodologia de Ensino de Física, houve espaço para discursos que afirmaram o oposto, indicando a possibilidade de exploração importante na metodologia da disciplina.

Embora este trabalho tenha identificado alguns efeitos de sentido, alguns discursos sobre as imagens, indícios de como esses discursos circulam e relacionam-se com outros discursos, existe a perspectiva de ampliar essa análise, aumentando o período histórico pelo qual se investiga a circulação e a relação com outros discursos.

Entendemos que este trabalho mostra a relevância de pensarmos o funcionamento do texto e da imagem no âmbito escolar. Como mencionado por Silva (2006, p. 72), o texto e as imagens “são produzidos histórico-socialmente como parte da cultura humana e distribuem-se, circulam e funcionam de formas desiguais”, indicando que sua circulação e funcionamento sejam elementos importantes a serem considerados nas reflexões sobre ensino e educação científica, e, portanto, na formação inicial de professores. Assim, o que desenvolvemos possibilitou aos(às) licenciandos(as) pensarem sobre o funcionamento do texto e imagem no âmbito de aulas de Física do Ensino Médio, contribuindo com a formação dos(as) licenciando(as) e, possivelmente, com o ensino de Física que esses(as) licenciandos(as) irão produzir.

## REFERÊNCIAS

ABDALLA, M. C. B. **O discreto charme das partículas elementares**. 1. ed. São Paulo: Editora UNESP, 2006-a. 344p.

ARAÚJO, M. C.; HOSOUME, Y. A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: algumas tendências da última década. In: **XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: SBF, 2013.

BACHELARD, G. **A epistemologia**. Tradução de GODINHO, F. L.; OLIVEIRA, M. C. L'epistemologie (1971). Lisboa: Edições 70, 2006.

\_\_\_\_\_. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução de ABREU, E. S. La Formation de l'esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance (1938). Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, DF, 1999.

BROCKINGTON, G. A. 2005. **Realidade escondida**: a dualidade onda-partícula para alunos do Ensino Médio. Dissertação (Mestrado)-IF/FE-USP, São Paulo, 2005.

CARVALHO, F. R.; ALLEN, M. P. Análise dos conteúdos de Física nuclear em livros de Ensino médio. In: **XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: SBF, 2013.

CAVALCANTE, A. L. B. L. et al. Epistemologia da Imagem: o concreto, o abstrato e a metáfora das imagens de uma organização. In: **Projética**, v. 3, p. 183-192, 2012.

DOMINGUINI, L. 2010. **O conteúdo Física Moderna nos livros didáticos do PNLEM**. Dissertação (Mestrado)- Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Educação, Criciúma (SC), 2010.

DOMINGUINI, L.; MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L. Novas abordagens do conteúdo Física Moderna no Ensino Médio público do Brasil. In: **IX SEMINÁRIO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO DA REGIÃO SUL**, 2012, Caxias do Sul. Anais... Caxias do Sul: UCS, 2012. p. 1-15.

GARCIA, R. **Bóson de Higgs é eleito a descoberta do ano pela "Science"**. Folha de São Paulo, São Paulo, 21 dez. 2012. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/1204592-boson-de-higgs-e-eleito-a-descoberta-do-ano-pela-science.shtml>>. Acesso em: 10 jul. 2013.

GOMES, G. S. et al. Usando o modelo padrão de partículas para discutir radioatividade: relato da experiência de pibidianos. In: **XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: SBF, 2013.

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomo. In: **Ciências & Cognição**, v. 12, 2007, p. 96-109.

GREGOLIN, M. R. Formação discursiva, redes de memória e trajetórias sociais de sentido: mídia e produção de identidades. In: **II SEMINÁRIO DE ANÁLISE DO DISCURSO**, 2005, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: UFRGS, 2005.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 3. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1995. 257p.

LAWSON, A. E. The importance of analogy: a prelude to the special issue. In: **Journal of Research in Science Teaching**, v. 30, n. 10, p. 1213-1214, 1993.

LUZ, W. M.; HIGA, I. Reflexões sobre propostas de ensino de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio. In: **XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: SBF, 2013.

MAIA, M. C. 2011. **Uma abordagem do Modelo Padrão da Física de Partículas acessível a alunos do Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática)- Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2011.

MANGUEL, A. **Lendo imagens: uma história de amor e de ódio**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001. 358p.

MARTIN, G. F. S. 2005. **A Física de Partículas Elementares nos Cursos de Licenciatura em Física**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

MARTINS, I.; GOUVEA, G.; PICCININI, C. Aprendendo com imagens. In: **Cienc. Cult.** [online], v. 57, n. 4, oct./dec. 2005, [cited 16 August 2007], p. 38-40. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php>>.

MONTEIRO, M. A. 2010. **Discursos de professores e de livros didáticos de Física do nível médio em abordagens sobre o ensino da Física Moderna e contemporânea: algumas implicações educacionais**. Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, Bauru, 2010.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; FILHO, J. B. B. Impedimentos para alguns professores da Educação básica introduzirem a Física Moderna e Contemporânea em suas programações de ensino: desencontros entre as diretrizes formativas e o contexto da atuação dos professores. In: **XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: SBF, 2013.

MOREIRA, M. A. Partículas e interações. In: **Física na Escola**, v. 5, n. 2, 2004. p.10-14.

\_\_\_\_\_. A Física dos Quarks e a Epistemologia. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 161-173, 2007.

\_\_\_\_\_. **Física de Partículas: uma abordagem conceitual & epistemológica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

NETO, J. T. J.; SILVA, H. C. A problemática da representação de partículas elementares: A construção de um átomo. In: **XXI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2015, Uberlândia, MG. Anais... Uberlândia: SBF, 2015.

\_\_\_\_\_. A textualização da Física de partículas em um livro de divulgação científica. In: **XV ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA**, 2014, Maresias, São Sebastião, SP. Anais... São Sebastião, SP: SBF, 2014.

ORLANDI, Eni P. **Análise de discurso**: princípios e procedimentos. 11. ed. Campinas, SP: Pontes Editores, 2013.

\_\_\_\_\_. **As formas do silêncio**: no movimento dos sentidos. 6. ed. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2007.

\_\_\_\_\_. **Interpretação**: autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico. 4. ed. Campinas: Pontes, 2004.

OSTERMANN, F. A epistemologia de Kuhn. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 13, n. 3, p. 184-196, 1996.

\_\_\_\_\_. Um texto para professores do Ensino Médio sobre partículas elementares. In: **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 3, p. 415-436, set. 1999.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. In: **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, mar. 2000.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. Relatividade restrita no Ensino Médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e a aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. In: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 2, p. 176-190, 2002.

PAGLIARINI, C. R.; PEREIRA, A. G.; ALMEIDA, M. J. P. M. O efeito fotoelétrico em livros didáticos do PNLD 2012. In: **XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: SBF, 2013.

PEREIRA, J. M.; LONDERO, L. O ensino de partículas elementares por meio da Leitura de “Alice no país do quantum”. In: **XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: SBF, 2013.

PESSANHA, M.; PIETROCOLA, M.; COUSO, D. Obstáculos epistemológicos no estudo de modelos atômicos com o uso de simulações computacionais. In: **XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: SBF, 2013.

PIETROCOLA, M.; OLIVEIRA, R. C. A. Análise do sucesso das estratégias e recursos didáticos utilizados em uma proposta curricular de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio. In: **V ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS**, 2005, Bauru, SP. Anais... Bauru: ABRAPEC, 2013.

PIETROCOLA, M. Modern Physics in Brazilian Secondary Schools. In: **International Conference on Physics Education**, 2005. Anais... Nova Delhi: ICPE, 2005.

PINHEIRO, L. A. 2011. **Partículas elementares e interações fundamentais no Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

POTENZA, B. G. G. A. 2011. **Formação de professores e a Física Moderna: articulações para um desempenho autônomo**. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

PRESSE, F. **Neutrinos voltam a superar velocidade da luz**. Folha de São Paulo, São Paulo, 18 nov. 2011. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/1008357-neutrinos-voltam-a-superar-velocidade-da-luz.shtml>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

REZENDE JR., M. F.; CRUZ, F. F. S. Física Moderna e Contemporânea na formação de licenciandos em Física: necessidades, conflitos e perspectivas. In: **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 305-21, 2009.

SHINO, H. S. et al. Uma proposta para sala de aula sobre a Física nuclear e a Física de partículas. In: **XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: SBF, 2013.

SILVA, H. C. 2002. **Discursos escolares sobre gravitação newtoniana: textos e imagens na Física do Ensino Médio**. Tese (doutorado em Educação). Campinas, SP: Faculdade de Educação – Unicamp, 2002.

\_\_\_\_\_. Lendo imagens na educação científica: construção e realidade. In: **Pro-Posições**, Campinas (SP), v. 17, n. 1(49), p. 71-83, (UNICAMP. Impresso) 2006.

\_\_\_\_\_. Ciência, política, discurso e texto: circulação e textualização: possibilidades no campo da educação científica e tecnológica. In: **Ciência & Ensino**, v. 3, n. 1, Especial 18 anos do gepCE, 2014. p.72-94.

SILVA, L. G.; NEY, W. G. Partículas Elementares no Ensino Médio: uma análise de livros didáticos e paradidáticos em Física e Química. In: **XX SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA**, 2013, São Paulo. Anais... São Paulo: SBF, 2013.

SIQUEIRA, M. R. 2012. **Professores de Física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de Física Moderna e contemporânea**. Tese (Doutorado)- Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SORPRESO, Thirza P. 2008. **Organização de episódios de ensino sobre a “questão nuclear” para o Ensino Médio: foco no imaginário de licenciandos**. Dissertação (Mestrado)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008.

SOUSA, W. B. 2009. **Física das radiações: uma proposta para o Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado)- Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – IF/IQ/FE USP, São Paulo, 2009.

TERRAZZAN, Eduardo A. 1994. **Perspectivas para a inserção de Física Moderna na escola média**. Tese (Doutorado)- Curso de Pós-Graduação em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

TELLEZ, I. R. Discursos de licenciandos sobre a relação história da Ciência, ciência e ensino. In: **XI CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO**, 2013, Curitiba. Anais... Curitiba: EDUCERE, 2013.



## APÊNDICES

### APÊNDICE A – QUADRO SINTÉTICO DA UNIDADE DE ENSINO

AULA	TEMA	RECURSOS E ATIVIDADES
<b>PARTE 1 (3 aulas):</b> 1) Introdução a partículas elementares. Conceitos Básicos. Como detectar uma partícula?		
1	1) Introdução a partículas elementares	<p><b>Textos principais:</b> Texto 1 - Fragmentos de Pietrocola et al. (2010)* e H. D. Young e R. A. Fredman (2009)**.</p> <p><b>Material multimídia:</b> <u>Apresentação de slide 1</u> – <i>PowerPoint</i> com texto, imagens, gráficos, equações e animações.</p> <p><b>Vídeo:</b> <u>Vídeo da aula 1</u> - Fragmentos do Programa produzido para o Curso de Licenciatura em Ciências da USP/Univesp TV “Partículas Elementares”. (Disponível em:  <a href="http://www.youtube.com/watch?v=bpK4bDAm58s">http://www.youtube.com/watch?v=bpK4bDAm58s</a> ).</p> <p><b>Software:</b> <u>Software 1</u> - Escala do Universo (Disponível em:  <a href="http://education.web.cern.ch/education/Chapter2/Teaching/PP.html">http://education.web.cern.ch/education/Chapter2/Teaching/PP.html</a> )</p> <hr/> <p><b>Atividades e estratégias:</b>            Usar a apresentação de slides para lecionar a sequência da aula. Mostrar um vídeo que trata de modo resumido e amplo o tema. Utilizar um software para descrever a ordem de grandeza que será estudada. Por fim, fazer a leitura de trechos do Texto 1 e lançar as perguntas do questionário ao final do Texto 1.</p>
2	2) Conceitos Básicos	<p><b>Textos principais:</b> Texto 2 - Fragmentos de Pietrocola et al. (2010)* e H. D. Young e R. A. Fredman (2009)**.</p> <p><b>Material multimídia:</b> <u>Apresentação de slide 2</u> - <i>PowerPoint</i> com texto, imagens, gráficos, equações e animações.</p>

		<p><b>Atividades e estratégias:</b> Usar a apresentação de slides para lecionar a sequência da aula. Expor em forma dialogada os conceitos básicos, pré-requisitos para o entendimento das classificações das partículas.</p>
3	3) Como detectar uma partícula?	<p><b>Textos principais:</b> Texto 3 - Fragmentos de Pietrocola et al., (2010)* e H. D. Young e R.A. Fredman (2009)**.</p> <p><b>Material multimídia:</b> Apresentação de slide 3 - <i>PowerPoint</i> com texto, imagens (dos aceleradores de partículas), gráficos, equações e animações.</p> <p><b>Vídeo:</b> Vídeo da aula 3 - Sobre a infraestrutura do LHC do CERN e os principais objetivos da realização do experimento da colisão de dois prótons. Apresentação do documentário <i>The Large Hadron Collider (LHC) - The Big Bang Experiment</i>. (Disponível em: &lt;<a href="http://www.youtube.com/watch?v=TgWd_O8juoU">http://www.youtube.com/watch?v=TgWd_O8juoU</a>&gt;).</p> <p><b>Software:</b> Software 2 - Mostra os traços das partículas no LHC do CERN até o momento de sua colisão. Software 3 - Mostra a infraestrutura dos detectores e aceleradores do LHC do CERN.</p> <p><b>Atividades e estratégias:</b> Usar a apresentação de slides para lecionar a sequência da aula. Mostrar fotos para ilustrar a arquitetura dos detectores, e mostrar um vídeo sobre o LHC de Genebra. Utilizar o software para mostrar como funciona um acelerador de partículas.</p>
<p><b>PARTE 2 (2 aulas):</b> Classificações das partículas e o <i>Modelo padrão</i></p>		
4	4) Classificação das partículas 4.1) Férmions 4.2) Decaimento de partículas	<p><b>Textos principais:</b> Texto 4 - Fragmentos de Pietrocola et al. (2010)* e H. D. Young e R.A. Fredman (2009)**.</p> <p><b>Material multimídia:</b> Apresentação de slide 4 - <i>PowerPoint</i> com texto, imagens, gráficos, equações e animações.</p>

	4.3) Leis de conservação	<p><b>Atividades e estratégias:</b> Usar a apresentação de slide para lecionar a sequência da aula. Aplicar os 3 primeiros exercícios da Atividade da aula 4 após a explicação das classificações das partículas e regras da formação de partículas não elementares. A atividade aplica a regra da carga elétrica e carga-cor. Demonstrar decaimento de partículas e aplicar o quarto exercício da Atividade da aula 4.</p>
5	5) Classificação das partículas 5.1) Bósons 5.2) O Bóson de Higgs 5.3) O <i>Modelo padrão</i>	<p><b>Textos principais:</b> Texto 5 - Fragmentos de Pietrocola et al. (2010)* e H. D. Young e R. A. Fredman (2009)**.</p> <p><b>Material multimídia:</b> Apresentação de slide 5 - <i>PowerPoint</i> com texto, imagens, gráficos, equações e animações.</p> <p><b>Vídeo:</b> Vídeo da aula 5 - Fragmento do documentário <i>Universo elegante – Teoria de cordas</i>, escrito por Bryan Greene. (Disponível em: &lt;<a href="http://www.youtube.com/watch?v=HaIrVOY0tDY">http://www.youtube.com/watch?v=HaIrVOY0tDY</a>&gt;).</p> <hr/> <p><b>Atividades e estratégias:</b> Usar a apresentação de slides para lecionar a sequência da aula. Aplicar a Atividade da aula 5 após explicar as classificações das partículas no <i>modelo padrão</i>. A atividade tem como objetivo fazer o estudante pensar sobre como é formado o átomo com as partículas elementares. Usar o vídeo para demonstrar o contexto em que foi criado o <i>modelo padrão</i> e os principais conceitos.</p>
<p><b>PARTE 3 (2 aulas):</b> O impacto científico do Bóson de Higgs e avaliação</p>		
6	6) O impacto científico do Bóson de Higgs	<p><b>Textos principais:</b> Texto 6 - Reportagens sobre a divulgação da descoberta do <i>Bóson</i> de Higgs. E sobre o Prêmio Nobel 2013.</p> <p><b>Material Multimídia:</b> <u>Apresentação de slide 6 - <i>PowerPoint</i></u> com texto, imagens e animações.</p> <p><b>Vídeo:</b> <u>Vídeo da aula 6</u> - Reportagens apresentadas no Jornal Nacional da emissora da Globo, em setembro de 2012. (Disponível em:</p>

		<a href="http://www.youtube.com/watch?v=2myh4qUw6AY">http://www.youtube.com/watch?v=2myh4qUw6AY</a> >).
		<b>Atividades e estratégias:</b> ler com os estudantes os dois textos da Folha de São Paulo, e ao final debater a perspectiva que o texto aborda do ponto científico. Usar a apresentação de slides para lecionar a sequência da aula. Mostrar um vídeo do dia em que o Bóson de Higgs foi anunciado no Brasil como sendo descoberto no CERN. Debater sobre a evolução da ciência.

7	Avaliação	Apresentação dos estudantes sobre a atividade da aula 5 de forma sucinta.
		<b>Atividades e estratégias:</b> Os estudantes deverão expor o átomo que foi criado. Ao final o professor irá discutir com os estudantes a forma como o átomo foi representado e o <i>modelo padrão</i> . Por fim ele fará um encerramento da aula.

\*(Texto com poucas modificações se comparado ao original. Na versão dirigida para os estudantes não foram inseridas as citações, na tentativa de caracterizar como um material didático)

\*\* (Foram extraídas pequenas informações desse livro e não foram usadas citações nos textos destinados aos estudantes, na tentativa de caracterizar um material didático)



## APÊNDICE B – COLAGENS REALIZADAS PELOS LICENCIANDOS

Figura 1- Imagem do átomo Hidrogênio criada pelos licenciandos, grupo 1



Fonte: elaborado pelos alunos.

Figura 2 - Imagem do 1.gdo.Hidrogalada pelos licenciandos, grupo 2



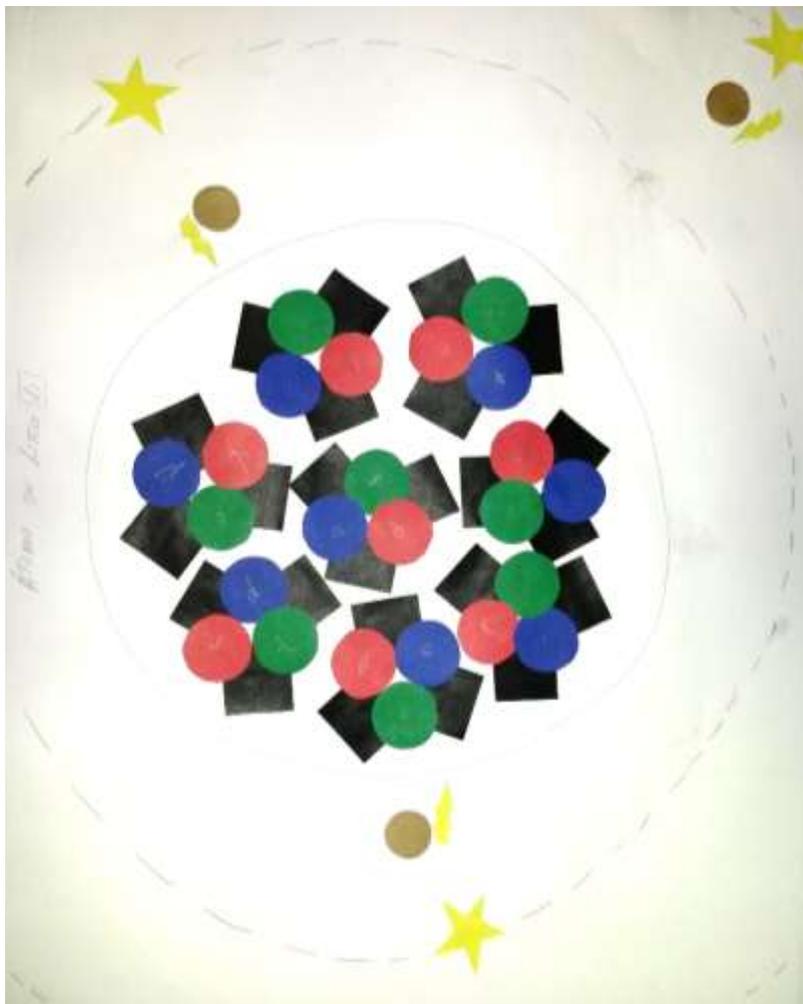
Fonte: elaborado pelos alunos.

Figura 3 - Imagem do átomo Lítio criada pelos licenciandos, grupo 3



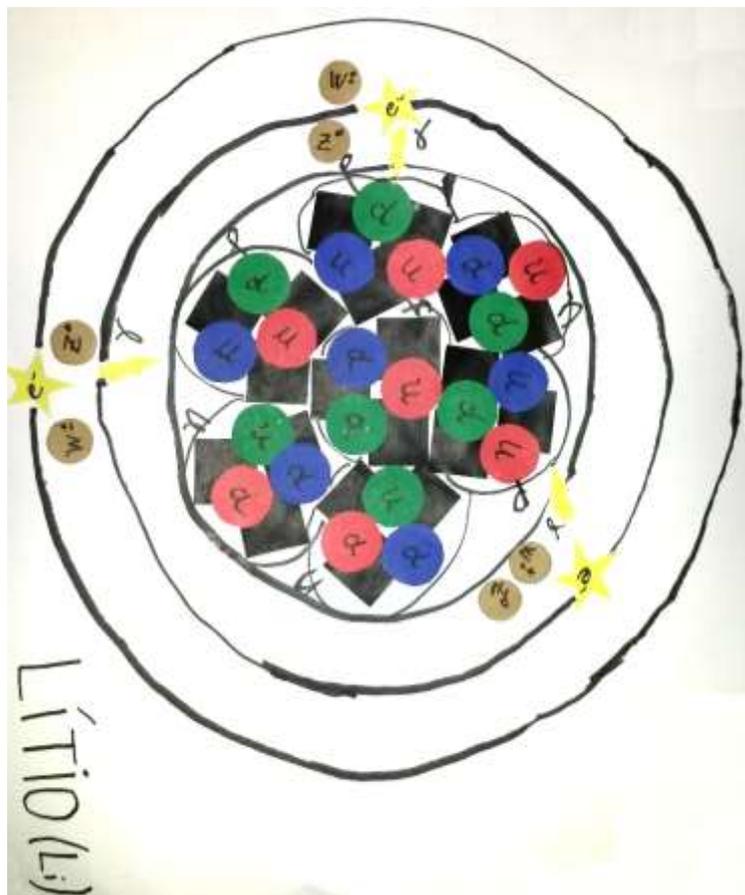
Fonte: elaborado pelos alunos.

Figura 4 - Imagem do átomo Lítio criada pelos licenciandos, grupo 4



Fonte: elaborado pelos alunos.

Figura 5 - Imagem do átomo Lítio criada pelos licenciandos, grupo 5



Fonte: elaborado pelos alunos.



**ANEXOS**

**ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E  
ESCLARECIDO**



## **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

Prezado(a) Senhor(a)

Gostaríamos de convidá-lo a participar de nosso estudo **Retratos de desafios da formação inicial de licenciandos em Física para o ensino de partículas elementares no Ensino Médio**, que tem como objetivo descrever como os enfrentamentos de Licenciandos de Física encontrados na sua formação inicial ao refletir sobre o ensino de “Partículas elementares” no Ensino Médio, influencia-os a pensar na relação entre imagens, conhecimento científico e ensino de Partículas Elementares.

A pesquisa, utilizando a metodologia de questionários, filmagens, gravações, consistirá na realização de uma intervenção pedagógica por meio de uma sequência didática, com o tema Partículas elementares para o Ensino Médio, junto aos participantes do estudo, e posterior análise dessa aplicação por meio de consulta ao material colhido (questionário, filmagens, gravações). Será conduzida dessa forma, pois pretendemos: conhecer dificuldades dos Licenciandos no entendimento dos conceitos que abrangem o tema Partículas elementares e como isso possivelmente influencia nas suas decisões sobre o ensino desse tema; articular elementos de uma proposta de ensino de Partículas elementares para o Ensino Médio, com base na literatura da área visando a discussão desses elementos com os licenciandos; apontar ideias dos Licenciandos quanto a relação entre imagens, conhecimento científico e ensino de “Partículas elementares”; identificar ideias dos Licenciandos sobre as possibilidades e limites de aplicar essa sequência didática no Ensino Médio e os pressupostos, representações que subjazem essas ideias; identificar e compreender as possíveis relações entre concepções curriculares dos Licenciandos e suas ideias sobre o ensino de Partículas elementares.

Trata-se de uma Dissertação desenvolvida pelo pesquisador **Jonathan Thomas de Jesus Neto**, orientado pelo Prof. Dr. Henrique Cesar da Silva, do Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina.

A qualquer momento da realização desse estudo qualquer participante/pesquisado(a) envolvido poderá receber os esclarecimentos adicionais que julgar necessários. Qualquer participante selecionado(a) poderá recusar-se a participar ou retirar-se da pesquisa em qualquer fase da mesma, sem nenhum tipo de penalidade, constrangimento ou prejuízo aos mesmos. Ao participar da pesquisa, o participante estará sujeito a possibilidade de riscos à dimensão psíquica, moral, intelectual, social ou cultural, estes não podem ser previstos, mas caso ocorra constrangimentos, ou outros danos associado a pesquisa, o pesquisado pode pedir para se retirar-se da pesquisa ou pedir explicações junto aos pesquisadores. O sigilo das informações será preservado através de adequada codificação dos instrumentos de coleta de dados. Especificamente, nenhum nome, identificação de pessoas ou de locais interessa a esse estudo.



Todos os registros efetuados no decorrer desta investigação serão usados para fins unicamente acadêmico-científicos e apresentados na forma de Dissertação, ou artigo científico, não sendo utilizados para qualquer fim comercial.

Em caso de concordância com as considerações expostas, solicitamos que assine este “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” no local indicado a seguir. Desde já agradecemos sua colaboração e nos comprometemos com a disponibilização à instituição dos resultados obtidos nesta pesquisa, tornando-os acessíveis a todos os participantes. E espera-se que com essa pesquisa possa-se fazer uma reflexão sobre a formação de Licenciandos em Física, principalmente para o qual esteja preparado para desenvolver sequências didáticas de Física Moderna e Partículas elementares no Ensino Médio.

Este termo foi elaborado de acordo com as diretrizes e Normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos, que consta na Resolução CNS Nº 466/2012.

---

JONATHAN THOMAS DE JESUS NETO  
Pesquisador  
Mestrando do Programa de Pós-graduação em  
Educação Científica e Tecnológica

---

Prof. Dr. HENRIQUE CESAR DA SILVA  
Orientador  
MEN/CED/UFSC

---

Eu, \_\_\_\_\_, assino o termo de consentimento, após esclarecimento e concordância com os objetivos e condições da realização da pesquisa **Retratos de desafios da formação inicial de licenciandos em física para o ensino de partículas elementares no Ensino Médio**, permitindo, também, que os resultados gerais deste estudo sejam divulgados sem a menção dos nomes dos pesquisados.

Florianópolis, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2013.

---

Assinatura do Pesquisado(a)

Qualquer dúvida ou maiores esclarecimentos, entrar em contato com os responsáveis pelo estudo:  
**e-mail:** [jonathantjneto@gmail.com](mailto:jonathantjneto@gmail.com) **Telefone:** 047-8827-5760  
**e-mail:** [henriquecsilva@gmail.com](mailto:henriquecsilva@gmail.com)

**Comitê de Ética da UFSC:** (48) 3721-9206



## ANEXO B – QUESTIONÁRIO



Questionário 1

1- Você pensa ser possível lecionar tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio? Justifique sua resposta.

2- Se você fosse ministrar conteúdos de FMC no Ensino Médio, quais as dificuldades que você acha que encontraria? Cite uma ou duas dificuldades e fale um pouco sobre elas.

3- Você acha que utilizar representações, imagens, como recurso didático para as aulas de Física pode contribuir para a Aprendizagem de Física pelos alunos de Ensino Médio? Justifique sua resposta.

4- Você acredita que o uso de imagens pode atrapalhar a aprendizagem de Física no Ensino Médio? Justifique sua resposta. Caso você acredite, no que exatamente atrapalha? Dê um exemplo de uma situação didática em que isso aconteceria.

5 – Considerando as suas respostas em 3 e 4, no caso da FMC teria diferença?

Data de hoje: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

Ano/Semestre de ingresso na universidade: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Nome completo: \_\_\_\_\_  
(Seu nome será mantido em sigilo)

Data de nascimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

a- Você tem alguma graduação ou pós-graduação concluída?

( ) Sim ( ) Não

Se sim, quais?

\_\_\_\_\_.

b- Você já ministrou aulas antes?

( ) Sim ( ) Não

Se sim, quanto tempo?

\_\_\_\_\_.

c- Você teve Física Moderna nas aulas de Física do Ensino Médio?

( ) Sim ( ) Não

