

Eduardo Gois

CONTRIBUIÇÃO DA EDUCAÇÃO ESTÉTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação, Mestrado em Educação da Faculdade de Educação, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Educação, sob a orientação da professora Dr. Graciela René Ormezzano.

Passo Fundo

2014

À minha família e aos amigos pelo préstimo
ininterrupto.

AGRADECIMENTOS

À prof.^a Dr. Graciela René Ormezzano, pelos ensinamentos intermináveis, precipuamente, sobre educação e humanização.

À prof.^a Dr. Neiva Ignês Grando, por ser detalhista, sobre minha dissertação e por inspirar o modo de agir dentro de sala de aula.

À prof.^a Dr. Cleci Werner da Rosa, por ser minha mentora. Ademais ser responsável pelo meu direcionamento para área do ensino de Física e sempre estar disposta a apostar na minha capacidade.

Ao prof. Dr. João Bernardes da Rocha Filho, por ter contribuído, fundamentalmente, para esta dissertação.

Aos colegas, pela motivação e pela companhia.

Aos sujeitos de pesquisa, pela contribuição.

Aprender a considerar a cultura de outras comunidades não exige abrir mão dos próprios hábitos; requer, sim, suspender temporariamente os próprios pressupostos para que se levem em consideração os outros, e separar cuidadosamente as iniciativas para entender fenômenos culturais daquelas voltadas a julgar seu valor. É fundamental que se façam algumas suposições sobre os padrões, enquanto se continua a testá-las e revisá-las com a mente aberta. *Sempre há mais para aprender.* (ROGOFF, 2005, p.22).

RESUMO

A Física Moderna e Contemporânea não se diferencia da Física Clássica somente por sua nomenclatura ou por seus significados. Esta, por ser elemento curricular de significativa importância, e por ser um viés de entendimento do mundo, tem sua efetiva abordagem no Ensino Médio como caráter necessário. Entretanto, privar o discente daquela significa não apenas impedir seu conhecimento de forma sistematizada, mas também privá-lo de uma das revoluções intelectuais que essa nova área da Física proporcionou. Essa constatação enquadra-se na linha de pesquisa Processos Educativos e Linguagem, pois, face a tal questão, neste caso, a abordagem quase insignificante da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, como evidenciado por Sanches (2006), buscam-se estratégias pedagógicas educativas que fomentem a evolução do processo de educação. Nessa perspectiva, a legislação educacional corrente legitima a Física Moderna e Contemporânea e serve como alicerce nesta discussão. Logo, procura-se, dentro de um contexto cultural, propor a Física Moderna e Contemporânea de forma artística, embasada pela Educação Estética, com aporte na obra de Gennari (1997), objetivando investigar qual a percepção dos alunos sobre o processo de ensino e de aprendizagem quando expostos a metodologias artísticas. Sendo assim, esta pesquisa qualitativa descritivo-interpretativa procura promover, de forma lúdica, uma metodologia que proporcione o ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio por meio da apresentação de um teatro e da construção de um gibi. A essência da Física não é abandonada, e, por isso, Halliday, Resnick e Walker (2012), unidos a outras referências, concedem o rigor científico à base teórica dessa dissertação, assim como ao planejamento das aulas. Para compreensão dos dados utiliza-se a leitura de imagens e a fenomenologia da percepção. Por fim, os alunos demonstram percepções sobre Física Moderna e Contemporânea, em seu estado histórico, em seu estado filosófico e em algumas demonstrações científicas de forma satisfatória; ou seja, é possível perceber essa área atual da Física através de metodologias lúdicas.

Palavras-chave: Educação Estética, Física Moderna e Contemporânea, Metodologia lúdica, Processo educativo.

ABSTRACT

Modern and Contemporaneous Physics aren't different from Classic Physics only by its name or by its meanings. The latter, for being a curricular component of significant importance, and for being a way to understand the world, has its effective approach during High School as a necessity. However, depriving the student from the first means not only stopping him from knowledge in a systematic form, but also deprive him from one of the intellectual revolutions that has been brought about by the new area of Physics. This finding fits into the line of research of educational and language processes for, as we worry about this matter – in this case the little usage of Modern and Contemporaneous Physics in High School, as made clear by Sanches (2006) –, new educational pedagogic strategies which promote the evolution in the educational process are searched for. In this perspective, the current educational legislation legitimizes the Modern and Contemporaneous Physics and will serve as a steppingstone in this discussion.

Therefore, we look to, in a cultural context, propose Modern and Contemporaneous Physics as an artistic form, based on the Aesthetics Education, with contribution on Gennari's (1997) work. Aiming to investigate the perception of the students about the teaching and learning process when exposed to artistic methodologies. Therefore, the qualitative descriptive-interpretative research looks to promote, in a playful way, a method which provides the teaching of Modern and Contemporaneous Physics in High School, effectively, by the means of presentation of a play and the building of a comic book. The essence of Physics itself is not abandoned, and, because of that, Halliday and Walker (2012), among other references, grand scientific rigor to the theoretical basis of this dissertation, as well as in the planning of the classes. For the understanding of the data we use the reading of images and the phenomenology of perception. Last, the students show perceptions of Modern and Contemporaneous Physics in its historical state, in its philosophical state and in a few scientific demonstrations in a satisfactory way, meaning so that it is possible to realize this actual area of Physics through playful methodologies.

Keywords: Aesthetics Education, Modern and Contemporaneous Physics, Reading and Perception of images, Playful Methodologies and Educational Process.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- ESQUEMA DAS PARTÍCULAS QUE CONTÉM O MODELO PADRÃO.....	42
FIGURA 2- SLIDE QUE CONTÉM A PROPOSTA TEÓRICA APRESENTADA AOS ALUNOS.	78
FIGURA 3- OS DOIS GRUPOS DE ALUNOS DEFININDO O ASSUNTO.....	84
FIGURA 4- GRUPO DO GIBI PLANEJANDO OS AFAZERES.	85
FIGURA 5- GRUPO DO TEATRO DEFININDO AS FUNÇÕES DOS ALUNOS.	85
FIGURA 6- ALUNOS DO GRUPO DO GIBI, BUSCANDO IMAGENS.....	86
FIGURA 7- ALUNO CALCULANDO A DILATAÇÃO TEMPORAL.	87
FIGURA 8-ALUNOS ENSAIANDO PARA O TEATRO.	88
FIGURA 9- ALUNOS REPRESENTANDO A NAVE ESPACIAL UTILIZADA PELOS ASTRONAUTAS.	89
FIGURA 10- ALUNOS E PROFESSOR APÓS A APRESENTAÇÃO DO GIBI.	90
FIGURA 11- ALUNOS CARACTERIZADOS APÓS A APRESENTAÇÃO DO TEATRO.....	91
FIGURA 12- CAPA DO GIBI.	93
FIGURA 13- PÁGINA 1 DO GIBI.	95
FIGURA 14- PÁGINA 2 DO GIBI.	97
FIGURA 15- PÁGINA 3 DO GIBI.	99
FIGURA 16- PÁGINA 4 DO GIBI.	101
FIGURA 17 - PÁGINA 5 DO GIBI.....	103
FIGURA 18- ÚLTIMA PÁGINA DO GIBI.	105
FIGURA 19- CENA I DO TEATRO.....	107
FIGURA 20- CENA II DO TEATRO.	108
FIGURA 21- CENA III DO TEATRO.....	110
FIGURA 22- CENA IV DO TEATRO.....	111
FIGURA 23- CENA V DO TEATRO.	113
FIGURA 24- CENA VI DO TEATRO.....	115
FIGURA 25- CENA VII DO TEATRO.	116

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E EDUCAÇÃO ESTÉTICA	17
2.1 Ensino de Física	17
2.1.1 O ensino de Física no Brasil enquanto FMC	26
2.2 O que são Física Moderna e Contemporânea e por que estudá-las	31
2.2.1 Início da Física Moderna: a quantização da matéria, na visão de Planck	32
2.2.2 A relatividade e a Física Moderna: contribuições de Albert Einstein	35
2.2.3 O estudo da Física Contemporânea: modelo padrão das partículas	41
2.3 Disposições legais que têm implicações no ensino de FMC.	43
2.4 Educação estética, significados e relações com ensino de Física	55
3 ASPECTOS METODOLÓGICOS	63
3.1 Campo de estudo.....	65
3.2 Participantes	66
3.3 Instrumentos	66
3.4 Metodologia de trabalho	66
3.5 Compreensão dos dados.....	68
4 PERCEPÇÃO DO PROFESSOR SOBRE AS AULAS	75
5 ANÁLISE DOS INSTRUMENTOS E PERCEPÇÃO DOS ALUNOS	93
5.1 Leitura do gibi.....	93
5.2 Leitura do roteiro do teatro	106
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
7 REFERÊNCIAS	121

1 INTRODUÇÃO

Um trabalho só se faz valioso por um motivo relevante, dessa forma, inicia-se esta dissertação evidenciando as nuances que motivaram esta pesquisa, baseadas em pressupostos profissionais e pessoais. A definição de Educação é um campo muito vasto e, nesse sentido, o Chefe Seattle traz, que seu principal significado pode ser apreendido com uma carta que indígenas norte-americanos mandaram ao presidente dos Estados Unidos, após um tratado de paz, recusando o convite dos brancos para educarem seus homens, pois acreditavam que existiam divergências entre o seu modo de ensinar e aprender. Para eles, as maneiras de educar são diferentes em cada canto do mundo e devem ser creditadas às culturas de cada comunidade. Essa ideia de diferença de cultura é evidenciada num fragmento assinado pelo Chefe Seattle [1878]:

Sabemos que o Homem Branco não compreende o nosso modo de vida. Ele não sabe distinguir um pedaço de terra de outro, porque ele é um estranho que chega de noite e tira da terra o que necessita. A terra não é sua irmã, mas sim sua inimiga e, uma vez conquistada, ele segue seu caminho, deixando atrás de si a sepultura de seus pais sem se importar com isso! ([1854] 1978, [s.p])

Definir a Educação com exatidão se torna tarefa complexa, e, assim, recorrendo-se a uma máxima comumente utilizada no nosso programa de pós-graduação, destaca-se que problemas complexos não apresentam soluções fáceis. Dessa forma, essas definições, antes mesmo dessa consciência, pareciam interessantes, apesar de estarem longe do entendimento que ainda seria necessário. A busca por soluções de problemas e situações complexas sempre me provocou, enquanto profissional, causando inquietude, razão pela qual a Física foi escolhida como formação inicial. A resolução de problemas matemáticos e que se relacionassem com o funcionamento de aparelhos despertava em mim curiosidade e desejo de compreensão. Então, ao iniciar a academia e descobrir que licenciatura em Física não era apenas formada por cálculos e por práticas experimentais, tive uma decepção inicial, porém, a necessidade de ser aprovado nos componentes curriculares pedagógicos exigia um aprofundamento nessa parte. A leitura de textos que falavam da dificuldade de entendimento desse conteúdo e forma de ensinamento favoreceu para aumentar a flexibilidade para o âmbito

da Educação, permitindo identificar situações que observava nos colegas de Ensino Médio, ou seja, a escrita, a teoria mostrava-se na realidade.

Por um tempo, não defendia que o problema do rótulo de componente curricular intrincado se passava por uma dificuldade metodológica educacional, e não simplesmente por que “Física é difícil” uma pergunta era constante: será que essa seria uma disciplina diferente que só algumas pessoas, por algum quesito intelectual, poderiam compreender? Atualmente, essa resposta já está presente na teoria das inteligências múltiplas de Gardner (1994), definida por esse como a inteligência espacial, que corresponde à capacidade de operacionalizar as imagens mentais. Assim, um ser humano provido dessa capacidade tem naturalidade ao resolver problemas abstratos. Relevante, ainda, citar o pensamento lógico-matemático do pesquisador:

Escolher uma vida de matemático parece ser um momento difícil. Não é surpreendente que os matemáticos pareçam ser (para um estranho) escolhidos por suas habilidades precoces nos domínios numéricos e por sua singular paixão pela abstração. O mundo do matemático é um mundo à parte e tem-se que ser ascético para obter sustentação dele. O imperativo de concentrar energias por muitas horas em problemas aparentemente intratáveis é a norma e não se pode permitir que contatos casuais com outros indivíduos assumam muita importância (GARDNER, 1994, p.109).

Ao ter contato com teorias e com a Física Experimental, observei que não era desse modo, ou seja, a Física se constituía de modelos ideais que tentavam se aproximar, ao máximo, de um fenômeno natural para medi-lo e, assim, poder sanar questões pertinentes à interação do ser humano com a natureza, algo acessível para a maioria das pessoas.

A função da Física está explanada acima, entretanto propiciar a um ser humano entendê-la é tão obscuro, como o que se situa fora dos limites do Universo. Isso é fascinante e promissor, pois a cada nova teoria, metodologia, esforço e pessoas que se envolvam com essa questão, avanços são alcançados. Portanto, a complexidade e o mistério encantam, e é isso que leva à busca por respostas. Fora do ambiente acadêmico e direcionando ao profissional, uma das áreas que mais interessa este pesquisador na Física é a Entropia, que fornece uma previsão da quantidade de desordem da energia e pode ser enunciada de forma geral como:

Quando todas as variações de entropia que ocorrem em um processo são somadas, a entropia aumenta ou permanece constante. Em outras palavras, não existe nenhum processo com diminuição de entropia quando todas as possíveis variações de entropia são incluídas (YOUNG et.al.,2008 p. 298).

O tema é dotado de complexidade, pois parece que nada se pode fazer para evitar o caos físico a que um dia se chegará, porém, no âmbito da Educação, ainda é possível reverter algumas situações e o ensino de Física é uma das áreas que merece essa dedicação.

A Física enfrenta algumas dificuldades em todas as etapas de ensino, não sendo apropriado pensar que somente o Ensino Médio enfrenta obstáculos, uma vez que problemas em todos os níveis podem ser evidenciados. O Ensino Fundamental preocupa-se apenas com uma revisão de conteúdos, isso quando a instituição de ensino disponibiliza a Física nesse período. No que concerne ao ensino desse componente curricular, o Ensino Médio está longe de uma situação ideal, o que se dá por várias razões. Embora presente no elenco de conteúdos, são poucos os docentes que ministram aula nesse nível que possuem formação específica. A restrição à Física, trazida de maneira cultural, e a associação à forma matemática de apreendê-la são entraves fortes, discutidos frequentemente em eventos e artigos da área, entretanto, as considerações não fomentam resultados aparentes. Além disso, pode-se citar um leque de situações, dentre as quais a inovação tecnológica disputando a atenção dos alunos e a idade, na qual muitas situações são mais interessantes do que o crescimento intelectual e pessoal que várias disciplinas podem trazer.

Já no que concerne ao nível Superior, um momento diferente dos demais se estabelece. As novas políticas de governo que facilitam o acesso ao Ensino Superior em todas as áreas modificam o cenário nacional. A baixa procura por licenciaturas, uma formação que deixa a desejar em vários âmbitos, a falta de professores, implicam o fato que podem existir docentes despreparados conduzindo o futuro dos educandos. Nesse contexto, podem ser apontados: a baixa utilização da História da Física nas aulas; a baixa produtividade de pesquisas nessa área; a discussão de problemas que levem o aluno a restringir-se a situações matemáticas e não físicas e a continuidade, somente, do ensino da Física Clássica, na maioria das escolas - mesmo em contradição ao disposto na Lei de Diretrizes e Bases (LDB), (BRASIL, 1996) e nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN e PCN+) (BRASIL, 2000, 2002). Todos esses são problemas latentes que anseiam por respostas. A linha de pesquisa *Processos Educativos e Linguagens*, em sua essência, procura investigar a interação entre educando e educador na construção do processo pedagógico-educativo mediado

simbolicamente, por isso esta linha se encaixa perfeitamente na busca por respostas que procuramos com essa dissertação.

A evolução atual no ramo científico é notória. Percebe-se, pelos meios de comunicação e pela literatura, que isso se evidencia cada vez mais. Todavia, a Física ainda se encontra em repouso no que diz respeito ao ensino de Física Moderna¹ e Contemporânea² (FMC) no Ensino Médio. A falta de engenheiros e de cientistas pode estar vinculada ao desinteresse da maioria dos alunos pelas ciências em específico pela Física, comumente rotulada como disciplina difícil. Esses alunos acabam por ser imersos em uma Física Clássica e reducionista, cujos preceitos apontam que todos os fenômenos do Universo poderiam ser descritos ao se conhecer a sua menor parte. Entretanto, com as descobertas de Max Planck [1900] e Albert Einstein [1905], a natureza microscópica da matéria – a qual evidencia que essa se comporta de forma inexplicável com o que, até então, era explicável – segundo Chesman, André e Macêdo (2004), traz uma nova forma de entendimento do mundo e do Universo. Esses pressupostos justificam a necessidade da efetivação da FMC o quanto antes.

Duas situações são mais evidentes no que tange a essa visão de complexidade e dificuldade impressas à Física: a falta de recursos didáticos empregados por alguns professores, e a compreensão da Física, somente por um viés matemático, encaminhamento o qual justifica o fato de que os alunos apresentam, em sua maioria, dificuldade nesse componente. Logo, a dificuldade se evidencia e corrobora para o fortalecimento do rótulo de disciplina difícil, que é temida culturalmente.

Um professor que ministra aulas de Física, com formação específica, tem que possuir a clareza necessária de que os fenômenos característicos estudados acontecem pela interação do sujeito, com a natureza. Um antigo professor da graduação costumava destacar que “Um bom físico é aquele que consegue perceber o fenômeno, é aquele que utiliza a imaginação, para entender o que se passa”. Dessa forma, física e matemática são ciências exatas diferentes, porém sinérgicas, como a ciência num todo.

A permanência nessa linha de raciocínio permite definir que a Matemática é uma ciência vultosa, pois, sem ela, muitas descobertas e evoluções estariam ainda por ser encontradas. Pergunta-se qual é, então, a ligação entre Física e Matemática? A resposta a esse questionamento demandaria muitas páginas e, certamente, poderia ser tema de dissertação,

¹ Concebe-se Física Moderna como a física do mundo microscópico, estudada a partir de 1850 até 1940, também conhecida como Física Quântica.

² Física que atualmente é estudada, no que concerne ao entendimento sobre as partículas e suas interações através de campos e altas energias.

mas, de modo geral, é possível afirmar que a Matemática é diferente da Física e vice versa, todavia, a Física sem a Matemática se torna ainda mais laboriosa, uma vez que esta é a ferramenta que torna aquela, em muitos casos, “palpável a todos”. Em uma analogia simples, poderíamos descrever a Física sem a Matemática como um pintor sem pincel, um motorista sem carro. Isso remete a uma pequena reflexão: tanto o pintor quanto o motorista encontrariam outra forma de exercer suas atribuições, porém, não seria tão prático quanto com suas respectivas ferramentas. A Matemática precisa estar em interface com a Física, é ela que permite que um ser no outro lado do mundo entenda um fenômeno que foi produzido aqui no Brasil. Como exemplo, seria inoportuno se toda vez que esse fenômeno fosse relatado a uma pessoa ou a um grupo, este fosse reproduzido literalmente. É nessa hora que a Matemática se torna indispensável, ela é o desenho da Física, é a imaginação no papel. Então, para que se tenha uma boa aprendizagem em Física não basta a compreensão matemática, em que tudo se resolve, mas se faz imprescindível um entendimento básico dessa ciência, e como sabe-se, o aluno tem receio sobre essa visão, primeiro porque não compreende de início e depois, porque tem dificuldades matemáticas ao chegar ao Ensino Médio. Reforçando esse viés, destaca-se a lição de Lanceros-Mendez:

La matemática pasa de instrumento a forma de intuición, al igual que para algunas corrientes filosóficas el lenguaje pasa de ser considerado instrumento del pensamiento a ser pensamiento mismo. La matemática se descubre, así como una extensión de la escritura, del lenguaje, como un modo de pensamiento. Por otra parte la física siempre ha evolucionado construyendo modelos matemáticos que, se consideraba, no sólo describían los fenómenos, sino que los explicaban. Si estos modelos se mostraban particularmente exitosos, las fórmulas definitivas derivadas de ellos eran alzadas a leyes de la naturaleza. Desde que Newton y Leibniz concibieron el cálculo diferencial, éste ha constituido el método principal para la construcción de tales modelos. Las leyes de Newton, las ecuaciones de Maxwell, las ecuaciones de campo de Einstein, la ecuación de Schrödinger - entre otras muchas- se expresan en este lenguaje (2006, p.139).

Logo, desde a descoberta de Newton e Leibniz, do cálculo diferencial, a Matemática atua junto com a Física de uma forma simbiótica, servindo para compreensão e explicação dos fenômenos físicos.

Além dessas dificuldades citadas, percebe-se que o ato de ensinar do professor de Física permeia alguns campos para os quais esse profissional não é preparado, sistematicamente, para enfrentar, tais como quando, não raramente, faz-se necessário gerir as

demandas psicológicas e o comportamento do aluno, além de suprir as deficiências da formação na educação básica. É necessário mostrar ao educando que a Física não é tão intrincada como rotularam alguns, que, por um problema histórico, ancorado em um aglomerado de entraves, acabaram utilizando-se aulas mecânicas e reduzidas às fórmulas. São, portanto, várias as situações que fomentam o rótulo da Física como disciplina difícil e que deve ser temida, e isso acaba afastando os alunos da realidade e de seu direito ao entendimento do processo de funcionamento do seu mundo. Esses apontamentos direcionam-se para um problema mais grave, qual seja a baixa utilização da FMC nas aulas. Assim, torna-se uma realidade, um clichê comum à área: como entender FMC sem gostar ou entender a Física Clássica? Esse questionamento é comumente suscitado por alunos e por alguns professores.

A FMC é uma evolução da Física Clássica, pois amplia o entendimento sobre as partículas no mundo macroscópico e microscópico que esbarravam em situações impossíveis de se compreender segundo as teorias clássicas. O ato de não compreender essa nova faceta da Física ou alegar dificuldade como obstáculos para estudo dessa é decorrente do problema aqui apontado. O déficit na formação é um dos fatores originadores dessa situação, o que faz com que o professor também sinta receio de adentrar em tal área. Ressaltando que a Física encontra dificuldades no campo do ensino, como discutido, enfatiza-se o problema do qual essa dissertação procura tratar, ou seja: *i) É possível, aos professores de Física, não ensinar a FMC aos seus alunos? ii) Pode-se ignorar o fato de que, se está encerrando, quase que em unanimidade, o contato sistemático com a FMC dos seres humanos, que não terão contato com a Física na escolha acadêmica ou profissional? Essas questões se alicerçam no simples fato de que ao não ensinar essa nova forma de ver o mundo aos alunos, se está privando-os do direito de conhecer o desenvolvimento já evidenciado do conhecimento humano.*

Dessa forma, a FMC merece uma atenção especial, porque pode descrever os fenômenos naturais com uma aproximação da realidade, que anteriormente não se fazia presente na Física Clássica. Assim, não se pode, de forma alguma, temê-la ou não estudá-la no Ensino Médio, pelos fatores destacados nesta dissertação. Evidenciando-se esses problemas, constrói-se a seguinte pergunta:

De que modo os alunos do Ensino Médio percebem o processo educativo em Física Moderna e Contemporânea, quando expostos a metodologias de ensino que buscam, de forma lúdica, promover a aprendizagem sem perder o rigor científico?

Introduzir a FMC nos currículos de Ensino Médio é indispensável e não pode ficar apenas no papel, todavia, ainda são encontrados vários entraves. A LDB informa que é necessário possibilitar a compreensão do significado da ciência, e a educação tecnológica básica ao aluno de Ensino Médio, sendo reforçada essa situação, pelo PCN e pelo PCN+. No entanto, na maioria das escolas, a FMC não é uma realidade atual, apesar de a lei fomentá-la. Esses são alguns fatos importantes a serem considerados, os quais vêm justificar, de forma legal, a introdução desse componente de forma considerável, no Ensino Médio do país.

Nesse sentido, Sommerman (2011), escreve sobre a evolução do pensamento do ser humano ao passar do tempo, valendo-se da Física Clássica como exemplo, o que serve como parâmetro para entender, de forma intelectual e filosófica, a necessidade de não restringir o conhecimento humano e científico aos ideais da Física Clássica reducionista. Sommerman (2011) mostra que os cientistas, antes da descoberta da Física Quântica, acreditavam ter encontrado na Física Clássica a explicação para todos os fenômenos do Universo e que, dessa forma, esse pensamento os colocava acima de qualquer questionamento quando se tratava da ciência e da vida acadêmica. A redução dos entendimentos do funcionamento dos objetos, das substâncias e dos sistemas à sua parte mais ínfima traria o entendimento do todo, porém, esse viés trouxe consigo algumas características como a perda da globalidade, trazendo conflitos entre as pessoas e a natureza.

Além disso, o grande crescimento tecnológico do século XX produziu algumas destruições e desequilíbrios, todavia, algumas camadas da população mundial obtiveram benefícios, uma vez que a Ciência Natural se desenvolveu de forma exponencial, trazendo para a realidade científica um grande questionamento sobre as atuais práticas da ciência reducionista moderna. Some-se a isso o fato de fazer com que essas novas frentes funcionassem como concorrentes àquelas que vigoravam até o momento, esse avanço desenfreado, portanto, fez com que as disciplinas fossem levadas aos limites, exigindo métodos, abordagens e didáticas transdisciplinares.

Esse contexto corrobora a busca de diálogos entre essas situações complexas intrínsecas às correntes científicas, ou seja, o novo pensamento que saía do mundo perfeito explicado pela Física, que parecia evidente até o momento, é perturbado pelo pensamento complexo que se caracteriza por colocar frente a frente os vários modelos de teoria.

Segundo Sommerman (2011), o pensamento complexo faz a concepção do mundo simplificado, o qual o reducionismo e a ciência moderna acreditavam ser regidos pelas leis clássicas da Física, a se enfraquecer com o surgimento de incertezas e da irreversibilidade

proposta, a priori, pela Termodinâmica. Assim, o mundo perfeito, construído por Galileu, Newton e seus contemporâneos, começa a ser perturbado pela questão da fuga do perfeito e esse paradigma começava a balançar.

Esse possível enfraquecimento se torna notório, pois não influencia diretamente as questões da Ciência, ou da Física, especificamente, a partir do momento que o ser humano percebe que algumas situações podem trazer incertezas e que, de certa forma, tudo passa a depender de tudo. Nesse sentido, a mudança de cunho científico descoberta pela Física Atômica acaba interferindo, quase que diretamente, nas relações intelectuais e filosóficas que guiavam a sociedade, fazendo com que o ser humano se questionasse mais. Segundo Morin (2001), nas escolas busca-se ensinar somente as certezas, entretanto a ciência atual tem assimilado a concorrência entre o perfeccionismo Newtoniano e de seus contemporâneos e o contraponto dado pela incerteza. O inesperado não pode mais ser desconsiderado, nem nas ciências exatas nem nas humanas, pois não é o esperado que chega, e, sim, o inesperado que acontece. Dessa forma, os processos físicos também estão incluídos nessas variações.

Some-se a isso o fato de que história da vida nunca foi linear ou sem surpresas, ela sempre foi cheia de ramificações. Assim, é importante perceber que esse avanço no processo de entender ciência enfraqueceu o reducionismo – o qual colocava os físicos como a elite do pensamento científico, por volta do século XIX, no que dizia respeito aos fenômenos naturais de interação com o ser humano; e, por conseguinte, analisava que o Universo já fora desvendado e bastava, agora, ser esmiuçado até que as respostas fossem encontradas. Conforme Sommerman (2011), o mesmo pensamento que utilizava correntes como o determinismo, a causalidade local e a continuidade viria a ser colocado à prova e derrubado com o nascimento da Física Moderna, enunciada de início por Max Planck. Assim, a Física Clássica era, fortemente, abalada, porém, o que torna essa visão cativante é que ela não era desprezível, uma vez que fez com que esse novo mundo atômico tivesse precisão dada pela probabilidade matemática, a qual legitimava essas discussões; entretanto não acabava com o que havia sido discutido no mundo macroscópico sugerido pela Física Clássica.

É possível, portanto, justificar essa dissertação em duas frentes: primeiro, a validade na LDB e reforçada pelos PCN e PCN+, e em segundo, a necessidade de mostrar aos estudantes que o pensamento, as ações científicas, as situações econômicas e as políticas atuais se desencadeiam de uma revolução iniciada, de certa forma, na mudança da maneira de entender a Ciência, e que a Física Clássica e FMC estão ligadas, intimamente, provando que

ao estudarmos apenas uma dessas partes estamos negando a evolução científica, econômica, intelectual e, por que não dizer, cultural e humana.

A partir desses paradigmas, esta dissertação investiga o modo com que os alunos de Ensino Médio percebem o processo de ensino e de aprendizagem em FMC quando expostos às metodologias de ensino que buscam, de forma lúdica, promover a aprendizagem sem perder o rigor científico nesse campo.

O escopo dessa dissertação concentra-se em refletir sobre o ensino da Física e suas produções; observar quais as tendências educacionais nesse âmbito; o que se pesquisa e por que isso acontece; de uma forma coesa para mostrar a necessidade de investir cada vez mais nessa área. Para tanto, foi realizada uma revisão bibliográfica, a qual permita evidenciar o conceito de FMC, de modo a esclarecer, o que essa área e a Física Clássica estudam e a diferenciação entre ambas. Fazem-se necessárias, também, algumas considerações sobre o que a lei afirma a respeito do ensino dos respectivos componentes curriculares, para esse efeito, as normativas da LDB e as contribuições dos PCN e PCN+ se encontram nessa parte. Nessa perspectiva, o próximo capítulo serve como embasamento teórico do procedimento adotado na pesquisa para entender e contribuir com uma alternativa de metodologia relacionada à FMC no Ensino Médio, na sequência, há uma retrospectiva sobre as contribuições da Educação Estética. O capítulo seguinte traz os aspectos metodológicos da pesquisa, assim como a descrição do campo de estudo, dos participantes e de suas características. Prontamente, é explanada a metodologia usada na construção dos instrumentos pelo pesquisador, através da observação participante e pelos alunos, os quais criaram um gibi e um roteiro de uma peça de teatro, que serviram para os educandos compreenderem suas percepções. Na metodologia de trabalho, apresenta-se o planejamento das aulas, o qual mostra as referências e o modo adotado pelo proponente da pesquisa para conduzir os trabalhos. A percepção do professor sobre as aulas originou o capítulo que descreve as atividades observadas em sala de aula, já a compreensão das imagens originou um novo capítulo. O final da dissertação traz as considerações que discutiram os resultados percebidos e a constatação da validade dessa metodologia como alternativa ao ensino da FMC e a contribuição para o desenvolvimento profissional que tal metodologia pode trazer.

2 ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E EDUCAÇÃO ESTÉTICA

Este capítulo tem por objetivo definir o ensino de Física no Brasil, assim como, destacar alguns fatos históricos marcantes a respeito dessa temática, além de abordar alternativas e estratégias didáticas, as quais foram desenvolvidas no decorrer deste estudo investigativo e fomentarão essa discussão. Embora o foco da pesquisa se encontre no Ensino Médio, não se limita a esse âmbito, pois contribuições pertinentes ao ensino da Física, durante a formação Fundamental e Superior serão consideradas. Demonstrar-se-á, também, a legitimidade trazida pela LDB e pelos PCN e PCN+ para o ensino da FMC, enquanto o ensino desse componente curricular também será demonstrado. Considerar-se-ão, além disso, as publicações brasileiras com suas devidas singularidades, as quais sustentam a necessidade da inserção efetiva da FMC no Ensino Médio. Somar-se-á a essas reflexões a conceitualização acerca da FMC, concomitantemente, à construção da justificativa a respeito da necessidade de estudá-la no Ensino Médio. Por fim, a fundamentação teórica referente à Educação Estética, enraizada nas estruturas textuais e na semiótica, encerrará os temas que formam o corpo teórico da dissertação.

2.1 Ensino de Física

O ensino de Física privilegia as pesquisas em metodologias didáticas e pedagógicas, materiais e maneiras de aperfeiçoar a aprendizagem dos conteúdos que se enquadram dentro da Física. Assim, as pesquisas em tal meandro visam à interação aluno professor, descentralizando as pesquisas aplicadas à Física fenomenológica. Pode-se datar essa perspectiva, segundo Moreira (2000), no ano de 1963, quando a obra norte-americana *Physical Science Study Committee* (PSSC) é traduzida pela Universidade de Brasília. Essa obra é resultado da insatisfação de físicos norte-americanos com o desenvolvimento da Física nas escolas secundárias americanas, assim, essa publicação trazia o início dos estudos em ensino de Física para o Brasil.

As pesquisas focam que os alunos devem ter uma aprendizagem significativa, por isso a preocupação da academia quanto à maneira como a Física vem sendo conduzida nas outras esferas do ensino pode ser considerada um grande passo, pois disponibiliza uma área que é voltada, diretamente, para essa questão específica. Ainda com base no entendimento de Moreira (2000), aponta-se que as pesquisas no ensino de Física começam a se tornar mais claras, quando algumas concepções de como ensinar essa disciplina passam a ser encaradas como uma espécie de “receita”, ou seja, “aplique o conteúdo desta forma e o aluno compreenderá Física!”. Porém, os resultados apontam o contrário, ou melhor, começam a revelar que não existe apenas uma maneira correta de apreender Física. Logo, os processos de ensino e de aprendizagem pedem medidas que solucionem ou contribuam para esses anseios. Dessa forma, as pesquisas nesse campo começam a ser mais frequentes, fortalecendo a ideia de que o ensino da Física constitui-se em uma alternativa para a solução dos entraves. O projeto de ciência que utiliza a Física com aspectos do cotidiano é um bom exemplo de uma das tendências criadas, que não se estabeleceu de forma individual, pois, como qualquer outra ferramenta, pode ser insuficiente ou até pejorativa para o ensino desse componente, quando apenas uma metodologia é dada como solução, o que é evidenciado na fala de Moreira:

Creio que cada uma destas vertentes tem seu valor, mas também suas limitações e, até mesmo, prejuízos para o ensino da Física, na medida que forem exclusivas. Julgo que é um erro ensinar Física sob um único enfoque, por mais atraente e moderno que seja. Por exemplo, ensinar Física somente sob a ótica da Física do cotidiano é uma distorção porque, em boa medida, aprender Física é, justamente, libertar-se do dia-a-dia. De modo semelhante, ensinar Física apenas sob a perspectiva histórica, também não me parece uma boa metodologia porque para adquirir/construir conhecimentos o ser humano, normalmente, não precisa descobri-los, nem passar pelo processo histórico de sua construção. Tampouco o microcomputador será um bom recurso metodológico, se for usado com exclusividade, dispensando a interação pessoal, a troca, ou negociação, de significados que é fundamental para um bom ensino de Física (2000, p. 95).

Como supracitado, o ensino da Física se torna fundamental, mas a ideia de várias correntes e formas de concebê-lo desencadeia uma visão multiparadigmática, na qual a utilização de várias fontes, desfoca a aparente facilidade antes produzida por um livro. Era mais simples selecionar um livro e segui-lo, porém a inserção de tecnologias e outras ferramentas possibilita mais hipóteses, o que acaba exigindo uma estrutura mais complexa. Desse modo, é importante destacar que o livro não foi abandonado, porém, a sua qualidade

caiu, e a tendência da preparação para o vestibular pode desvirtuar a verdadeira Física. Assim, o ensino desse componente adentra, como qualquer outro âmbito, à complexidade, na qual uma gama de fatores pode ser considerada para se ter um processo significativo.

Aliado ao ensino da Física, é interessante discutir as teorias de aprendizagem. Uma vez que, aportados a elas, podemos atingir a discussão de como é importante nos preocuparmos com a forma de compreender, o como o ser humano pode aprender, e isso é sinérgico ao ensino, neste caso, ao ensino da Física. A Física, a Psicologia, a Filosofia e os educadores teóricos poderiam trazer à baila um leque de teorias que serviriam para entender o como aprendemos, porém focaremos em uma que colabora com a metodologia que será aplicada na pesquisa desta dissertação. A teoria da aprendizagem significativa de Rogers pelas suas características de como conceber a aprendizagem, tais como a cognitiva, a afetiva e a psicomotora, destaca-se, e é utilizada, pois considera o aluno como o foco da aprendizagem. Segundo Moreira (1999) Rogers destaca o cognitivo, como a organização de significados. A afetividade, ressalta a parte interna do educando, privilegiando sentimentos como o prazer, a satisfação e a dor. Já a psicomotora mobiliza a prática, os estímulos musculares. Nesse contexto, o ensino pode utilizar-se dessas características para buscar uma maior eficácia. É nesse momento que as teorias da aprendizagem se mostram interessantes num processo de ensino.

Conforme Moreira (1999) a abordagem rogeriana é humanística em sua essência, a qual considera a pessoa boa, e desde que esta não se sinta ameaçada tende a desenvolver suas potencialidades ao máximo, cravando esta como significativa, pois o indivíduo perpassa pelos três tipos gerais de aprendizagem acima citados, aprendendo, portanto de forma completa. É com base nesse contexto que não podemos definir a abordagem de Rogers como uma teoria propriamente dita, e, sim, como uma série de princípios necessários para uma aprendizagem significativa. Algumas dessas proposições proporcionam um grau de semelhança entre a abordagem rogeriana e as propriedades da Educação Estética, a qual será usada na metodologia proposta.

Destacamos as seguintes, parafraseando Moreira (1999), a aprendizagem significativa ocorre quando o conteúdo a ser ensinado é notado pelo aluno como importante para seus próprios objetivos. Um educando com objetivos em determinada disciplina ou conteúdo, possui aprendizagem diferenciada se comparada a outro que esteja obrigado, em um mesmo curso. A aprendizagem é significativa quando modifica o educando em alguma situação futura, ou seja, que depois do processo de ensino este atue de forma diferente, tanto no campo

intelectual quanto comportamental. Outra proposição, é que a maior parte da aprendizagem significativa é obtida através de ações, nesse caso, o aluno pode obtê-la ao confrontar-se com problemas reais de cunho social, filosófico ou pessoal, porém problemas de pesquisa também se tornam relevantes. A aprendizagem é promovida quando o aluno participa, responsabilmente, do método de aprendizagem, o educando nessa proposição é livre a definir o seu projeto de trabalho, ele seleciona seus problemas, suas linhas de ação, e administra as consequências, assim a significância se realça.

Esses são alguns dos princípios que fazem a aprendizagem ser significativa segundo a perspectiva de Rogers, e que ligam diretamente teorias da aprendizagem à prática de ensinar, e se fazem pertinentes na discussão sobre o ensino da Física. Não considerar como o ser humano aprende, pode contribuir para metodologias superficiais que não contemplem o objetivo das pesquisas em ensino de Física. O ensino na perspectiva de Rogers:

Qual então a posição de Rogers em relação ao processo educacional? Para ele, o objetivo desse sistema, desde os primeiros anos até a pós-graduação, deve ser a facilitação da mudança e da aprendizagem. A sociedade atual se caracteriza pela dinamicidade, pela mudança, não pela tradição, pela rigidez. O homem moderno vive em um ambiente que está continuamente mudando. O que é ensinado torna-se rapidamente obsoleto. Neste contexto, o único homem educado é o que aprendeu a aprender; o homem que aprendeu a adaptar-se e mudar; que percebeu que nenhum conhecimento é seguro e que só o processo de busca do conhecimento dá uma base para a segurança. (MOREIRA, 1999, p.145).

Ainda na visão de Moreira (1999), Rogers entende que para a aprendizagem ser facilitada, utilizando-se qualquer ferramenta didática, o professor deve se portar perante os alunos como uma pessoa real, com sentimentos, expressões características como pessoa e não como um mecanismo de transmissão de conteúdo. Assim, o aluno permite ao professor ser visto como uma pessoa digna de confiança, capaz de ensinar de forma natural e não mais coercitiva. Porém, para que isso seja de fato encarado como uma situação digna de uma aprendizagem significativa, as atitudes do professor devem ser percebidas autênticas pelos alunos. O professor que procurar desenvolver um personagem poderá desencadear desconfianças e assim não contribuir para a aprendizagem.

Desse modo, o ensino precisa conhecer como se dá a aprendizagem, para poder traçar um mapa de possibilidades e alternativas que viabilizem soluções. Segundo Pastorini (2011), as teorias da aprendizagem trazem pontos positivos e negativos, que dependem da

época que foram formuladas e por vezes podem ser aplicadas em sala de aula. Sendo assim, todas as teorias contribuem para melhores aulas, em especial na disciplina de Física, pois permitem observar os alunos como uma unidade. Portanto, compreender e utilizar teorias de aprendizagem favorece para que as aulas tenham mais dinamicidade, ofertando várias representações semióticas.

Também é necessário evidenciar situações que possam gerar esses obstáculos de aprendizagem. Nesse contexto, é pertinente citar Moreira (2000), que afirma que “(...) distorcidos pelos programas de vestibular, ensina-se o que cai no vestibular e adota-se o livro com menos texto para ler.” Essa é apenas uma das causas que levam à necessidade dessas pesquisas. Outra das causas aparentes, na percepção deste pesquisador, é a desaprovação dos alunos quando questionados sobre a Física. Justifica-se: existem alunos que, mesmo antes do contato com a Física, já a temem. Há ainda alguns que, no período em que estão em contato com essa, a desprezam; e há aqueles que tiveram contato e que nunca mais querem ter. Excetuando-se as tendências pessoais que qualquer um de nós possa ter e a peculiaridade (e subjetividade) dos gostos, revela-se evidente uma resistência maior dos alunos com as matérias exatas, mais especificamente, com a Física. Afora disso, além de as afinidades, por vezes, não coincidirem com tal disciplina, enfrenta-se uma situação intrincada do ponto de vista cultural e tradicional. Outra questão interessante no que se direciona a obstáculos, pode-se considerar Melo (2011), no que tange a introdução da Física no currículo do Ensino Fundamental escolar brasileiro, a princípio, em 1837, e hoje se enquadra neste, superficialmente, no atual 9º ano, sendo dividida com a Química e, normalmente, estando sob a responsabilidade de um professor formado em outra área. Segundo Melo (2011), o ensino de Física se encontra estagnado, baseia-se nas aulas expositivas e sem experimentações, voltadas especificamente para a resolução de problemas de vestibulares, os quais não contemplam a Física como um todo, concentrando-se em apenas uma metodologia e, como foi frisado acima, uma metodologia somente não garante a aprendizagem. Assim, no Ensino Fundamental, não há tempo hábil para uma discussão mais específica de Física. Há que se considerar, contudo, que é sim possível dar uma introdução básica que se enquadre, na maioria das vezes, no método tradicional, no entanto, ocasionando uma dúvida frequente nas reflexões subjetivas dos professores e alunos. Essa situação abrevia uma realidade que merece muita atenção e pesquisa. Nessa situação, pode-se destacar que o ensino de Física, nos anos iniciais consiste em uma ideia ousada, contudo necessária, mas pouco utilizada. Veja-se:

Convivemos diariamente com os artefatos advindos dos resultados dos avanços científicos e tecnológicos, os quais estabelecem, inclusive, mudanças em nossos valores sociais. Diante disso, consideramos ser imprescindível que todos os indivíduos da sociedade entendam, discutam, reflitam e se posicionem sobre questões oriundas desses avanços e suas prováveis consequências para a vida de todos. É no contexto esboçado neste parágrafo que fundamenta-se a necessidade de ensinar física desde as mais tenras idades, sob o risco de estar privando nosso aluno de participar de forma crítica e atuante no mundo em que está inserido (ROSA; ROSSETTO; TERRAZZAN, 2003.[s.p]).

As ciências - como são chamadas as partes curriculares, as quais correspondem a essa área no Ensino Fundamental; caracterizam-se por um forte direcionamento para outras áreas, devido à formação dos professores, que, frequentemente, são graduados em pedagogia e não possuem, em sua graduação, disciplinas responsáveis pelo trabalho com ciências, especificamente, razão pela qual se utilizam de estratégias destoantes do rigor científico, como a simplificação no modo de falar, o que pode despertar nas crianças uma ideia de fantasia:

Percebemos que os professores utilizam-se desses recursos didáticos para camuflar o seu despreparo em trabalhar temas de Ciências Naturais devido à sua precária formação inicial, que costuma estar mais centrada em discussões metodológicas desvinculadas de conteúdo conceituais a serem desenvolvidos. Falta-lhe conhecimento disciplinar, que em nosso caso é a Educação em Ciências. Se o professor/a não possui conhecimento básico da área do conhecimento escolar a ser trabalhada, ele dificilmente saberá desenvolvê-la na sala de aula (ROSA; ROSSETTO; TERRAZZAN, 2003. [s.p]).

Sendo assim, percebe-se uma necessidade forte de políticas e pesquisas que atuem nessa área. Um discente não pode ser abandonado ao seu próprio senso comum ou ao senso comum do seu professor, que, por vezes, não possui um contato sistemático com o conteúdo para que possa abordar fenômenos físicos.

Ainda concentrado nas causas que levam às pesquisas em ensino de Física, tem-se no Ensino Médio alguns indícios a se considerar. É nesse nível de ensino que o aluno entra em contato com a Física de uma forma mais regular. Com a divisão de conteúdos nos livros didáticos na maioria das vezes indicados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Esse mensura a qualidade dos livros submetidos pelas editoras com orientações dadas pelo Ministério da Educação (MEC), cuja primeira forma de procedimento de qualidade é uma triagem feita da seguinte forma:

Para constatar se as obras inscritas se enquadram nas exigências técnicas e físicas do edital, é realizada uma triagem pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Os livros selecionados são encaminhados à Secretaria de Educação Básica (SEB/MEC), responsável pela avaliação pedagógica. A SEB escolhe os especialistas para analisar as obras, conforme critérios divulgados no edital. Esses especialistas elaboram as resenhas dos livros aprovados, que passam a compor o guia de livros didáticos (BRASIL, 2013. [s.p]).

É indubitável o fato de que esse é um procedimento utilizado para escolas públicas e que as escolas particulares utilizam, atualmente, apostilas ou materiais financiados por editoras e ou redes que comercializam materiais prontos. Porém, as regras atuais atestadas para um bom material são enquadradas pelo PNL D, e, com isso, algumas escolas particulares utilizam-se dessa facilidade ofertada pelo governo para atestar a qualidade de suas escolhas. Toda essa discussão inicial se faz relevante, pois é de fato interessante perceber que o contato do aluno com a Física sempre apresenta uma ordem sistematizada, ou seja, nas literaturas produzidas pelas editoras que são enquadrados no PNL D a Física é organizada da seguinte forma: Cinemática, Dinâmica, Fluidostática, Termologia, Óptica, Ondas, Eletrostática, Eletrodinâmica, Eletromagnetismo e Física Moderna. Somente esses servem para possibilitar a compreensão das seguintes questões: é de fato importante respeitar a ordem cronológica de alguns acontecimentos, os quais, geralmente enquadram-se na ordem acima? Será que essa é a melhor forma de introduzir o aprofundamento da Física ao aluno que adentra ao Ensino Médio? Não se pretende discutir tais questões, mas, com base nelas, é possível perceber uma realidade que já apresenta uma consideração na qualidade pedagógica dos livros didáticos.

Considerando também a prática, mais especificamente, a docência, é tão acentuada a necessidade de professores em níveis públicos e particulares no país, que o governo brasileiro, por intermédio do MEC, disponibiliza na sua página oficial informações de perfil, didática, materiais e mercado de trabalho. Pode-se entender que a intenção é despertar o desejo de alguns estudantes de ingressar na área das licenciaturas, para suprir as faltas nas salas de aulas. Isso evidencia um problema já notório na sociedade brasileira, qual seja a presença de professores de outras áreas de formação atuando na disciplina de Física, realidade que se estende a outras áreas da licenciatura. Publicação do MEC confirma o citado problema:

Ao analisar mais detalhadamente a formação dos professores que ministram a disciplina Física, chama a atenção o elevado número de docentes com formação em

Matemática (15.170) que estão classificados, pelo critério aqui utilizado, em 'outras áreas de formação'. Este grupo corresponde a 34% dos 44.566 docentes da disciplina e forma um conjunto bem maior do que os 12.355 professores com formação em Física (BRASIL, 2009, p.42).

O estudo do fenômeno natural, privilegiando o entendimento teórico e contextualizado da interação natureza e ser humano, para, só assim, aplicar a mensuração caracterizada pela matemática seria a abordagem mais aceita por um viés que destaca a Física. Contudo, o que está acontecendo é o contrário, com a ocorrência de um número maior de professores de outra área ministrando a componente curricular de Física, e, conforme aqui evidenciado, em sua maioria matemáticos, que, não por outro motivo, mas sim pela sua formação inicial, têm a tendência a descentralizar o fenômeno e caracterizar a Física ao reducionismo das fórmulas matemáticas. É importante esclarecer que a desaprovação da Física – ao passo que ela se torna matemática explícita – não é o único problema, pois, assim, apenas estar-se-ia transferindo o rótulo. O que se evidencia é que no momento em que a Matemática se torna uma aplicação, como é o caso da Física, ela deixa de ser vista de uma forma genérica e subdividida e passa a ser cheia de detalhes e aplicações que em certo momento relacionam vários conteúdos matemáticos distintos, contribuindo para uma complexidade maior.

No Ensino Superior, também podemos encontrar entraves, Timm (2012) fez uma descrição que contém quais as disciplinas que contemplam a Física Moderna em seu currículo obrigatório nas universidades federais do Rio Grande do Sul, com exceção – justificada por problemas técnicos – da Universidade Federal do Rio Grande. Essa reconstituição permitiu a ele afirmar qual era a realidade sobre o conhecimento de Física Moderna dos egressos das universidades. Esse aluno, agora professor, que licenciado em Física estaria apto para designar sua profissão ministrando aulas, inclusive de FMC. Uma das informações registradas e que causa relevante impacto é, por exemplo, a relacionada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que tem 11 disciplinas que aplicam diretamente ou indiretamente a FMC, porém, entre essas, apenas uma está de fato relacionada com as práticas docentes. Evidencia-se, assim, um despreparo para os recém-licenciados no que sinaliza essa área, lembrando que esses têm que contemplar o Ensino Médio e não podem utilizar da Física Teórica, que se municia de cálculos diferenciais e integrais para suas devidas explicações, mesmo sabido que os alunos não possuem esse recurso matemático no Ensino Médio no Brasil.

Assim, essa é uma realidade que mostra a latente dificuldade no Ensino Superior: qual é a validade de abordar-se FMC nessa esfera se esta não pode ser usada no Ensino Médio? Sabe-se que o rigor científico não deve ser questionado e que este tem que ser expresso em sua veracidade, porém, é de fato destacável a necessidade de preparação do licenciando em Física para essa prática posterior. Admitindo-se que a “digestão” dessa área é demorada, abandonar o professor ao seu próprio entendimento não sistematizado caracteriza um obstáculo de ensino e de aprendizagem simultâneos. Nesse caso, podemos apresentar a alternativa proposta por Timm (2012) como complemento a esse problema evidenciado. A grande peculiaridade dessa pesquisa é a relação entre as práticas da saúde e a Física Moderna, pois ela propiciou aos alunos de graduação uma disciplina complementar que trouxesse um contato desses com a Física Moderna, simultaneamente, com o cotidiano. Nas considerações, o autor chama atenção para o baixo entendimento dos alunos sobre FMC, apontando as disciplinas da universidade e as considerações sobre legislações relacionadas ao PCN e ao PCN +, que, segundo aquele pesquisador, não satisfazem os objetivos de elucidação. Por fim, ressalta que a estratégia de oportunizar aos alunos que montassem um plano de aula fazendo a relação entre FMC é interessante, pois viabiliza a compreensão de como esses acadêmicos o fazem, embora esses sintam dificuldades, principalmente, pela falta de vivências relacionadas com essa área. Dessa forma, a referida pesquisa exprime a real necessidade de reformulação através de pesquisas no ensino de Física, também na esfera superior no que tange à FMC.

Assim, considerando-se esse rótulo de disciplina difícil, intrínseco à Física, justifica-se uma área voltada para pesquisas que possam facilitar o aprendizado, pois, como realçado, existem obstáculos em todos os níveis de ensino. Portanto, ao se considerar as teorias de aprendizagem e os entraves reais existentes, a preocupação de como, realmente, aperfeiçoar o ensino de Física no País é destacável. Dessa forma, contribuir-se-á para a aproximação dos alunos com esta disciplina, uma vez que a necessidade de pessoas com formação nas áreas das Engenharias e das Ciências faz-se, cada dia, mais fundamental, principalmente, quando visamos a um desenvolvimento mais sustentável e humano. Assim, se não for dada ênfase a essa questão, se estará desprezando uma potencialidade de suprir as dificuldades relacionadas a esse contexto.

2.1.1 O ensino de Física no Brasil enquanto FMC

Este item busca apresentar como se encontra o ensino de Física no país, em relação à FMC, utilizando como instrumento publicações sobre esta área. Como a pesquisa dessa dissertação volta-se para o ensino de Física, em FMC é de fato importante, registrar como está essa área atualmente.

Com o apresentado até agora, podemos ter indícios de quanto é fundamental a FMC no Ensino Médio. Entretanto, admite-se que esta situação não é uma realidade, o que acaba por resultar numa limitação - a qual encerra o ensino concentrado somente da Física Clássica - fazendo com que o aluno seja excluído de discussões mais atuais e do que, realmente, se pesquisa em Física na contemporaneidade, veja-se:

Como se sabe, normalmente, a Física ensinada nas escolas avança, no máximo até o início do nosso século. São inúmeras as razões para a introdução de tópicos contemporâneos na escola média. Dentre elas, pode-se citar:

- despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual idéias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
- é do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física. (OSTERMANN; FERREIRA; CAVALCANTI, 1998, p.270).

Mantendo-nos nessa linha dedicamos um olhar especial ao entendimento de Sanches (2006), que procurou pesquisar qual o estado da FMC, na perspectiva de alunos, professores e livros didáticos. Essa construção da pesquisadora somente contribui para apontar a situação que já discutimos. Ela evidencia um despreparo dos professores pesquisados, dentre esses, apenas um afirmou sentir-se preparado para tal assunto, os demais acreditam que a inadequação em sua formação é uma das causas aparentes desse entrave, porém todos concordam com a inserção da FMC no Ensino Médio. É destacável também, as causas apontadas pelos professores para a dificuldade de implantação, de início apontaram o pouco tempo de que o professor de Física disponibiliza, com uma carga horária de aproximadamente dois períodos semanais. Criticam a desatualização dos livros didáticos, assim como, os vestibulares que são definidores, e de uma forma ou outra, excluem em sua maioria a FMC. Todavia, o que chamou mais atenção foi um apontamento na dificuldade de compreender e

encontrar experimentos que apoiem no ensino deste conteúdo. Por fim, acreditam que a maneira mais viável de se introduzir a FMC é fazer um paralelo com a Física Clássica.

Nesse contexto, ainda sobre a pesquisa de Sanches (2006), os livros didáticos, apesar de proporem a introdução do tema, o fazem de modo inadequado, uma vez que recaem sobre antigos problemas, como a grande quantidade de exercícios, preocupação matemática e memorização de alguns conteúdos. Ademais, seis livros, dos doze analisados, apresentam poucos capítulos tratando do tema, o que descaracteriza a importância da FMC. Outro problema é que em muitos casos a FMC é contemplada com textos complementares, no final dos capítulos, não focando de uma forma coesa.

Na análise dos alunos, foi constatado que esses se distanciam cada vez mais da Física. O ensino tradicional, voltado somente para o cálculo, a falta de aulas práticas e de conceitos que facilitem o aprendizado colaboram para essa situação. Entretanto, a FMC permite despertar a curiosidade e a atenção, visto que se aproxima a fatos mais contemporâneos, que instigam os alunos. Outra questão interessante é perceber que este grupo compreende FMC de forma bastante confusa. Este excerto contribuirá:

Resumindo, os alunos estão completamente afastados do mundo da ciência. Por meio das respostas obtidas nos questionários, podemos concluir que a estrutura atual de ensino representada, principalmente, pelos currículos, pelas escolas de formação de professores e pelos livros didáticos não permite ao aluno conhecer novas e velhas tecnologias, descontextualiza descobertas e construções científicas, limitando-se a um monocórdico processo de repetição, treinamento e [quase] nenhuma formação. (SANCHES, 2006, p.94)

A partir dessa visão, vamos nos deter a alguns artigos que se tornam interessantes devido as suas peculiaridades e contemplam metodologias do ensino de FMC no ensino médio.

Nóbrega e Mackedanz (2013) corroboram uma das causas anotadas anteriormente, eles acreditam que o desânimo dos professores visto que suas cargas horárias são demasiadas, e a remuneração baixa, consubstanciada com o atual descompromisso dos adolescentes pode ser uma das causas que afastam os jovens, da escolha por licenciaturas, evidenciando o problema de professores de outra área, ministrarem Física. Veja-se:

Com esta lacuna na formação inicial, muitos professores em exercício apenas reproduzem o livro didático em sala de aula, não envolvendo o estudante com questões práticas, associadas ao cotidiano dos mesmos, exceto quando propostas atividades similares pelo livro didático. Isto significa que o professor deixa de contextualizar o conteúdo da ciência, o que poderia torná-lo mais próximo do estudante e aumentar a significância de sua aprendizagem. Ainda assim, existem certos assuntos que podem ser vistos como tabu entre estes professores, em especial assuntos relacionados a tópicos como eletromagnetismo, a óptica física e a física moderna, principalmente na parte da temida física quântica. (NÓBREGA; MACKEDANZ, 2013, p.1-2.)

É perceptível então que o fato destes professores permearem as salas de aulas, e por vezes, não se preocuparem com o fenômeno físico, mostra a falta de contato sistematizado ou formal com assuntos discutidos atualmente na Física. Nesse sentido, o trabalho de Nóbrega e Mackedanz (2013) destaca-se pelo fato de propor a utilização de notícias e artigos científicos. Os autores baseiam-se nas discussões atuais para despertar o interesse dos alunos e adentrar na área da FMC. Utiliza uma matemática acessível e ao mesmo tempo propõe o entendimento e a aprendizagem dos conteúdos de Física Clássica, assim como, Termodinâmica e Eletromagnetismo. Os autores transparecem quanto a uma remodelação nos currículos, para uma introdução eficaz da FMC, pois o currículo enfatiza a Física Clássica. Compartilho desse e de mais alguns pontos colocados pelos autores, alguns professores sentem-se despreparados para trabalhar esse assunto, por falhas na formação, ou por falta de disciplinas que preocupassem com a didática da FMC, como explicitado por Sanches (2006). O que também se encaixa na visão de Timm (2012). Então, considerando-se essas situações, Nóbrega e Mackedanz (2013), propõem o porquê não utilizar uma das maiores máquinas já criada pelo ser humano, o *Large Hadron Collider* (LHC), como uma ferramenta na busca da atenção e gosto dos alunos pela Física. Além de possibilitar a discussão Física, ou seja, temas de FMC ou de Física Clássica aproveitar o LHC como precípuo material na construção das aulas, permite ao professor trazer à tona temas de epistemologia, – que se encaixam perfeitamente no artigo de Bastos Filho (2003), que será citado em seguida – de economia, política entre outros. Ademais, é determinada de maneira específica a grandiosidade do equipamento que a Organização Europeia para a Investigação Nuclear (CERN) comporta. É dada uma noção de componentes e funcionamentos interessantes, que, ao mesmo tempo em que ensinam, impressionam. Os cálculos feitos são simples e fomentam um entendimento bastante transparente de algumas das funções e situações do LHC. Além disso, o trabalho mostra que o LHC procura encontrar as partículas que permeiam o Universo, permitindo acreditar que o

modelo padrão das partículas é a teoria mais aceita sobre a composição da matéria produzida até hoje. Com um cálculo da energia encontrada em raios cósmicos produzidos por departamentos do LHC e os comparando com os do Sol, prova-se para o aluno que esse equipamento não traz riscos ao nosso planeta. Por fim, esclarece a impossibilidade da Terra ser sugada por um buraco negro, ou um miniburaco-negro que pudesse ser criado pela energia do LHC, segundo Nóbrega e Mackdanz (2013), se utilizarmos da radiação de Hawking, próxima ao horizonte de eventos, como padrão de entendimento esses possíveis miniburacos-negros se formariam e se extinguiriam quase que instantaneamente, assim fenômenos naturais de tal escala, qual seja o desaparecimento da Terra não se fariam nesse tempo.

Sobre a possibilidade da quantização dos fluxos de campo na radiação eletromagnética, Duarte (2013) apresenta um estudo aprofundado, direcionado a professores e a físicos teóricos, apoiado na unificação da expressão clássica e quântica para energia de radiação eletromagnética. O autor discute a possibilidade de quantização dos campos magnético e elétrico. Ele aprofunda a discussão sobre a radiação eletromagnética, deduzindo que um fóton poderia ser dividido em dois componentes, um quantum de fluxo magnético e um quantum de fluxo elétrico. Esse, por ser um texto mais denso, e com matemática mais rebuscada não concretizaria uma discussão ou atividade no Ensino Médio. Porém, constitui-se como um importante elemento de apoio para o professor manter-se atualizado no que concerne às discussões atuais em Física e não descaracterizar de sua formação, assim o artigo contempla a FMC e preconiza o constante aprendizado do professor, ponto em que garante seu destaque.

Bastos Filho (2003), traz à baila a discussão da Física Quântica, sobre o viés das questões epistemológicas. O pesquisador procura apresentar as características de algumas frentes filosóficas, as quais procuram explicar o que se entende por real, compreensível e causal no que tange à teoria quântica. A Física Quântica desperta curiosidade a uma gama de profissionais, dos leigos aos físicos, químicos, filósofos, psicólogos, então, a peculiaridade desse artigo encontra-se em oportunizar ao professor e aos demais o conhecimento de como a epistemologia percebe a quântica, talvez, assim, possibilite maneiras e entendimentos necessários para clareza em suas aulas. Apesar de ser um texto denso, é apropriado e contribui para a física no Ensino Médio, pois amplia a visão dos professores que, geralmente, tendem a seguinte situação esclarecida na citação abaixo, quando relacionados à Física Moderna:

Quando a teoria quântica é veiculada no processo de educação científica e de ensino então as coisas se apresentam de uma maneira mais preocupante e crítica. Frequentemente, quando a teoria quântica é apresentada nos cursos regulares, desaparecem todas as complexas polêmicas da *história real* e passam a aparecer *reconstruções racionais* tão forçadas e dirigidas que o objetivo precípua é o de fomentar a crença de que o pluralismo somente seria válido para o processo de discussão do *turbilhão da dúvida*⁷ mas que uma vez atingida a *síntese final* apenas existiria *uma e somente uma maneira justa e correta* de se conceber a multiplicidade dos fenômenos. (BASTOS FILHO, 2003, p.127)

Este texto pode ser visto como instrumento de auxílio no entendimento do professor, ao engrandecer o conhecimento sobre como compreender a Física Quântica de um ponto de vista intrínseco à Filosofia da Ciência. Permitindo discutir se o real existe ou não, se devemos acreditar que apenas o que é observado é ciência, e assim por diante. Além disso, este texto fornece ao professor subsídios para refletir sobre como considerar a Física Moderna de um modo não relacionado, diretamente, ao experimento e ao resultado matemático, mas, sim, como essa teoria se tornou conteúdo de curiosidade e discussões entre os cientistas de tal época. Baseado nas próprias correntes filosóficas -as quais foram seguidas pelos cientistas- e nas políticas envolvidas, acrescenta subsídios, além do conteúdo físico. Outro ponto a destacar no texto é a constante discussão sobre a valia do experimento ou da teoria, na visão dos filósofos da Ciência, que apontam dados e os trazem sobre a gênese, os quais ampliam muito o entendimento. Essa questão, na perspectiva deste pesquisador, é um diálogo que se encontra longe do fim, e concordo com as várias correntes que acreditam que esta discussão é a precípua no desenvolvimento da ciência. Não se pode negar que podemos encontrar evolução na Ciência através da refutação de teorias sempre em busca daquela que possa explicar mais, satisfatoriamente, um fenômeno.

Com base nas pesquisas supracitadas é possível admitir-se que a FMC vem sendo contemplada nas publicações científicas nacionais. Entretanto, é notável também que em duas das pesquisas citadas o professor aparece como um dos responsáveis pela dificuldade de uma introdução mais eficaz da FMC. Anteriormente, fatores já foram apontados para que estes sejam responsabilizados. Em sua defesa, educadores afirmam que faltam condições para trabalhar FMC no Ensino Médio, sendo a formação deficitária a principal, muito embora não se deixe de aventar o problema da falta de didáticas e de ferramentas de introdução da FMC. É perceptível, também, que nenhuma das quatro pesquisas foca nessas dificuldades. Nessa perspectiva, Ostermann, Ferreira e Cavalcanti (1998) trata da supercondutividade, mas permeia mais o campo físico, dando noções de conteúdo e não de metodologias; já Sanches

(2006), comprova a existência desses problemas, direcionando questionamentos a professores e alunos, terminando com uma análise nos livros didáticos. Nóbrega e Mackedanz (2013) é o que mais se aproxima de uma maneira didática, fomentando algumas ideias latentes, mas a priori adentra a existência de equipamentos que podem prender a atenção do aluno, e assim servir para explicar a física num todo. Duarte (2013) apenas aprofunda uma discussão que contempla o professor e não se refere à utilização no Ensino Médio. Bastos Filho (2003) aborda o assunto do ponto de vista epistemológico, procurando fornecer uma ideia de como a teoria quântica pode ser interessante deste viés. Todos eles foram escolhidos pelas suas peculiaridades e contribuições para uma abordagem quanto à FMC nas pesquisas, porém eles demonstram a importância de investigar metodologias didáticas que venham a inserir de forma eficaz a FMC no Ensino Médio. É partindo desse contexto que será proposta a metodologia de pesquisa, a partir da qual procuramos possibilitar uma metodologia de trabalho para a FMC.

2.2 O que são Física Moderna e Contemporânea e por que estudá-las

O título Física Moderna inspira a crença em uma Física desenvolvida nos dias atuais, todavia, ao se analisar a história dessa disciplina, encontra-se outro entendimento. Para muitos, a Física Moderna iniciou-se em 1900, com o estudo sobre a radiação do corpo negro, porém, segundo Chesman, André e Macêdo (2004), o nascimento dessa se deu em estudos realizados no período de 1850 a 1940, pois se acredita que a Física Quântica tem seu início em 1850, com os estudos sobre descargas elétricas em gases rarefeitos. Dessa forma, a chamada Física Moderna, origina-se de duas grandes frentes, quais sejam a relatividade proposta por Albert Einstein e a mecânica quântica de Max Karl Ernst Ludwig Planck.

Já a Física contemporânea, segundo Helayél-Neto, pode ser entendida da seguinte forma:

Descreve os fenômenos naturais em termos de quatro interações fundamentais que, para efeitos de compreensão em contexto mais próximo da física newtoniana podemos pensar como sendo descritas por campos de forças. A força gravitacional e eletromagnética são as interações fundamentais que se fazem sentir no mundo macroscópico, inclusive em escala humana. As outras duas, a força nuclear forte e a

força nuclear fraca, não se revelam em escala macroscópica. Aparecem apenas em escala subatômica – na verdade, como o nome indica, nas escalas nuclear e subnuclear, portanto a distâncias tão pequenas ou ainda menores que o décimo do trilionésimo do centímetro, o que corresponde ao centésimo de milésimo da escala atômica ou a milionésima parte da nanoescala. (2005, p. 45)

Partindo desses pressupostos é possível entender, com base nos ensinamentos de Chesman, André e Macêdo (2004), que a Física Contemporânea é uma continuação da Física Moderna, descoberta por Planck e reforçada por Einstein. Esse viés contemporâneo dedica-se ao estudo do átomo e suas subpartículas, na busca de respostas que nos levem a entender o Universo de uma forma mais completa, porém, é baseado nas afirmações da mecânica quântica. O principal motivo para estudar a FMC é pelo simples fato de que a visão clássica não pode responder a alguns questionamentos no mundo microscópico, o que a limita. Assim, ao não se estabelecer contato com essa faceta da Física, estar-se-á, no mínimo, negando a história da evolução científica da humanidade, principalmente, conforme mostra Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2007, p.410), aos conhecimentos científicos, já que a FMC possibilita aplicação desde o microcosmo do átomo até o macrocosmo dos espaços intergalácticos.

2.2.1 Início da Física Moderna: a quantização da matéria, na visão de Planck

Utilizando-se das palavras de Chesman, André e Macêdo (2004), a teoria estudada na época correspondia à Termodinâmica e ao Eletromagnetismo, e Planck procurava uma maneira de unir as duas áreas, utilizando a energia como fator comum. Com idade avançada, ele criou a hipótese de que um corpo quente, ao emitir radiação, perderia energia, não de maneira contínua, mas sim em quantidades encerradas e discretas, ao que nomeou de “teoria dos quanta”. As partículas que portam o quanta são conhecidas, atualmente, como “fótons”, os quais, também segundo Chesman, André e Macêdo (2004), irradiam energia proporcional à sua frequência, conforme a conhecida expressão criada por Planck, $E = h.f$ ³. Uma citação sobre a física teórica se faz pertinente:

³ Equação que corresponde à quantidade de energia de um quanta, baseado na sua frequência.

É nesta situação que atualmente se situa a teoria relativa às leis da irradiação térmica e do movimento molecular em baixas temperaturas. Há quinze anos, ninguém duvidava que, nas bases da mecânica Galileu/Newton aplicada aos movimentos moleculares, bem como pela teoria de Maxwell sobre o campo magnético, fosse possível obter uma representação exata das propriedades elétricas óticas e térmicas dos corpos. Planck então mostrou que, para fundar uma lei da irradiação térmica correspondente à experiência, é preciso utilizar um método de cálculo cuja incompatibilidade com os princípios da mecânica clássica se tornava cada vez mais flagrante. Por este método de cálculo, Planck introduzia na física a célebre hipótese dos quanta que depois foi notavelmente confirmada. (EINSTEIN, 1981, p. 143)

A natureza da luz sempre intrigou os cientistas, da época de Platão até os dias atuais. Platão e Euclides acreditavam que a luz definia-se por raios emitidos pelos olhos; já os Pitagóricos a caracterizavam como pequenas partículas que eram emanadas pelos corpos luminosos. Dessa forma, segundo Hewitt (2011), desde os primórdios da humanidade, uma pergunta não apresentava resposta satisfatória: a luz consiste em ondas ou em partículas?

Em 1704, Isaac Newton deu sua opinião. Embasado em suas experiências, ele acreditava que a luz seria uma corrente de partículas. Já Christian Huygens, seu contemporâneo, defendia a ideia da natureza ondulatória. Como relata Ricci e Ostermann (2003), em 1801, Thomas Young quase deu fim a essa discussão com sua experiência da fenda dupla, provando que a luz comportava-se como onda, o que foi reforçado pelas teorizações de James Clerk Maxwell sobre campos elétricos e magnéticos.

Heinrich Hertz, ao produzir faíscas por meio de circuitos elétricos, enfatizava cada vez mais a natureza ondulatória. Chesman, André e Macêdo (2004) escreve que, em 1905, Albert Einstein, utilizando as definições de Planck antes citadas, afirmou que a luz interage com a matéria como minúsculos pacotes de energia chamados de fótons. Assim, constitui-se o que chamamos de Física Moderna. Atualmente, diante da verificação de que, no mundo quântico, a energia possui a característica de comportar-se ora como onda ora como partícula e que produz uma revolução tanto na Física quanto nas correntes filosóficas, a Ciência mudava o modo de o mundo pensar.

Conforme Chesman, André e Macêdo (2004), o efeito fotoelétrico não deixa dúvidas sobre as propriedades corpusculares da radiação; ele se resume pela utilização feita por Albert Einstein [1905], da teoria quântica no problema que Philipp Eduard Anton von Lenard não conseguia responder baseado somente na Física Clássica. Lenard tentava explicar como a luz era responsável pela emissão de corrente, mas não encontrava explicações para os seguintes impasses: ao aumentar a intensidade de luz, percebia um aumento na intensidade de corrente

elétrica, porém não notava mudança alguma no potencial de corte. Como Millikan observou, havia a necessidade de uma frequência de corte. Outro problema era que um átomo levaria certo tempo para adquirir energia e ser emitido, o que nunca foi registrado.

Ainda segundo Chesman, André e Macêdo (2004), esse fato intrigava a comunidade científica, que não encontrava em nuance alguma da Física Clássica a ligação entre frequência e energia cinética, já que se acreditava que a energia era dada por $E = e.U$ ⁴. Lenard percebia o efeito, mas não conseguia explicar, principalmente, o não aumento do potencial com a intensidade de luz, a frequência de corte e a falta do “atraso” temporal que o elétron deveria possuir. Então, conforme relata Ricci e Ostermann (2003), Einstein, em 1905, inova, definindo a luz como partículas luminosas, as quais foram batizadas de fótons, em 1926, pelo químico norte-americano Gilbert Lewis. Partindo desse ponto, o efeito fotoelétrico passou a ser apenas o choque entre duas partículas: o fóton e o elétron.

No que se refere às resoluções lógicas que apareceram para os problemas de Lenard, o problema de o potencial não aumentar com a intensidade de luz explica-se pelo fato de que, quanto mais luz, mais fótons e, conseqüentemente, mais elétrons arrancados, ou seja, mais corrente. A questão da frequência de corte explica-se, rapidamente, pois se um fóton não tiver energia suficiente para arrancar um elétron, na conhecida função trabalho, de nada adianta aumentar a intensidade, até que a energia não se iguale à do elétron para transmiti-la integralmente, não havendo o efeito. A questão do atraso temporal também é resolvida, pois, seguindo o princípio da colisão, a energia é transferida, instantaneamente, num choque fóton-elétron.

Segundo Hewitt (2011), a partir do experimento da fenda dupla, proposto por Thomas Young, cria-se uma interferência, pelo fato de uma luz monocromática atravessar um par de fendas estreitas próximas que mostram um determinado padrão e comprovam a natureza ondulatória. Porém, analisando-se da perspectiva dos fótons, ao colocarmos um filme sensível atrás das fendas, veremos que, quando diminuirmos a intensidade luminosa da nossa fonte, são perceptíveis apenas alguns pontos aleatórios a perturbarem o filme; todavia, ao aumentarmos a intensidade, o filme vai se fazendo mais claro fóton a fóton. Assim, a dualidade onda partícula na Física faz-se presente, mostrando à comunidade científica que podemos ter duas interpretações para um mesmo fenômeno. Uma frase retrata a novidade do mundo quântico: “A Física Quântica nos diz que o mundo físico é um lugar grosseiro e cheio de granulosidade,

⁴ Equação que relaciona a quantidade de carga elementar com a diferença de potencial.

em vez de suave e contínuo, como estávamos acostumados a pensar” (HEWITT, 2011, p. 555).

Vários conceitos físicos e vários cientistas poderiam ser mencionados neste texto para reforçar nossa compreensão quanto à necessidade da exposição da Física Quântica. Entre tais nomes, está o de Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger, que trouxe contribuições importantes sobre a função de onda, segundo Chesman, André e Macêdo (2004), e que poderia ser considerado o cientista que renovou a Física Quântica. Porém, entendemos que tal conteúdo foge do escopo do trabalho e está mais voltado ao Nível Superior, quando pode ser tratado de forma mais científica, ainda que a discussão sobre o estado de superposição ondulatória verificado pela sua famosa experiência do gato seja um adendo bastante interessante. Assim, efetivamente, no âmbito da Educação Básica sobre a Mecânica Quântica, essas breves discussões já são suficientes.

2.2.2 A relatividade e a Física Moderna: contribuições de Albert Einstein

Albert Einstein nasceu na Alemanha, mas passou parte da sua vida na Suíça. Expoente em Matemática e Física, começou a mostrar sua genialidade a partir de uma percepção diferente do senso comum, quando questionava a diferença em relação aos movimentos das partículas postulados por Sir Isaac Newton e James Clerck Maxwell (HEWITT, 2011). Para o jovem Einstein, segundo Halliday, Resnick e Walker (2012), as considerações propostas por Newton de que as leis da Mecânica são as mesmas em todos os referenciais inerciais seriam expandidas e consideradas por meio de todas as leis da Física. Porém, um fenômeno se torna diferente: a simultaneidade. Para Newton, o tempo era absoluto, e, portanto, um fenômeno simultâneo não dependia do referencial. Para Einstein, contudo, isso passava a ser relativo. E é assim que ele muda o pensamento da Física. Tais ideias existem somente no campo ideal, sabendo-se que ainda não há naves espaciais capazes de mudar suas dimensões de repouso, pois não atingem altas velocidades, próximas da velocidade da luz. Dessa forma, o não entendimento por completo dessas discussões é justificável à medida que exige um imenso esforço intelectual.

Antes de adentrarmos mais especificamente, no campo dos significados físicos e das teorias físicas propostas por Albert Einstein, faz-se fundamental uma menção à característica de Einstein não só como físico, mas como um ser humano preocupado com as questões do mundo, no que tange a sua forma de relações, entre elas, políticas, econômicas e filosóficas. Para isso se traz a citação abaixo que corrobora o intuito dessa dissertação:

A arte, mais do que a ciência, pode desejar e esforçar-se por atingir o aperfeiçoamento moral e estético. A compreensão de outrem somente progredirá com a partilha de alegrias e sofrimentos. A atividade moral implica a educação destas impulsões profundas e a religião se vê com isto purificada de suas superstições. O terrível dilema da situação política explica-se por este pecado de omissão de nossa civilização. Sem cultura moral, nenhuma saída para os homens. (EINSTEIN, 1981, p.25).

Para compreendermos esta seção do estudo, é de fundamental importância estar claro o significado de sistema de referencial. Quanto a isso, podemos avaliar a seguinte situação: uma pessoa pode estar em movimento em relação a uma mesa, mas em repouso em relação a outra pessoa que se movimenta com a mesma velocidade em relação à mesa. Assim, a Terra não pode ser considerada um referencial absoluto, tendo em vista que gira em torno do seu eixo imaginário, assim como em volta do Sol, e o Sol, por sua vez, também está em movimento. Logo, essa é uma ideia relativa que depende do sistema a ser escolhido; então, a palavra “relatividade” remonta aos primórdios, quando cientistas como Copérnico, Galileu e Newton já deduziam a necessidade de referencial, ou seja de relatividade.

De acordo com Chesman, André e Macêdo (2004), em 1887, Albert Abraham Michelson e Edward Williams Morley perguntavam-se: se é uma onda, a luz precisa de um meio para vibrar? Chamando esse hipotético meio de éter, eles acreditavam que esse preenchesse todo o espaço e pudesse ser um sistema de referência acoplado ao espaço. Para testar essa hipótese, utilizaram um aparelho chamado de “interferômetro”, que funcionava a partir de um feixe de luz monocromático dividido em dois caminhos. Dessa forma, ao propagar-se em direções diferentes, ora a favor do movimento da Terra, ora contra o movimento, seria perceptível uma diferença no tempo de chegada dos feixes; porém, nunca houve essa diferença.

Durante o século XIX, muitos físicos acreditavam que a luz se deslocasse através de um meio hipotético chamado éter, do mesmo modo que o som se propaga no ar. Se isso fosse verdade, a velocidade da luz em relação a observadores diferentes

dependeria da velocidade relativa entre os observadores e, portanto, teria diversos valores para direções diferentes (YOUNG et al., 2008 p. 142).

Nessa perspectiva, estaria sendo contrariada a ideia de movimento relativo em direção a uma fonte emissora, no mesmo sentido ou em sentido contrário, capaz de alterar a velocidade de percepção da onda (CHESMAN; ANDRÉ; MACÊDO, 2004). Vários outros cientistas buscaram explicações e variações para o experimento de Michelson e Morley. No entanto, os mesmos resultados eram encontrados e a dúvida permanecia.

Assim, Hendrik A. Lorentz propôs que o equipamento sofria um encurtamento proporcional à diferença que estava sendo buscada. Em 1905, em um artigo que foi escrito no considerado *annus mirabilis*⁵, Einstein argumentava que não era o aparelho que encurtava, como entendia Lorentz, e sim o espaço como um todo. É então que propõe a teoria da relatividade especial, também conhecida como “teoria da relatividade restrita”. Para tanto, baseia-se em apenas dois postulados: “As leis da física são as mesmas para todos os observadores situados em referenciais inerciais. Não existe um referencial absoluto. A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor c ⁶ em todas as direções e em todos os referenciais inerciais” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 141).

Esses dois postulados desencadeiam algumas mudanças no entendimento de simultaneidade; por exemplo, o que antes era constante passa a ser relativo. Para elucidar o exposto, Halliday, Resnick e Walker (2012) propõem a seguinte situação: imaginemos uma pessoa chamada João em uma estação de trem e outra pessoa, no caso Maria dentro do trem, em movimento relativo a João. Partindo desse pressuposto, se um evento acontecer e for anotado por João como simultâneo, será que para Maria ele também será simultâneo? A resposta do ponto de vista clássico, e do senso comum é, sim. Se considerarmos isso para altas velocidades e deduzirmos que Maria se movimenta a uma velocidade próxima de c em relação a João, podemos concluir que, nesse caso, João pode perceber um evento simultâneo, mas Maria não:

Um evento que ocorre simultaneamente a outro em relação a um observador pode não ocorrer simultaneamente em relação a outro observador.

⁵ Expressão latina que significa “o ano maravilhoso, miraculoso”. Geralmente usado para os cientistas Isaac Newton e Albert Einstein.

⁶ A letra c é utilizada na física para representar o valor da velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo, cujo valor, atualmente, é mensurado em 299 792 458 m/s.

Quando existe movimento relativo entre dois observadores e eles efetuam medidas de intervalos de tempo e distância, os resultados obtidos podem não concordar. Para que a lei da conservação da energia e a lei da conservação do momento linear sejam válidas em qualquer sistema de referencial inercial, a segunda lei de Newton e as equações para a energia cinética e o momento linear devem ser reformuladas (YOUNG et al., 2009, p. 141).

No entendimento de Young et al. (2009), a relatividade de Einstein é tão importante que permite uma nova forma de ver todas as áreas da Física, desde a Termodinâmica até a Física das partículas de alta energia.

Com esses poucos enunciados, poderíamos conceber a dilatação temporal, segundo Halliday, Resnick e Walker (2012), que afirmam ser perceptível um alongamento no tempo se um dos sistemas analisados movimentar-se próximo de c , em comparação a outro ponto de referencial inercial.

“O fenômeno do aumento do intervalo de tempo medido em consequência do movimento do referencial é chamado de dilatação do tempo” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 146). Considerando-se essa sentença, podemos avaliar uma mudança também nos comprimentos: se o tempo pode ser dilatado, ou seja, percebido de forma diferente por dois observadores, o mesmo ocorrerá com o comprimento. Para essa compreensão, utilizamos o postulado de Einstein, que afirma que c é constante. Assim, se um corpo de comprimento L estiver em repouso em relação a um observador A , e se, para um segundo, B , se deslocar a velocidades altas próximas a c , o comprimento desse corpo será reduzido, pois seu tempo é menor em comparação ao primeiro. Tudo depende de quem considerarmos em movimento, ou seja, para o observador A , quem se desloca é o corpo, e por isso é ele que se contrai: “O comprimento medido em outro referencial em relação ao qual o corpo está se movendo (na direção da dimensão que está sendo medida) é sempre menor que o comprimento próprio”. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 150).

Depois dessas breves interpretações, as quais fomentam a diferença entre a velocidade relativa, no que tange à Física Clássica em comparação à Física Moderna, passa-se a compreender a remodelagem conceitual da massa e energia. Com base no exposto, entendemos que o momentum, ou a quantidade de movimento de um corpo seria alterado, se considerarmos a relatividade: “Isso significa que o momentum pode aumentar sem qualquer limite? A resposta é sim! Isso significa que o valor da velocidade pode crescer sem limites? A resposta é não! O limite de rapidez imposto pela natureza para objetos materiais é c ” (HEWITT, 2011, p. 645).

Além disso, segundo Hewitt (2011), se pensarmos no entendimento de Newton, o momentum infinito poderia existir de duas formas: aumentando ou a velocidade ou a massa. Para Einstein, no entanto, isso é diferente, à medida em que adiciona o fator de Lorentz, ou equações das transformações de Lorentz, cujas consequências são apontadas por Halliday, Resnick e Walker (2012): a simultaneidade, a dilatação temporal e a contração da distância. Ao calcular o momentum, partindo da relatividade especial, restam duas escolhas: “(1) Abandonar a lei da conservação do momento; (2) mudar a definição de momento para uma forma tal que a lei da conservação do momento continue a ser respeitada. A escolha correta é a segunda” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 161).

Então, utilizando-se do fator de Lorentz e sabendo que a velocidade possui um limite, é possível compreender um novo momentum, no qual nem a velocidade nem a massa poderiam ser os responsáveis por essa mudança de entendimentos, senão o fator de Lorentz, que, nesse passo, já se apresentava como a perturbação no espaço-tempo. Com essas considerações, além de unir o espaço e o tempo, Einstein passava a unir a massa e a energia.

Assim, como relatam Halliday, Resnick e Walker (2012), os químicos acreditavam que a massa e a energia conservavam-se de forma separada. Porém, em [1905], Einstein demonstrou que, segundo a teoria da relatividade especial, a massa pode ser considerada uma espécie de energia, de modo que a conservação da massa e da energia constituem uma lei única. Portanto, a equação científica mais famosa de todos os tempos, $E = m_0c^2$ ⁷, atribui para um corpo massivo em repouso uma grande quantidade de energia: “A energia de um objeto macroscópico, como uma moeda, por exemplo, é gigantesca: a energia elétrica equivalente custaria mais de um milhão de dólares” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 163).

Com essas considerações, já é possível entender o quanto é significativa a mudança entre Física Clássica e FMC, percebendo-se uma mudança de entendimento de um mesmo fenômeno, que não exclui o antigo, mas passa a explicar o que esse não fazia. Por conseguinte, torna-se inconcebível a falta de contato do aluno com essa realidade do mundo em que vive.

Para finalizar nosso estudo sobre a relatividade de Einstein, abordaremos apenas a diferença entre relatividade especial e geral.

A relatividade geral é a extensão de Einstein da relatividade especial, a partir de agora ele começa a considerar referenciais acelerados e configura o princípio da equivalência, veja:

⁷ Equação de Albert Einstein que relaciona a massa de repouso de uma partícula com a velocidade da luz.

A generalização da teoria da relatividade para referências não inerciais, feita por Einstein em 1916, é conhecida como teoria geral da relatividade. Ela é muito mais difícil, matematicamente, do que a teoria da relatividade restrita e existem menos situações onde ela pode ser testada. Ainda assim, sua importância justifica uma breve discussão qualitativa. A base da teoria geral da relatividade é o princípio da equivalência:

Um campo gravitacional homogêneo é completamente equivalente a um referencial uniformemente acelerado (TIPLER; MOSCA, 2010, p. 171).

Hewitt (2011) registram que Einstein passa a considerar que a aceleração de uma nave, desde que seja da mesma ordem de grandeza de g^8 , serviria como um sistema de referência. Se estivéssemos num compartimento fechado no espaço, e este possuísse uma aceleração de g , não teríamos como afirmar se estaríamos na Terra ou na nave, pois a sensação que nossos corpos teriam seria a mesma. Assim, um referencial acelerado poderia ser considerado, também, um sistema de referência. A aceleração pode ser entendida como uma espécie de gravidade. Logo, Hewitt (2011) afirmam que Newton propunha a concepção de que a atração entre as massas era a responsável pela força peso. Einstein, entretanto, alertava que massa e energia são constitutivos, de modo que um sistema acelerado desvia a luz exatamente como se esta sofresse uma interação massiva com outro corpo, mostrando que a luz sofre o efeito da gravidade. Segundo os mesmos autores (2011), outra previsão da teoria geral da relatividade de Einstein é a respeito do potencial gravitacional, ou seja, a gravidade é maior numa estrela da ordem de grandeza do Sol, ou em corpos ainda maiores, se comparada com a da Terra. Teoricamente, passou-se a entender por que a luz sofre um desvio mais considerável perto das massas: sua gravidade não deixa de ser uma aceleração, o que propicia o desvio da luz.

Um relógio numa região de potencial gravitacional baixo irá, portanto, andar mais devagar do que um relógio numa região de potencial gravitacional mais alto. Como um átomo vibrando pode ser considerado um relógio, a frequência de vibração do átomo numa região de potencial baixo, como perto do Sol, será menor do que a frequência de vibração do mesmo átomo na Terra. Este deslocamento em direções a frequências mais baixas e, portanto, para maiores comprimentos de onda é chamado de deslocamento para o vermelho gravitacional (TIPLER; MOSCA, 2010, p. 173).

⁸ Aceleração gravitacional newtoniana que corresponde a aproximadamente 10 m/s^2 .

É evidente que muitas outras explicações seriam cabíveis aqui para conceituar a relatividade especial e geral. Contudo, as mencionadas já são suficientes para justificar a necessidade do seu estudo no Ensino Médio.

2.2.3 O estudo da Física Contemporânea: modelo padrão das partículas

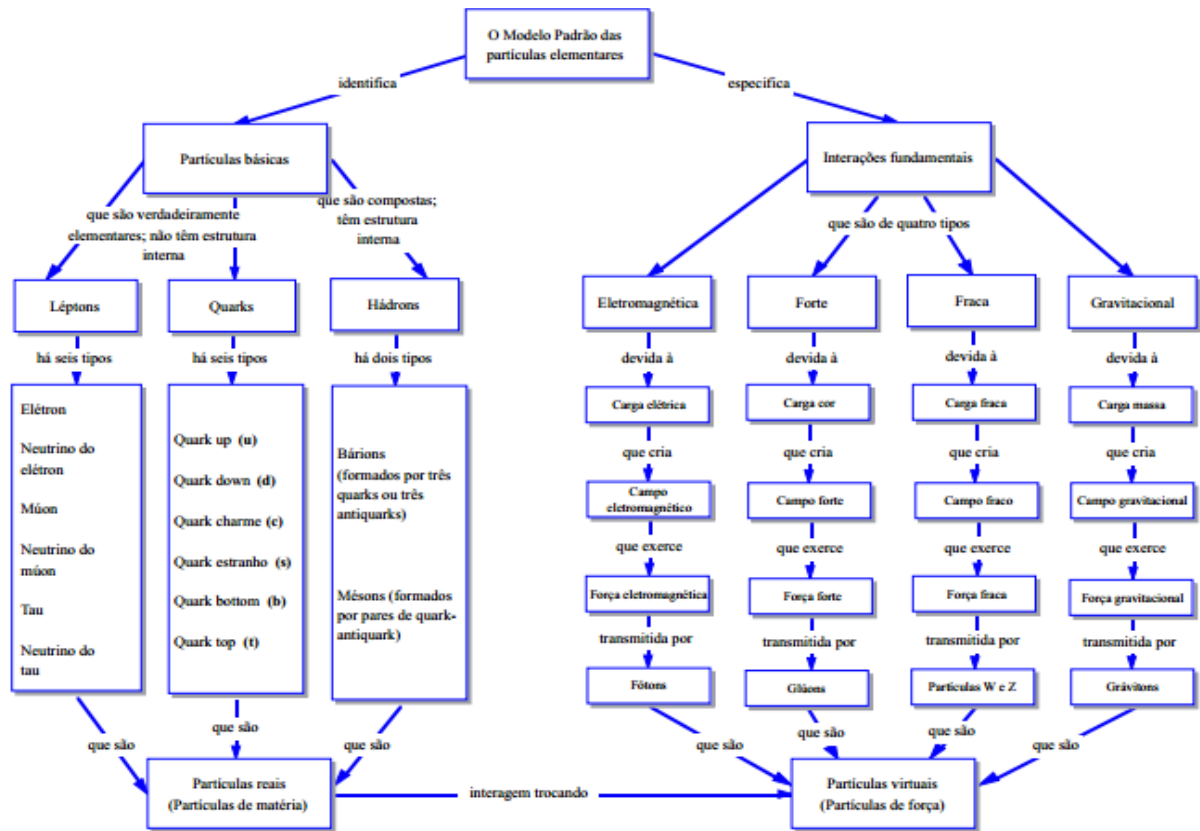
Algumas discussões sobre interações e partículas podem ser levadas aos alunos por uma das teorias mais aceitas atualmente, o modelo padrão das partículas. Esse pode ser apresentado aos alunos como uma forte corrente de estudo atual da Física, sobretudo quando o assunto de aceleradores e colisores de partículas faz-se mais presente na mídia e quando o Prêmio Nobel de Física de 2013 é sobre o bóson de Higgs.

Desse modo, “O chamado Modelo Padrão das partículas elementares não é propriamente um modelo, é uma teoria. E das melhores que temos, aliás na opinião de muitos físicos, a melhor de todas sobre a natureza da matéria” (MOREIRA, 2009, p. 1). Não encerrando essa teoria como a única verdadeira, mas apenas a indicando como a mais aceitável. É de fundamental importância que o aluno compreenda que o átomo estudado na escola não é mais aquele com duas esferas de cores diferentes colocados no centro, enquanto outro ponto circunda essas esferas, como de costume é explicado. Além de passar a vida inteira associando formato e cores a partículas, prótons, nêutrons e elétrons, o aluno associa o tamanho que erroneamente é dado, acreditando, por exemplo, que o elétron está próximo do núcleo e que possui a mesma dimensão. Se nos limitássemos a essa questão, poderíamos levantar vários problemas de representação semiótica.

A estrutura das subpartículas, divididas inicialmente em hádrons e léptons, é uma cultura científica que nunca fará parte do conhecimento das pessoas que não trabalham diretamente com a Física Contemporânea, as quais estão condenadas à ignorância, no sentido mais exato da palavra, no que tange à história e à cultura da humanidade.

Na figura 1 temos a representação do modelo Padrão:

Figura 1- Esquema das partículas que contém o modelo padrão.



Fonte: Moreira (2009).

Essa figura expressa as discussões a serem tomadas a respeito das interações de força e campo, com as partículas propostas pelo modelo padrão, incluindo o bóson de Higgs, que proporcionou a esse cientista e a François Englert o Prêmio Nobel de 2013. Segundo Nóbrega e Mackedanz (2013), ambos, associados a outros cientistas, propuseram que cada partícula possui um arraste característico ao interagir com o campo de Higgs, disposto por todo o universo após o Big Bang. Assim, de forma análoga à inércia de Newton, cada partícula interage de forma diferente com o campo de Higgs, caracterizando o que chamamos de massa. O Bóson de Higgs pode ser compreendido mais especificamente da seguinte forma:

Na Mecânica Quântica toda partícula elementar é associada a um campo. Assim, quando o campo de Higgs, que permeia todo o universo, recebe energia suficiente, ele cria uma partícula, o Higgs, que é uma excitação do campo de Higgs. Por outro lado, quando a partícula de Higgs interage com outras partículas elementares (elétrons, quarks,...), ela transfere energia, na forma de massa, do campo de Higgs para a partícula elementar. Lembre-se que massa é uma forma de energia. Portanto,

dependendo da intensidade da interação do Higgs com uma partícula elementar, o campo de Higgs determina a "quantidade" massa desta partícula. (PIMENTA, et.al. 2013, p.2)

Nesse momento, podemos trazer outra discussão à tona: os aceleradores e colisores de partículas, como Nóbrega e Mackedanz (2013), propuseram e já se evidenciou. Essa espécie de trabalho aproxima o aluno de situações, geralmente, encontradas em minisséries e filmes de ficção científica. As recomendações expressas pelos PCN +, de contextualização do ensino e de conhecimento de mundo do aluno, corroboram essa necessidade:

Por outro lado estudar o funcionamento de uma das maiores máquinas já construídas pelo ser humano fornece uma dimensão epistemológica diferente, podendo ser aproveitada não somente no ensino de física, mas também no ensino de humanidades, analisando os benefícios e malefícios que essa máquina pode trazer ao meio ambiente, relações entre cientistas e a economia dos países que sediam o experimento; não esquecendo, é claro, os países que colaboraram para a construção dessa máquina (NÓBREGA; MACKEDANZ, 2013, p. 3).

Ao partir de tais parâmetros para o estudo dessas máquinas, além de estarmos seguindo a lei no que tange à discussão deste tema baseado nas mais variadas disciplinas, estaremos ampliando o leque de conteúdos da própria Física. Enfim, a FMC não pode ser abandonada ao conhecimento não sistematizado dos alunos, pois, caso isso ocorresse, Astrofísica, Radiações, Física Nuclear de altas energias seriam relegadas ao senso comum.

2.3 Disposições legais que têm implicações no ensino de FMC.

Outra questão a ser destacada na atual realidade brasileira, no que diz respeito ao Ensino Médio, concerne às afirmações da legislação contida na LDB e reforçada pelo PCN e pelo PCN + sobre Física, mais especificamente sobre FMC. Ainda é relevante evidenciar que as citações a seguir descritas ampliam a necessidade de efetivar este ensino. Assim, com base na análise da LDB a partir dos princípios e fins da educação nacional, encontra-se, no artigo

dois, que: “A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (BRASIL, 1996, p. 8).

No capítulo dois, “da educação básica, das disposições gerais”, por sua vez, está disposto que “A educação básica tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores” (BRASIL, 1996, p.20).

Na seção IV, no que tange ao Ensino Médio, regra-se, sobre a finalidade desse nível de ensino, que:

Art. 35. O ensino médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidades:

I - a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II - a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III - o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1996, p.28-29).

Percebe-se, com base no artigo 35, que a lei incentiva que os trabalhos sejam conduzidos de tal forma que o aluno tenha capacidade de compreensão. Assim, sem aprofundar os conhecimentos, sem o discente se aprimorar, se estaria indo contra a lei, e, para que esse aluno tenha direito a essas considerações, não pode ser privado da FMC.

Art. 36. O currículo do ensino médio observará o disposto na Seção I deste Capítulo e as seguintes diretrizes:

I - destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

II - adotará metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes;

§ 1º. Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstre:

I - domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna; (BRASIL, 1996, p.29-30).

O pensamento reflexivo, o espírito científico e a criação cultural, juntamente com divulgação desses, os quais constituem o patrimônio da humanidade, além de formarem um cidadão crítico e atuante na física, permeiam não só essa área, mas sim a sua formação intelectual como um todo.

V - suscitar o desejo permanente de aperfeiçoamento cultural e profissional e possibilitar a correspondente concretização, integrando os conhecimentos que vão sendo adquiridos numa estrutura intelectual sistematizadora do conhecimento de cada geração;

VI - estimular o conhecimento dos problemas do mundo presente, em particular os nacionais e regionais, prestar serviços especializados à comunidade e estabelecer com esta uma relação de reciprocidade;

VII - promover a extensão, aberta à participação da população, visando à difusão das conquistas e benefícios resultantes da criação cultural e da pesquisa científica e tecnológica geradas na instituição (BRASIL, 1996, p.35-36).

Como seria possível conceber a lei como, efetivamente, aplicada, se ela dispõe que devemos estimular o conhecimento dos problemas do mundo presente e, simultaneamente, promover a extensão e a difusão das conquistas da criação cultural, se não for dada ênfase à FMC? Depois dessas citações, é importante destacar que uma análise mais minuciosa poderia evidenciar ainda mais artigos da LDB que contemplam a utilização da FMC, portanto, o conteúdo deste item evidencia de forma satisfatória a aplicação no Ensino Médio por lidimidade dada pela LDB.

Uma vez percorrido um trabalho elucidativo sobre o tema, faz-se necessário, agora, analisar o PCN e o PCN +, os quais são documentos complementares à LDB e servem para nortear o trabalho e as opções curriculares das escolas no Brasil. Assim como antes, serão apontadas, aqui, citações que venham a fomentar o ensino de FMC.

Iniciando pelo PCNEM, na parte que diz respeito ao sentido do aprendizado na área, destaca-se:

No nível médio, esses objetivos envolvem, de um lado, o aprofundamento dos saberes disciplinares em Biologia, Física, Química e Matemática, com procedimentos científicos pertinentes aos seus objetos de estudo, com metas

formativas particulares, até mesmo com tratamentos didáticos específicos. De outro lado, envolvem a articulação interdisciplinar desses saberes, propiciada por várias circunstâncias, dentre as quais se destacam os conteúdos tecnológicos e práticos, já presentes junto a cada disciplina, mas particularmente apropriados para serem tratados desde uma perspectiva integradora (BRASIL, 2000, p.6).

Essas disposições remetem a duas situações, quais sejam a transdisciplinaridade no ensino e o aprofundamento dos saberes disciplinares. No que tange à Física, mais uma vez a FMC se faz necessária, assim, especificamente, no que diz respeito à Física e às suas relações com Biologia, Química e Matemática, no sentido do aprendizado, intensificando a interdisciplinaridade e fomentando uma formação mais universal do aluno, promovendo um preparo além de científico e do filosófico-intelectual, tem-se:

Nunca é demais insistir que não se trata de se incorporar elementos da ciência contemporânea simplesmente por conta de sua importância instrumental utilitária. Trata-se, isso sim, de se prover os alunos de condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam. Vale a pena lembrar que, lado a lado com uma demarcação disciplinar, é preciso desenvolver uma articulação interdisciplinar, de forma a conduzir organicamente o aprendizado pretendido. A interdisciplinaridade tem uma variedade de sentidos e de dimensões que podem se confundir, mas são todos importantes (BRASIL, 2000, p.8).

O ensinar FMC não está relacionado diretamente com a utilização desta de forma científica na vida ou num local específico, mas sim a proporcionar condições sistematizadas de o aluno conhecer as criações humanas, as quais fizeram e fazem parte da sua vida. Assim, o ser humano necessita dessa compreensão.

Na parte de competências e habilidades, merecem destaque, dentro da representação e comunicação, os itens:

- Ler e interpretar textos de interesse científico e tecnológico.
- Interpretar e utilizar diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, expressões, ícones...).
- Identificar variáveis relevantes e selecionar os procedimentos necessários para a produção, análise e interpretação de resultados de processos e experimentos científicos e tecnológicos (BRASIL, 2000, p.12).

Da investigação e compreensão, pertinente destacar os itens abaixo, que se unem ao que já foi discutido nesta dissertação, porém, há que se enfatizar o terceiro item desta citação, que coloca como orientação compreender o caráter aleatório e não determinístico, veja:

- Articular o conhecimento científico e tecnológico numa perspectiva interdisciplinar.
- Entender e aplicar métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais.
- Compreender o caráter aleatório e não determinístico dos fenômenos naturais e sociais e utilizar instrumentos adequados para medidas, determinação de amostras e cálculo de probabilidades.
- Fazer uso dos conhecimentos da Física, da Química e da Biologia para explicar o mundo natural e para planejar, executar e avaliar intervenções práticas.
- Aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida (BRASIL, 2000, p.12).

Sobre os conhecimentos em Física foi feito um breve resumo com as principais imposições desse documento.

De início, o PCNEM argumenta sobre o papel da Física e o que essa abrange no seu campo de estudo, ou seja, desde o mundo microscópico até o macroscópico. Defende que é importante sua compreensão, frente às inovações e interações de nós humanos, com as tecnologias e culturas que existem atualmente.

Além disso, ressalta o importante papel que a Física possui na visão de mundo, propiciando, além das interações e funcionamentos naturais, uma arte filosófica de entender as coisas, através do pensamento. Afirma, também, que a Física propicia uma transcendência nos limites espaciais e temporais, por exemplo. Além disso, é possível averiguar como a componente curricular repercute nas escolas, bem como analisar o despreparo do professor, o conteúdo programático demasiadamente longo e sem aprofundamento, no qual se valoriza mais o entendimento lógico e o raciocínio matemático, características de outra época que ainda se mantêm e fazem da Física um ensino técnico e reducionista que está ultrapassado por várias óticas.

Ao propiciar esses conhecimentos, o aprendizado da Física promove a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, mais ampla do que nosso entorno material imediato, capaz portanto de transcender nossos limites temporais e espaciais. Assim, ao lado de um caráter mais prático, a Física revela também uma dimensão filosófica, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas no processo educativo. Para que esses objetivos se transformem em linhas orientadoras para a organização do ensino de Física no

Ensino Médio, é indispensável traduzi-los em termos de competências e habilidades, superando a prática tradicional. (BRASIL, 2000, p.22).

Desse modo, não se trata de modificar os conteúdos, mas de reestruturar o ensino de Física, trazendo-o para uma perspectiva contextualizada, de impacto direto na vida, de uma forma imediata e clara. Uma Física que o aluno aprenda no momento da lição e não posterior a esta. Para isso, é interessante adentrar no mundo do aluno contemporâneo, utilizar a Física como objetivo não por ela mesmo, mas sim como uma ferramenta capaz de demonstrar o mundo de forma científica e tecnológica.

Nessa perspectiva, a Física exige um entendimento de mundo característico, o qual pode trazer avanços consideráveis no que diz respeito à cognição dos jovens, ainda mais se considerarmos o período, no qual estes se encontram, de mudanças físicas e psicológicas, e num momento de decisões tais como as que envolvem a escolha profissional. Assim, o desenvolvimento de habilidades em Física pode implicar a contribuição como um todo no crescimento pessoal. É de fato importante destacar que nessa nova perspectiva de ensino não se deve enquadrar apenas uma forma pragmática de ensinar essa ciência, podendo cada conteúdo ter uma habilidade desenvolvida e praticada. Não é conveniente, por exemplo, ensinar Cinemática da mesma forma que Termodinâmica. O PCNEM apresenta ainda algumas hipóteses sobre conteúdos, como Cinemática, Termodinâmica, Óptica, Eletromagnetismo, Cosmologia e Eletricidade, entre outras, sempre evidenciando a interdisciplinaridade e a capacidade de se relacionar tais assuntos com o que realmente acontece no mundo cotidiano.

Portanto, a Física desenvolve uma linguagem baseada em expressões e representações que possuem uma determinada característica, a qual serve para permitir aos alunos uma reprodução, quando necessária, além de subsídios para discussões, logo, fornece meios para a produção, utilizando-se da linguagem científica. Tudo isso tem por objetivo despertar nos alunos a vontade de interagir com notícias e artigos científicos de modo natural, ou seja, os alunos devem se sentir motivados, e, assim, lhes será possível compreender o que se passa nessas esferas.

Assim, o aprendizado de Física deve estimular os jovens a acompanhar as notícias científicas, orientando-os para a identificação sobre o assunto que está sendo tratado e promovendo meios para a interpretação de seus significados. Notícias como uma

missão espacial, uma possível colisão de um asteróide com a Terra, um novo método para extrair água do subsolo, uma nova técnica de diagnóstico médico envolvendo princípios físicos, o desenvolvimento da comunicação via satélite, a telefonia celular, são alguns exemplos de informações presentes nos jornais e programas de televisão que deveriam também ser tratados em sala de aula. O caráter altamente estruturado do conhecimento físico requer uma competência específica para lidar com o todo, sendo indispensável desenvolver a capacidade de elaborar sínteses, através de esquemas articuladores dos diferentes conceitos, propriedades ou processos, através da própria linguagem da Física (BRASIL, 2000, p. 27).

Nesse momento, a Física compreendida por intermédio de sua história possibilita mostrar aos alunos o quanto ela pode ser entendida não só como uma aplicação, ou, simplesmente, baseada em suas leis, mas como obra humana produzida, que traz cultura e personificação dos cientistas, aproximando mais os alunos. Nessa perspectiva, a Física presente em obras de arte é percebida por essa ideia do saber físico baseado na construção humana, trazendo-a não só como uma disciplina isolada, mas como parte constitutiva de um processo de aculturação do ser humano.

No final do documento afirma-se, que esse não pode ser compreendido como uma receita para o ensino de Física, todavia, como uma espécie de guia e de possibilidades para apoiar de maneira contextualizada, atual, cultural e humanística no que tange à Física.

O documento ainda destaca as competências e habilidades a serem desenvolvidas em Física. Na sequência, são relacionadas aquelas que se conectam, de alguma forma, ao ensino de FMC.

Representação e comunicação:

- Expressar-se corretamente utilizando a linguagem física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem.
- Conhecer fontes de informações e formas de obter informações relevantes, sabendo interpretar notícias científicas.
- Elaborar sínteses ou esquemas estruturados dos temas físicos trabalhados (BRASIL, 2000, p.29).

Há que se ponderar, nesse contexto, como um aluno poderia expressar-se, corretamente, utilizando a linguagem física se não tivesse contato efetivo com a FMC? Para que se possa elaborar qualquer discussão sobre esse assunto, faz-se necessária uma abordagem, inclusive no Ensino Médio.

Quanto à investigação e à compreensão, tem-se:

- Desenvolver a capacidade de investigação física. Classificar, organizar, sistematizar. Identificar regularidades. Observar, estimar ordens de grandeza, compreender o conceito de medir, fazer hipóteses, testar.
- Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.
- Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.
- Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico (BRASIL, 2000, p.29)

Para utilizar modelos físicos, compreender a Física no mundo vivencial, analisar previsões, articular o conhecimento físico de forma transdisciplinar, precisa-se ter FMC. A contextualização sociocultural requer:

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Reconhecer o papel da Física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
- Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia.
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.
- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes (BRASIL, 2000, p.29).

Tais preceitos, além de fomentar o estudo da FMC como obra humana de cunho cultural, unem-se à proposta de utilização da Educação Estética como maneira de compreender a Física, isso consiste no estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.

Desse modo, para finalizar as investigações sobre documentos, volta-se o olhar para o PCN +, que tem a incumbência de ajudar na remodelagem do Ensino Médio. Inicialmente, destaca-se que a natureza desse nível de ensino e as razões da reforma englobam o crescimento exponencial desse ensino, mostrando o porquê é necessária uma remodelagem. O item “como rever o projeto pedagógico da escola” consiste na explicação de como proceder com os conteúdos e seleção dos objetivos, pelos quais a escola deve primar. Em seguida, são

listadas as novas orientações para o Ensino Médio, que se direcionam na contextualização e interdisciplinaridade. Conhecimentos, competências, disciplinas e seus temas estruturadores trazem à tona a forma como as disciplinas são formadas, evidenciando que essas não são estruturas imutáveis e que vivem em constante rearranjo, sendo necessário, dessa forma, que elas estejam aptas a conjugar e a contextualizar conhecimentos, proporcionando aos contemplados a capacidade de argumentar, criar proposições, resolver problemas reais. A “Articulação entre as áreas” é, por sua vez, a parte que pede para que as diferentes disciplinas tenham sistemas de trabalhos equilibrados, que a interdisciplinaridade seja responsável pelo estabelecimento de metas comuns que visem ao desenvolvimento de todos os envolvidos. A “articulação entre as disciplinas em cada uma das áreas” contempla a unificação de conceitos e signos, facilitando ao estudante um entendimento mais propício e real, ou seja, permitindo que esse aprendiz não acredite, por exemplo, que Energia Térmica na Química é diferente na Física.

O PCN+ traz agora uma orientação sobre os conteúdos a serem discutidos nas disciplinas específicas, facilitando essa organização. Ele contempla desde uma organização temporal até a listagem de quais conteúdos devem ser trabalhados, privilegiando a contextualização entre as disciplinas, conforme afirmado anteriormente, e a relação com o cotidiano nas questões mais particulares de cada disciplina. Não pertence ao desígnio desta dissertação, contudo, uma reconstrução dos conteúdos de Física a serem ministrados. A partir de agora, concentra-se em algumas partes que fomentem a inserção da FMC presentes no PCN+.

Inicialmente, o texto explicita a forma como deve ser encarada a Física no que diz respeito ao processo ensino-aprendizagem. Sabe-se que existem pessoas que, após o término de seus estudos no ensino médio, não mais utilizarão a Física de forma aplicada em suas vidas profissionais, todavia, essas não podem negar o fato de que a Física é um dos meios que servem como parâmetro para explicação da interação entre seres humanos com a natureza. Nessa perspectiva, o novo modelo de ensino prima por essa experiência. Aquele aluno que não objetivar mais a Física, após o encerramento do Ensino Médio, deve possuir um mínimo de entendimento do mundo pela ótica proporcionada pelas teorias e leis dessa. Isso implica, diretamente, um ensino contextualizado e em concordância de sentidos com as demais disciplinas, visto que o mundo não pode ser compreendido de uma forma individual, a sua beleza está de fato, na interpretação possível por várias áreas, o que acaba proporcionando um entendimento mais geral e universal.

Essa articulação interdisciplinar, promovida por um aprendizado com contexto, não deve ser vista como um produto suplementar a ser oferecido eventualmente se der tempo, porque sem ela o conhecimento desenvolvido pelo aluno estará fragmentado e será ineficaz. É esse contexto que dá efetiva unidade a linguagens e conceitos comuns às várias disciplinas, seja a energia da célula, na Biologia, da reação, na Química, do movimento, na Física, seja o impacto ambiental das fontes de energia, em Geografia, a relação entre as energias disponíveis e as formas de produção, na História. Não basta, enfim, que energia tenha a mesma grafia ou as mesmas unidades de medida, deve-se dar ao aluno condições para compor e relacionar, de fato, as situações, os problemas e os conceitos, tratados de forma relativamente diferente nas diversas áreas e disciplinas (BRASIL, 2002, p.31).

Toda essa remodelagem e modos de trabalho trazem à baila, contudo, um problema: o professor pode sentir-se desamparado, partindo da premissa de que entre o discurso e a prática existe um longo caminho a percorrer. Como pode o professor sentir-se preparado se ele próprio considerava uma espécie de Física, até o momento, e, em pouco tempo, isso parece não ser mais válido? Como o professor procederá a respeito de conteúdos e situações físicas que têm por características um formalismo, se agora se pretende um ensino mais contextualizado? Como atingir esse novo patamar? Quais as metodologias e ferramentas utilizar? Essas são, sem dúvida, algumas perguntas que permeiam o pensamento de alguns profissionais, e o mais interessante é que o documento não produz respostas para esses questionamentos, porém, esse não é o seu objetivo, até porque, se estas existissem, não seriam necessárias pesquisas no ensino de Física. É nesse cenário, então, que está proposto o desafio. Cabe aos pesquisadores e professores buscar respostas para essas perguntas. O documento expõe um roteiro e não uma receita; traz apontamentos que podem servir para nortear essa busca e cada vez mais, qualificar o ensino de Física como um todo.

As competências em Física trazem muitas das formas e resultados que seriam apropriados para que esses apontamentos do rumo do ensino de Física tivessem uma determinada valia. Tal contexto é elucidado no documento:

Os critérios que orientam a ação pedagógica deixam, portanto, de tomar como referência primeira “o que ensinar de Física”, passando a centrar-se sobre o ‘para que ensinar Física’, explicitando a preocupação em atribuir ao conhecimento um significado no momento mesmo de seu aprendizado (BRASIL, 2002, p.58).

Esse princípio mostra ao aluno que essas competências podem ser úteis nos mais variados âmbitos de sua vida, associando sentido a um conteúdo que, anteriormente, parecia

ser muito individual, independente da escolha profissional que se possa ter. Tal aprendizado pode ser encarado como uma preparação humana e cultural de um ser que deve estar pronto para enfrentar, e ou para entender, as interações que o mundo possa lhe ofertar.

Na sequência, o PCN+ evidencia um leque de quadros com as respectivas competências que o estudante tenderia a obter com essa nova metodologia de ensino. O ensino de Física é subdividido em seis áreas principais:

1. Movimentos: variações e conservações;
2. Calor, ambiente e usos de energia;
3. Som, imagem e informação;
4. Equipamentos elétricos e telecomunicações;
5. Matéria e radiação;
6. Universo, Terra e vida. (BRASIL, 2002, p.71).

Essas áreas não possuem sentido algum se estudadas de forma isolada, ou seja, seguem um cronograma possibilitando meios para um novo modo de compreender a Física. Isso se faz interessante, pois o PCN+ traz mais alguns apontamentos que servem como alternativa para ensinar esses tópicos, respeitando a ideia de não ser uma receita.

Não se pode negar que todos esses conteúdos podem originar explicações que subsidiem o ensino de FMC, porém, na presente dissertação, limita-se, pela amplitude a qual se dedica, a citar a parte que direciona mais, especificamente, para essa área, ou seja, a parte que contém matéria e radiação:

Nessa abordagem, uma vez que a maior parte dos fenômenos envolvidos depende da interação da radiação com a matéria, será adequado um duplo enfoque: por um lado, discutindo os modelos de constituição da matéria, incluindo o núcleo atômico e seus constituintes; por outro, caracterizando as radiações que compõem o espectro eletromagnético, por suas diferentes formas de interagir com a matéria. Essa compreensão das interações e da matéria, agora em nível microscópico, permite um novo olhar sobre algumas propriedades trabalhadas no ensino médio, tais como condutividade e transparência, mas permite também promover, como síntese, uma concepção mais abrangente do universo físico (BRASIL, 2002, p.77).

Esse excerto reforça que, atualmente, um dos principais ramos de pesquisa e utilização dos conhecimentos físicos depende das radiações e da estrutura da matéria, o que

destaca e evidencia a sua importância. Ainda dentro desse item, no que se refere às unidades temáticas, pode-se destacar:

1. Matéria e suas propriedades

- Utilizar os modelos atômicos propostos para a constituição da matéria para explicar diferentes propriedades dos materiais (térmicas, elétricas, magnéticas etc.).
- Relacionar os modelos de organização dos átomos e moléculas na constituição da matéria às características macroscópicas observáveis em cristais, cristais líquidos, polímeros, novos materiais etc.
- Compreender a constituição e organização da matéria viva e suas especificidades, relacionando-as aos modelos físicos estudados. (BRASIL, 2002, p.77)

O item 1 está relacionado ao início da Física Quântica, ou seja, é possível abordar a constituição dos átomos, relacionando os modelos, como pede o documento. Além de fazer parte da química, isso é forte característica da Física Moderna, assim, o documento fomenta o seu estudo.

2. Radiações e suas interações

- Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de micro-ondas, tomografia etc.).
- Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias.
- Avaliar efeitos biológicos e ambientais do uso de radiações não-ionizantes em situações do cotidiano (BRASIL, 2002, p.78).

Dessa forma, não há como contextualizar o ensino de Física e não falar em radiações, eis que toda a tecnologia se utiliza das interações proporcionadas por essa para avançar cada vez mais, assim, ao não enfatizar tal componente, se está negligenciando o meio o qual circunda o aluno.

3. Energia nuclear e radioatividade

- Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos.
- Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina.

- Avaliar os efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes (BRASIL,2002, p.78).

A energia nuclear diz respeito diretamente ao que se pesquisa, atualmente, sobre Física, caracterizando, de certa forma, a Física Contemporânea. A título de exemplo, recorre-se à situação hipotética de que um aluno tenha contato com uma notícia em um meio de comunicação sobre acelerador de partículas. Esse estudante, nesse contexto, sentir-se-á desamparado no que concerne a esses conhecimentos, pois não teve uma discussão sobre o tema em sua escola. Infere-se que todos esses itens assentem com o ensino de FMC, no nível médio de forma mais contundente.

Para encerrar essa retrospectiva teórica sobre documentos, poder-se-ia estender as pesquisas a todas as orientações que o PCN + traz no que diz respeito ao ensino de Física, tais como: organização do trabalho escolar, estratégias para ação, o mundo vivencial, a concepção de mundo para os alunos, o sentido da experimentação, formas de expressão do saber em Física, resolução de problemas, Física como cultura e responsabilidade social, porém, essas explicações estão desconectadas do propósito desta dissertação e, por conseguinte, não se fazem pertinentes no momento.

2.4 Educação estética, significados e relações com ensino de Física

Esta subseção busca estabelecer uma relação entre Educação Estética e Física, dando ênfase às teorias do olhar, da visão, da educação pelo ver, das imagens e as estratégias textuais da educação estética. (GENNARI, 1997).

A educação estética preocupa-se com a formação do ser humano, especialmente da pessoa contemporânea, introduzindo aspectos subjetivos e suas várias possibilidades, incluindo a sociologia das artes e as ciências cognitivas, a história da visão e da ótica, as teorias da imaginação, a literatura e a crítica textual. Desse modo, já se evidencia uma breve ligação da Física com a Educação Estética, pois o intuito desta última é compreender e mensurar essas faces da educação, sempre preocupada com o humanismo e com a

sensibilidade, bem como com sua forma de transposição. A essa ideia, podemos associar o que afirma Moreira:

O pensamento de Schiller aborda a questão da natureza do homem. Ele acredita que o homem possa ir além de seu estado natural, da sua realidade física para um estado moral. A cultura não é suficiente para libertar esse homem. Muitas vezes, ela o priva da liberdade e cria carências. Somente com a intervenção de uma educação estética, é possível o surgimento de um homem moral e ideal. É a arte que pode ser o caminho para a humanidade, é ela que possui leis eternas e modelos imortais que não pertencem a um tempo certo e definitivo (2007, p. 162).

Essa citação mostra que, por vezes, será através da educação estética que o ser humano poderá agir de forma moral e ética, ou seja, ser uma pessoa que é responsável pela sua vida em todos os sentidos, que se auto normatiza, sendo assim livre realmente.

Como ponto de partida, Gennari (1997) procura conceituar o olho humano, partindo de um pressuposto histórico. Para tanto, reúne várias interpretações desenvolvidas desde o surgimento do ser humano, relatando que vários cientistas, em suas respectivas épocas, fizeram suas considerações sobre a anatomia e sobre o modo como esse órgão proporciona a visão. Quanto a isso, aceitamos, atualmente, que os objetos refletem a luz e que os nossos olhos, ao trabalharem como lentes, focalizam as imagens em nossa retina, possibilitando uma perturbação que gera um impulso elétrico, o qual é decodificado pelo cérebro. Porém, olhar, ver e visualizar correspondem a significados diferentes, e é a respeito dessas diferenças que pretendemos tratar aqui. Olhar é quando passamos o olho por cima de algo, ver é quando entendemos algo e visualizar é quando criamos uma imagem de algo no nosso intelecto. Ao visualizarmos uma obra literária, por exemplo, lemos um pequeno trecho, procedemos à sua compreensão e passamos, finalmente, a formar uma imagem, em nosso imaginário, tão nítida como se estivéssemos vendo algo real. Assim, não é necessário olhar para visualizar, à medida em que olhar corresponde a uma função corpórea e visualizar, a uma questão do pensamento, a qual se consolida no campo das ideias. Tais funções são, de fato, muito distintas; todavia, o homem é dotado de ambas.

Tal exemplificação pode ser relacionada ao nosso objeto de estudo, permitindo-nos questionar: como compreender a Física sem imaginar, ou melhor, sem ver ou visualizar? Esse questionamento contempla a proposta de pesquisa que será apresentada na sequência da dissertação.

Desse modo, imagens comportam vários aspectos interessantes que fomentam as qualidades que a arte expressa, dentre as quais podemos citar algumas, selecionadas de acordo com o nosso tema. Nessa ótica, Gennari, (1997) sugere que, ao lermos um texto que fale sobre uma girafa, por exemplo, podemos visualizá-la, sem que sequer tenhamos visto alguma; ou seja, a imagem na mente pode ser uma imaginação, o que se faz pertinente na Física. Citamos, também, a imagem que construímos de algo depois de vê-lo, a qual vai se formando com o passar do tempo e tornando-se constitutiva de nossos pensamentos. Esse é o caso da imagem televisiva que as propagandas proporcionam, direcionando-nos para um propósito. Entendida essa estratégia, percebermos ser possível utilizá-la na Física para designar um entendimento de campos de força, por exemplo.

Neste ponto, consideramos importante diferenciar imaginação de imaginário. Segundo Gennari (1997), imaginação é o ato de representar uma ideia e/ou objetivo no campo das imagens, ao passo que imaginário corresponde a um campo extrafísico, o qual se acessa não de forma real, embora sua importância para o desenvolvimento humano seja inquestionável. Podemos imaginar uma xícara, e esta, então, será criada no imaginário. Assim, imaginar é arte de inventar uma representação ideal, caracterizada por uma imagem, enquanto o imaginário é o campo no qual isso ocorre, podendo atingir níveis aonde o pensamento hipotético e dedutivo não chega. Nesse sentido, o imaginário coletivo constitui uma reconstrução de imagens históricas e de comum acesso que pode ser usufruído por todos nós, mas jamais alterado. O processo de ensino-aprendizagem em Física pode beneficiar-se em grande medida do estudo do imaginar e do imaginário, até mesmo no entendimento da relatividade de Einstein, partindo do pressuposto de que esta, ao menos por enquanto, só existe naquele campo para corpos macroscópicos.

A visão, assim como a interpretação, estabelece um vínculo pertinente com as discussões postas até aqui, pois não podemos mais concebê-la como mera função sensorial perturbada pelos fótons que produzem sinapses e nos permitem enxergar. A visão nos traz uma interpretação da vida, como outro sentido, possibilitando-nos compreender as imagens. Um grande conjunto de significações e sentidos é criado nesse âmbito, e, assim, entender a visão como um funcionamento fisiológico e neurológico, por si só, não sustenta a verdadeira capacidade e responsabilidade da educação no que tange às interpretações de mundo.

A representação semiótica é indispensável para a Física. De modo genérico, podemos conceituá-la como um modo dominante de representação da comunicação por gestos ou signos. Em outras palavras, a imagem e a forma como esta é apresentada podem caracterizar

uma faceta da semiótica que incorpora palavras, gestos, sons e outros meios de expressão. Segundo Gennari,

A semiótica após Eco enfrenta o problema de imagem e entende-se como um acontecimento que deve ser visto como signo sujeito à interpretação, como uma mensagem que se pode ler ou escrever apenas a partir de uma fonte, ou seja, de um sistema de significação. (1997, p. 70) [tradução nossa]

A representação semiótica passa a ser indispensável do ponto de vista científico, apesar de estar em aberto no que diz respeito às relações que se estabelecem entre o pensamento, a escrita e a imagem. Existem várias perspectivas para explicar tal relação, podendo-se citar desde as correntes filosóficas até as lógico-matemáticas. Independente da abordagem, porém, o certo é que o estudo da Semiótica deve ser aplicado nas ciências, sobretudo com o amparo da interdisciplinaridade, e do modo estético de concebê-la. Segundo essa perspectiva, as várias interpretações artísticas, explicitadas por imagens provenientes da escrita, da figura, do signo, da representação, com seus aspectos formativos, montam o texto estético e semiótico que a explica.

Nesse sentido, Moretti, em uma aula expositiva sobre regras de sinais, desenvolvida no seminário avançado: Educação Matemática: Tendências Teórico- metodológicas, em 2013, contribuiu com uma discussão acerca da representação semiótica de Duval. Segundo ele, o significado de congruência semântica pode ser transposto para o aluno de forma subliminar, ou seja, podemos apresentar-lhe um texto, uma figura, um gráfico, uma expressão matemática, de várias formas, porém seu significado deve ser o mesmo, caracterizando a congruência semântica. A isso acrescentamos o seguinte relato:

A transposição da noção de registro semiótico para a didática da física nos pareceu bastante pertinente para uma análise, uma vez que a atividade da física em sala de aula leva em conta diversos registros semióticos, entre eles, o registro da língua natural, o registro gráfico e o registro numérico e, ainda, um registro analítico que pode ser confundido com o registro algébrico, para a matemática, denominado por Duval. Cada um desses registros constitui um sistema semiótico regido por regras específicas. O registro numérico é regido pelas regras da aritmética e da álgebra. Ele permite tratar dados numéricos tais como os de medida de tensão, intensidade, temperatura, velocidade. Os gráficos constituem como sendo tanto a possibilidade de apresentação dos dados como a de representação de uma situação, como é o caso da velocidade. Os registros algébricos constituem-se como registro da escritura das relações algébricas, que possibilitam o desenvolvimento das capacidades analíticas de resolução (FLORES; MORETTI, [s.d.], p. 7).

A essência dessa teoria é aplicável a nossa discussão, pois mostra como a Semiótica serve à Ciência de uma forma sistematizada, fomentando a relação com a construção do processo de ensino e de aprendizagem também em Física. Assim, para finalizarmos nossos apontamentos sobre a Educação Estética e a sua relação com a Física, alinhadas ao escopo desta dissertação, passamos a tratar sobre as estratégias textuais.

Como já discorremos, a Educação Estética caracteriza-se pela autonomia e subjetividade, atuando, significativamente, para isso a imaginação e o imaginário, além do gosto e da vontade intrínseca a cada pessoa. Sabemos que um sujeito com animosidade sobre determinado tema não produz o que realmente poderia. Por outro lado, uma representação artística amparada pela vontade de realizá-la pode transmitir sentimento e emoção resultados de um entendimento material e espiritual. De forma análoga, podemos ter dois entendimentos sobre um mesmo fato. Na Física Moderna, há o caso da dualidade da luz, sobre o qual não podemos querer determinar o certo ou errado, restando-nos acreditar em duas explicações, de acordo com os resultados encontrados, e conferir-lhes legitimidade.

A formação dos seres humanos passa por várias fases, as quais comportam diferentes significados, obstáculos e dificuldades. Para que estes sejam transpostos de forma natural, uma pedagogia mostra-se necessária, e esta precisa estar respaldada por várias teorias e áreas, tais como ciência, religião, língua, cultura, com destaque para a formação estética.

Ao sujeito exposto à formação estética é oferecida a oportunidade de pensar, sentir e praticar arte, revelando, por meio dela, seu conhecimento tanto no campo imaginário, ou da imaginação, quanto no campo material. O pensamento, associado à moral, acompanha a formação do sujeito, desenvolvendo seu julgamento crítico para além de uma área específica, ou de um conhecimento técnico-disciplinar, o que está vinculado a uma das propostas dos PCN +, como podemos conferir no trecho a seguir.

Os objetivos da nova educação pretendida são certamente mais amplos do que os do velho projeto pedagógico. Antes se desejava transmitir conhecimentos disciplinares padronizados, na forma de informações e procedimentos estanques; agora se deseja promover competências gerais, que articulem conhecimentos, sejam estes disciplinares ou não. Essas competências dependem da compreensão de processos e do desenvolvimento de linguagens, a cargo das disciplinas que, por sua vez, devem ser tratadas como campos dinâmicos de conhecimento e de interesses, e não como listas de saberes oficiais (BRASIL, 2002, p. 11).

Auxilia no alcance desses objetivos a formação estética, que se baseia no gosto e na vontade do ser humano, pois, ao expressar-se artisticamente, este mostra honestidade. Assim, a busca por novos gostos proporciona ao artista uma interação com o mundo a descobrir, e, por vezes, sua produção torna-se autonormativa, no que tange à forma e à estrutura do texto.

Seria passível de questionamento a legitimidade dessa teoria, caso alegássemos que a sua autonomia e autonormatividade poderiam desvirtuar-se conforme o período histórico, a comunidade cultural, ou o olhar de cada indivíduo. De fato, várias questões podem ser avaliadas como legítimas ou não, de acordo com a forma como são analisadas. Porém, a educação estética está muito bem fundamentada, seja no campo ético, criativo, crítico ou estético, o que lhe confere poder de autonomia.

Várias direções podem ser dadas à Educação Estética. Todavia, em termos de estratégias textuais, o enunciado a ser produzido com o seu auxílio tem de proporcionar um modo de cultura verdadeiro. Parece-nos pertinente resgatar uma contribuição de Galeffi (2007) quanto ao uso da Educação Estética, a fim de fortalecer o que já estamos discutindo, principalmente no campo transdisciplinar. Como destaca o excerto a seguir, o ser estético é aquele que procura o sentido como verdade, é o ser sensível, no que se refere ao sentido, para seus anseios em termos artísticos, culturais e existenciais:

A educação estética começa, assim, como educação de si mesmo e de suas relações com os outros e o mundo em sua abrangência e infinitude. Educação estética não é apenas aprender a ouvir uma música, a cantar uma cantiga, a observar uma pintura, a dançar, a fazer teatro, a ler literatura. Tudo bem, tudo isto cabe em uma educação estética pensada como cultura erudita; entretanto, o estético é aquilo que cada um é em sua superfície existencial, porque o importante é como são desafiadas eafiadas as cordas do tempo e da transformação inevitável (GALEFFI, 2007, p. 104).

Para avaliarmos essa cultura, esse sentimento característico da estética, devemos considerar cinco características, segundo Gennari (1997): a palavra, a imagem, o som, o gesto e o número.

Apesar da constante evolução urbana, a qual distancia as pessoas cada dia mais, a palavra, uma das ferramentas mais surpreendentes que o ser humano já inventou, permanece como uma das formas de comunicação mais importantes. Com efeito, a educação em relação à palavra, é um requisito de fundamental importância para a humanidade. Seja em sua forma pronunciada ou escrita, por meio de mensagens ou textos oficiais, ela expressa sentimentos e

emoções, resulta em arte e estética, regulariza a escrita coloquial nos dicionários e pode, ainda, expressar as reações humanas através de dialetos característicos de uma determinada comunidade cultural.

A imagem, como verificamos ao longo do texto, exala estética e sentimento, tendo como uma de suas características mais relevantes a capacidade de renovação. Com efeito, podemos atribuir vários sentidos a uma mesma imagem, cuja visualização é capaz de contribuir definitivamente para a educação, e não só a estética.

Além da palavra e da imagem, o som revela-se essencial para a estética. Não há como falar em individualidade, autonomia e subjetividade sem que se compreenda o ser musical de cada um. Um ruído, uma vibração, uma boa música expressam, sem dúvidas, as características e os sentimentos intrínsecos a cada indivíduo. Por isso, ao negar-se o som, estaríamos negando o processo formativo do ser desde sua origem, pois o homem interage com a música e com os sons já a partir do momento em que passa a existir. Assim, textos musicais e/ou sonoros estabelecem uma íntima ligação com a educação que pretendemos alcançar.

O gesto, por sua vez, caracteriza o movimento. Sobre isso, salientamos que, no momento de uma exposição, pensamento e movimento atuam, numa sincronia artística, e são expressos pelo nosso corpo. Ao fazermos o mesmo com os gestos, estamos interagindo com o mundo de forma mais madura e consciente. Nesse sentido, uma dança, uma apresentação, por exemplo, oportunizam que nos expressemos numa interação entre a reflexão mental e a gestual, desencadeando um sentimento, característica da estética.

Por fim, apesar de muitos acreditarem na sua relação com a palavra, o número deve ser visto como outra forma de estratégia textual. Ele pode, aliás, representar todas as outras formas textuais, se o entendermos, por exemplo, como uma linguagem estabelecida entre o ser humano e a máquina, para fins de programação. Assim, o número, caracterizado como uma linguagem, também é capaz de expressar sentimentos e (re)produzi-los em um computador, fazendo, portanto, parte da educação estética.

A escrita e a produção textual constituem as maneiras mais comumente relacionadas à representação da educação estética. Todavia não podemos excluir as outras formas de propagá-la: “Desde un punto de vista pedagógico y en el plano de una teoría de la formación estética, debemos puntualizar definitivamente que el crecimiento cultural y la maduración intelectual del sujeto en edad evolutiva exigen una multiplicidad de canales de transmisión textual” (GENNARI, 1997, p. 107).

Quanto a isso, Gennari (1997) assinala que cada uma das estratégias poderia ser mais clara na estrutura semiótica. De qualquer modo, porém, tudo leva ao encontro da Pedagogia e da representação semiótica em nível de cultura educativa. Assim, vários outros caminhos se revelam possíveis para fomentar a educação estética, entre os quais, o desenho animado, os filmes, o drama, a filmagem e o videografismo.

A Educação Estética está baseada no humanismo, no sentimento, nas inter-relações, na imaginação e na autonomia, usando-se da interdisciplinaridade e de várias formas artísticas, textuais ou não, para a construção do sentido, do conhecimento, e, principalmente, acreditando na formação do ser humano ético e crítico. Diante do exposto, a pesquisa, cuja finalidade consiste em investigar a FMC no Ensino Médio, está ligada diretamente à Educação Estética.

3 ASPECTOS METODOLÓGICOS

É fato que algumas mudanças no nível político e organizacional das instituições, bem como dos órgãos governamentais são necessárias. Porém, a principal preocupação está pautada na linha dos processos educativos, que também carecem de mudanças, ou, no mínimo, de novas ferramentas e/ou metodologias que venham a propor alternativas viáveis para uma contribuição na evolução dos processos educativos, nesse caso específico, no ensino da Física.

Dessa forma, a presente dissertação constitui-se pela construção do referencial teórico, conceituando a FMC, de modo a justificar a importância de sua presença nos currículos atuais. Esse referencial contempla, ainda, as principais referências da LDB, dos PCNs e dos PCN +, para destacar que essas políticas públicas educacionais já determinam a inserção de tal conteúdo no Ensino Médio. Encerrando essa etapa do trabalho, temos uma explicação acerca da Educação Estética e da sua relação com Física.

Amparando-se em tais pressupostos, foi realizada uma pesquisa qualitativa descritivo-interpretativa ancorada no paradigma humanista de Bertrand e Valois (1994), que vem ao encontro da ideia proposta pelos PCNs e PCN +, assim como da Educação Estética. Trata-se da concepção de que a pessoa precisa estar em interação com o meio para que a aprendizagem seja significativa. Algumas máximas regem o paradigma humanista:

- O eu está no centro e constitui uma força unificadora; é existencial e único; prolonga-se graças às atividades criativas.
- A vida é uma permuta com o ambiente; ela é dinâmica; é crescimento, transcendência e criação; vive-se no presente, é global e comporta múltiplos níveis de percepção; multissensorial, naturalmente alegre e deve respeitar o seu ritmo natural.
- A expressão libertadora é um processo; é física, social, simbólica, fantasista, imaginária, etc.; é experiência subjetiva (BERTRAND; VALOIS, 1994, p. 133).

Ainda, podemos destacar no paradigma humanista a função cultural, a qual está de acordo, mais uma vez, com a proposta de aliar a Física e a Educação Estética numa forma de perceber o conhecimento em FMC. Com efeito, esse paradigma contempla a liberdade que a pessoa tem em expressar seus (con)sentimentos:

A pessoa é interiormente livre para se movimentar em qualquer direção e optar livremente por ser o processo de transformação que na realidade é a fim de alcançar uma vida plena. Está aberta à experiência e orientada para o momento presente. É criadora e confia no seu organismo. Possui um sentimento de liberdade total (BERTRAND; VALOIS, 1994, p. 136).

Finalizando a justificativa sobre a escolha do paradigma humanista, apresentam-se três aspectos fundamentais da educação centrada na pessoa, perante uma abordagem orgânica, pois essas subsidiam a nossa forma de proceder no que se refere aos objetivos da dissertação:

- 2) O facilitador fornece os recursos necessários à aprendizagem; [...]
- 3) O aluno desenvolve seu próprio programa de aprendizagem, sozinho ou com os outros; [...]
- 8) neste clima, que facilita o crescimento, a aprendizagem tende a adquirir mais profundidade, a desenvolver-se mais rapidamente e a atingir principalmente a vida e o comportamento do aluno. (BERTRAND; VALOIS, 1994, p. 138).

Ancorado nessas proposições, a metodologia proposta se desenvolveu perante a compreensão de que o professor pode fornecer os subsídios teóricos para o aprendizado por meio de aulas expositivas dialógicas, as quais não se enquadram na antiga técnica autoritária, tradicional e verbalista, que inibe o aluno, pelo contrário, este é convidado a participar. Não se possui a intenção de repassar um conteúdo para os alunos e sim chamar atenção desses dando uma introdução, um contexto e um encerramento ao assunto, pois se admitiu que os mesmos não conheciam formalmente a FMC, assim qualquer assunto novo necessita de uma introdução. É sabido que uma aula expositiva por si só, torna-se maçante e fora do atual contexto de ensino, então para que não aconteça isso, cabe ao professor modificar-se, e adentrar a um novo contexto, buscando não centralizar em sua pessoa o conhecimento e fazer do aluno mero expectador, pois isso pode promover um obstáculo de aprendizagem. Corroborando esse entendimento temos Lopes (1991), que traz a aula expositiva dialógica como uma opção interessante. Ela busca um entendimento do assunto discutido baseado nas vivências do aluno, em que este traz o seu cotidiano para dentro da sala de aula, e através de perguntas bem estabelecidas, os alunos, juntamente, com o professor buscam as respostas adequadas. Entretanto o papel do professor ainda está presente como responsável técnico sobre o assunto discutido. Tem-se:

É importante ressaltar que na aula expositiva dialógica o intercâmbio de experiências não se explicita na simples forma de perguntas e respostas. Vai mais além proporcionando uma troca de conhecimentos em que professor e alunos reaprendem por intermédio da descoberta coletiva de novas interpretações do saber sistematizado. (LOPES, 1991. [s.p])

Permitindo que, com base nisso, o aluno desenvolva sua própria aprendizagem.

Baseados nas características da Educação Estética, as quais preconizam a arte como maneira de expressar a essência da aprendizagem, escolheram-se como instrumentos de compreensão um gibi e um roteiro de uma peça de teatro, pois essas estratégias, as quais estão de acordo com a Educação Estética, são atividades envoltas em um clima de afeto. Dessa forma, facilitando o processo de aprendizagem, interferindo diretamente na vida e no modo de pensar do aluno, -contemplando as proposições de Rogers- ao valorizar a contextualização e a proximidade que esses instrumentos podem oferecer com a vida cotidiana.

No trabalho desenvolvido, foi apresentada uma metodologia pedagógica voltada à inserção da FMC no Ensino Médio. Nessa perspectiva, destacamos, mais uma vez, que a FMC faz parte da história da humanidade e que privar os alunos de um contato sistematizado com essa experiência na disciplina de Física é negar o seu direito de conhecer. Sobretudo, é papel da escola despertar no aluno a vontade e a curiosidade sobre o que está sendo discutido, atualmente, no ramo da Física, assim como o que foi discutido inicialmente por Albert Einstein e Max Planck, há, aproximadamente, cem anos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

3.1 Campo de estudo

Esta proposta realizou-se, em sala de aula, na cidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, durante os meses de outubro e novembro de 2013. O colégio é uma instituição particular, que contempla o Ensino Médio, situada no centro da cidade. Essa escola prima pelo desenvolvimento educacional do aluno, acreditando que é somente através da educação que se pode formar cidadãos aptos para contribuir com a sociedade.

3.2 Participantes

A proposta teve como participantes 32 alunos, matriculados no segundo ano do Ensino Médio, sendo 17 do gênero masculino e 15 do feminino. A classe social dos sujeitos corresponde à classe média, conforme categorização da Secretaria de Assuntos Estratégicos.

3.3 Instrumentos

Como instrumentos, foram utilizados um gibi, que foi o resultado de uma das incumbências dos alunos; e um roteiro simples, empregado como base na dramatização proposta pelo teatro, visto que o tipo de metodologia proposta necessita de tais instrumentos para compreensão dos resultados, já que estes serão obtidos através da leitura de imagens.

3.4 Metodologia de trabalho

Este projeto utilizou como estratégia educativa aulas expositivas dialógicas, que foram ministradas pelo professor na sala de aula, a construção de instrumentos e compreensão dos dados tendo como base a educação estética, utilizando as cinco estratégias textuais: a palavra, a imagem, o som, o gesto e o número (GENNARI, 1997). Foram utilizados oito períodos de aula, com duração de 45 minutos cada, tratando dos seguintes temas: a física moderna – que se enquadra, primeiro, na descoberta de Planck, a estrutura atômica, a quantização da energia, após se tratou da relatividade especial proposta por Einstein (1905) – e a relatividade geral (1916) – que se concentra, especificamente, na história, na contração do comprimento e na dilatação temporal; a atração da luz pela gravidade. Finalizando com o modelo padrão das partículas, que corresponde à Física Contemporânea.

Os conteúdos foram organizados da seguinte forma: história dos cientistas; problemas averiguados; resultados encontrados e contribuições. Foram selecionados como materiais para as preparações de aula os livros: *Uma introdução conceitual à mecânica quântica para professores do Ensino Médio*, de Ricci e Ostermann (2003); *Física Moderna*, de Chesman, André e Macêdo (2004); *Os fundamentos da Física 3*, de Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2007); *Física IV*, de Young e Freedman (2009); *Física para cientistas e engenheiros* (Volume 3), de Tipler e Mosca (2010); *Física conceitual*, de Hewitt (2011) e *Fundamentos de Física* (Volume 4), de Halliday, Resnick e Walker (2012).

Após essas aulas expositivas dialógicas, os alunos que se comportaram como participantes ativos nas discussões, nas quais anotaram suas memórias de aula, perguntaram e discutiram, foram convidados a atuar e expor o que aprenderam, baseados na Educação Estética, de duas formas: a primeira, por meio da criação de um gibi que contou a história de um personagem que se utilizou, de uma situação cotidiana, de um dos assuntos das aulas; a segunda, por meio de uma minipeça de teatro que também recriou uma situação cotidiana envolvendo um dos assuntos. Os alunos tiveram livre escolha de seus grupos, não foram orientados quanto ao número de participantes, porém foram divididos em dois: aqueles que optaram pelo gibi e os outros pelo teatro. A escolha foi aleatória.

Para o gibi, os alunos utilizaram todo material que julgaram necessário, a fim de que, livres de regras, pudessem, com autonomia, expressar seus sentimentos, deixando suas compreensões mais evidentes. Inicialmente, criaram a história, desenhando e montando o gibi, e, no dia designado para tal, apresentaram a sua obra para os outros colegas com o intuito de socializar o conhecimento adquirido. A citação a seguir se faz pertinente:

No desenho, a linguagem verbal, construída essencialmente como discurso direto, combina, através de uma relação textual eficaz, com o uso da imagem sem redundância visual. A natureza deste meio, agora difundida em escolas e bibliotecas, fornece aos jovens leitores a melhor maneira de apropriar-se dos códigos visuais de forma rápida e eficiente. (GENNARI, 1997, p.108). [tradução nossa]

Para o teatro, os alunos tiveram à sua disposição toda a estrutura do colégio, desde salas de aula, até o material multimídia e outros recursos que foram necessários. Nas aulas de construção, montaram o roteiro e construíram falas, juntamente com caracterização, sonorização, tudo a sua escolha, exercendo sua autonomia; por fim, na última aula,

apresentaram a peça de teatro sobre o tema escolhido na área de FMC para os colegas. O teatro compreendido pela Educação Estética se estabelece da seguinte forma:

A cena, os sons de fundo, as luzes usadas e também a palavra e o agir, formam a experiência teatral e graças as suas relações e ligações contínuas, os significados e valores têm uma importância educacional essencial. A teatralidade é, portanto, o produto de uma assimilação de textos de outros, mas também desfrutar de textos próprios. O drama, que começa a partir de um banco de dados textual (por exemplo, literário), é modificado por uma interpretação verbal (ricos componentes paralinguísticos) e não verbais, dando lugar para outro texto que, finalmente, o espectador interpreta em sua percepção. A dramatização teatral é o resultado da combinação de várias línguas simultâneas, mas também a partir de uma diacrônica ancoradas em contribuições semânticas e sintáticas, que ajudam a educar progressivamente o significado de mudança de cultura. (GENNARI, 1997, p.109). [tradução nossa]

O objetivo dessas atividades foi estimular a expectativa dos alunos acerca de suas próprias criações e proporcionar, através da arte, uma maneira lúdica, descontraída, mas rigorosa, do ponto de vista científico, para a compreensão da FMC, apoiados na formação estética. Encerrando estas etapas, empregou-se uma avaliação processual dos alunos, não se apontou certo ou errado, verdadeiro ou falso. Por seu caráter exploratório, a proposta apontou dados, os quais fomentaram a utilização da Educação Estética para o entendimento de Física, de modo geral, e da FMC, no caso específico desta pesquisa.

3.5 Compreensão dos dados

A compreensão dos dados teve como base as anotações feitas pelo professor, contendo dados sobre as aulas ministradas, a postura quanto à atenção dos alunos, suas participações e dúvidas. Essas anotações foram tão contributivas quanto o desenvolvimento das atividades em sala de aula, aumentando assim a capacidade de compreensão sobre a percepção dos alunos. No teatro e no gibi, perceberam-se, nas ações dos próprios alunos, as cinco manifestações das estratégias textuais. No momento da apresentação, sons e gestos também foram considerados.

Utilizaram-se os pressupostos teóricos formulados por Banks (2009) para legitimar a compreensão dos instrumentos. Esse autor foi o apoio para essas considerações, por contemplar uma discussão sobre o uso das imagens visuais como forma de compreensão. Parafraseando o autor, há duas boas razões para essa escolha: a primeira é que as imagens são onipresentes na sociedade e, por isso, algum exame de representação visual pode ser incluído em todos os estudos que dizem respeito ao grupo social. A segunda é porque a pesquisa que incorpora imagens na criação ou na coleta de dados pode revelar alguns aspectos sociológicos que nenhum outro meio poderia conceber. Esse contexto preconiza a metodologia compreensiva, pois os instrumentos que selecionamos tendem a ter um caráter mais amplo, desvendando mais do que um questionário, por exemplo, poderia revelar. O gibi por sua constituição traz desenhos e textos que foram considerados e o teatro apresentou o roteiro, que foi constituído pelas falas e por fotos feitas pelos alunos. Banks (2009) observa que, no campo das investigações com dados visuais, o pesquisador, por vezes, deixa de utilizar como fonte de compreensão os dados proporcionados pelas imagens visuais.

[...] as metodologias de pesquisa visual tendem mais ao exploratório do que ao confirmatório. Ou seja, as metodologias visuais não são tão empregadas como método de coleta de dados de dimensão e forma predeterminadas que vão confirmar ou refutar uma hipótese previamente postulada, mas sim como método destinado a levar o pesquisador a esferas que ele pode não ter considerado e em direção a descobertas que não tinham sido previstas (BANKS, 2009, p. 24).

Elucidadas nossas intenções, bem como as medidas que foram utilizadas para compreender as questões acerca da relação entre Física e Educação Estética, com base no paradigma humanista de Bertrand-Valois (1994) e na legitimidade dada por Banks (2009), esclarecemos que o método de leitura das imagens e do roteiro enquadrou-se nas categorizações propostas por Ott (2008). Parafraseando o autor, ele entende que arte é uma forma de entendimento da vida social, a educação de um ser estético pode ser frequente pelos caminhos proporcionados por esta. Uma obra pode mostrar à pessoa, estratégias que auxiliem no desenvolvimento, na aprendizagem, na percepção e na compreensão das mais profundas crenças e tradições trazidas da história humana, e por que não, na forma em como se construiu alguns valores e formas de pensar.

A crítica de arte, diferentemente, da crítica acadêmica, possibilita uma comunicação significativa na sociedade contemporânea. Antigamente e ainda hoje, a imagem visual, é um

veículo de comunicação que cresce a cada dia. Nesse argumento, pode-se conceber que nos dias atuais, as imagens visuais são aperfeiçoadas, ou seja, são acrescentados movimentos, sons, entre outros elementos que permitem a troca de informações instantânea entre as pessoas, possibilitando uma nova forma de relação humana. Portanto, fazem da sociedade um lugar impregnado de imagens visuais, inclusive no viés da educação. Utilizando-se esse contexto a crítica da arte fornece a capacidade de veicular as estratégias de pensamentos utilizadas pelos autores para criarem tal representação. Imaginemos um museu, que guarda peças raras, a sociedade atribui um valor monetário a esses objetos, porém o que se necessita considerar como verdadeiro valor destes é a habilidade que possuem de nos propiciar uma reflexão subjetiva a respeito das estratégias do pensamento dos autores que as criaram. Logo, isso se remete a aspectos culturais, históricos, políticos econômicos, pessoais e em muitas vezes até científicos que serviram de inspiração para tal criação. É a partir desse ponto que uma obra realça seu verdadeiro valor, e que no caso da dissertação presente, corrobora com o que até então foi discutido, pois permite que ao ler uma imagem visual, tenhamos um entendimento do ser estético que o aluno pode estar mostrando.

Ainda segundo Ott (2008), a crítica da arte por mais tecnológica que possa ser, ou vir a ser, sempre se enquadrará nas experiências básicas humanas perceptivas, emocionais e intelectuais. Porém é importante se considerar que a arte precisa ser encarada desde cedo como uma espécie de forma de aprender. É possível que a crítica a uma imagem visual apresente uma displicência enquanto as características antes citadas, como, a história ou contexto político utilizado ou vivido pelo autor da obra, ao não se ter essa consideração evidenciada, o trabalho pode não ser tão significativo. E isso contempla a ideia de se aprender arte desde cedo, proporcionando ao ser humano entender o verdadeiro significado, não só da imagem gráfica diante de nossos olhos, por exemplo, mas sim, da alma, do contexto que cerca essa imagem visual. Ademais, pode-se dizer que a crítica artística é proporcional à criatividade e à inspiração que uma imagem visual pode conter. A partir dessas considerações, pode-se destacar o que se julga considerável na metodologia oferecida aos alunos por essa dissertação, ou seja, no momento em que esses desenharam as figuras do gibi, escreveram os textos e criaram a história e encenação do teatro, lhes foi permitido entender e criticar tal criação artisticamente. Logo, preocupamo-nos com a inspiração, com a reflexão, com o que abrange esse aluno no momento dessa criação. Enfim, preocupando-nos com a formação de um ser estético, de um ser moral e ético normatizado por si só, que pode evidenciar um aprendizado de uma forma baseada na educação estética. Não mais pela imposição de um

conhecimento teórico repassado ou proposto por um professor, o aluno aprende por ele mesmo, percebe por ele mesmo e se regula por ele mesmo tornando-se um ser humano estético.

Demonstrado as nuances e as características propostas por Ott (2008), no que tange ao modo de criticar as imagens visuais ou arte num todo, justifica-se a escolha por essa forma de compreender os instrumentos dessa pesquisa. O autor cita cinco categorias para ler as imagens, baseadas no sistema *Image Watching*, que proporciona a integração do pensamento crítico a respeito das obras de arte e as mudanças conceituais que podem ter sido apreendidas, voltando-se para a criatividade e expressão que possam ser demonstradas. Usou-se desse sistema para compreender a percepção dos alunos, quanto à estratégia educativa proposta, lendo as imagens sobre as cinco categorias presentes nesse método, quais sejam, descrevendo, analisando, interpretando, fundamentando e revelando. Ademais, outra característica que fomenta o uso dessa estratégia é *Thought Watching*, que pode ser traduzido como uma espécie de “treino” ou “preparação” para o processo de criação de uma obra, que engloba, música, dança representações teatrais, ou seja, qualquer representação semiótica artística. Assim é mais uma característica que foi usada em nossa metodologia, pois as aulas expositivas dialógicas, e os dias fornecidos para criação dos instrumentos, podem se enquadrar nessa definição. Foram elas que proporcionaram mais elementos na hora da leitura dos instrumentos. Afinal,

Cada categoria segue uma ordem em combinação com o estágio preparatório do Thought Watching e proporciona um completo sistema de crítica de arte perceptivo, conceitual e interpretativo que gera conhecimento a partir de obras de arte para serem expressos no trabalho de ateliê. (OTT, 2008, p.130).

Agora concentramos nas categorias, visto que foram baseadas nelas que encontramos as percepções dos alunos. Para que se tenha sentido o entendimento dessas categorias e de todo o processo até então, entendemos percepção sobre a visão de Merleau-Ponty (1999), segundo o autor é importante diferenciar sensação de percepção, podemos sentir a luz, podemos sentir o som, podemos sentir a temperatura, e isso nos parece claro, todavia, não é tão simples quanto parece, pois sentir não é perceber. O cinza de quando fechamos os olhos, os sons do sono superficial, são puro sentir e não perceber. O sentir é a interação de nossos sentidos com os fenômenos que acontecem, fazendo da experiência de um estado de mim

mesmo. Assim a sensação pura, é um evento pontual e instantâneo, que é indiferente. Porém ao diferenciarmos as cores azul e amarelo, por exemplo, precisamos de um lugar no espaço, ou seja, uma localização, precisamos de uma experiência, o que corresponde a um pré-conhecimento. Logo, precisamos de uma relação, e não, de um termo absoluto e indiferente. Só podemos diferenciar o azul do amarelo, pois já o conhecíamos antecipadamente e o reconhecemos fora de nós mesmos. Assim uma situação que evidencia o fenômeno perceptivo pode ser esclarecida pelo exemplo a seguir: Uma mancha branca sobre um fundo homogêneo, podemos sentir através da nossa visão o fenômeno, mas só o percebemos quando temos a impressão de que existe uma diferença, e essa nos permite criar um “algo” a mais, do que a interação do nosso sensor, o olho, com o objeto, a luz refletindo-se na figura, isso é indiferente, pois é instantâneo e não nos remete a uma reflexão, embora, admitir-se que o fundo homogêneo existe independentemente da mancha branca, ou que cada ponto da tinta branca é contíguo ao espaço homogêneo é uma percepção. Então:

Quando a *Gestalttheorie*, nos diz que uma figura sobre um fundo é o dado sensível mais simples que podemos obter, isso não é um caráter contingente da percepção de fato, que nos deixaria livres, em uma análise ideal, para introduzir a noção de impressão. Trata-se da própria definição do fenômeno perceptivo, daquilo sem o que um fenômeno não pode ser chamado de percepção. O ‘algo’ perceptivo está sempre no meio de outra coisa, ele sempre faz parte de um ‘campo’. (MERLEAU-PONTY, 1999, p.24).

Então a impressão não é também uma percepção, pois seria um ato falho no processo de refletir sobre uma visão. A percepção é uma experiência mental que não ocorre nunca de forma isolada. Para finalizar esse entendimento poderíamos nos perguntar então ao ver uma cor verde estaríamos apenas sentindo essa? A resposta é não. Pois se a definimos é por que em algum momento já definimos a frequência de radiação que está perturbando aos nossos olhos, nesse momento, como verde, talvez em uma floresta vista de cima. Ao comparamos as frequências diferentes, temos a percepção do verde. Veja, o sentir é o fato de uma frequência, perturbar o olho, e a percepção nesse caso é o entendimento do verde como uma comparação a outro situação, de forma consciente ou inconsciente. É importante registrar, também, a fisiologia perceptiva. Desse modo, em uma analogia simples com o funcionamento de um sistema automotivo podemos comparar a percepção como uma função de atuadores e sensores. No carro existem componentes chamados de sensores, que servem para “sentir” o problema que o carro apresenta, esses sensores enviam através de pulsos elétricos uma

mensagem à central de comando, que avalia tal situação, e dependendo da necessidade essa também, através de pulsos elétricos, faz um atuador “agir” no problema, possibilitando um melhor funcionamento do carro. O nosso sistema de percepção funciona de forma semelhante, imaginemos que os nossos sensores sejam os sentidos, ou seja, o sentir não passa de uma mensagem enviada ao nosso cérebro que identifica tal situação e decide o que deve fazer para resolver esta. Isso é perceber, por fim, na percepção fisiológica um estímulo é produzido e os músculos podem atuar. Isso é evidente nas reações das pessoas quando são expostas à luz monocromática por exemplo.

Nessa perspectiva, Merleau-Ponty (1999) admite que uma pessoa que é sensibilizada pela luz vermelha a percebe baseada em sua subjetividade e apresenta, uma reação, um reflexo, nessa cor, geralmente acontece uma abdução, assim o corpo responde à percepção do vermelho. De forma diferente o perceber do verde traz uma adução, ou seja, o cérebro percebe essa frequência como algo menos ameaçador do que o vermelho, fazendo com que os membros se aproximem do ponto médio. Então, perceber não é sentir, perceber é comparar uma informação a um entendimento prévio, é permitir uma reflexão, é usar de um contexto para poder, realmente, expressar o que se quis mostrar. Por isso que escolhemos a percepção do aluno como forma de entendimento do processo educativo proposto, pois essa pareceu uma forma consoante com o instrumento, com o paradigma humanista e principalmente com a subjetividade e particularidade que a educação estética propõe.

Como supracitado as categorias de leitura de Ott (2008) são:

Descrevendo: essa categoria pede uma descrição da obra, ou no caso, da imagem, é necessária atenção nessa parte, pois parece ser simples, mas é ela que vai fornecer alguns dados fundamentais para a percepção. Um inventário pode ser feito contendo tudo que é notável, ou seja, dizer tudo que se vê.

Analisando: é a segunda categoria do nosso sistema, ela se especifica pela análise intrínseca à maneira como foi executada a imagem. E nesse momento que podemos perceber as habilidades da composição da imagem, porém é nessa categoria que existe um trânsito da maneira que a imagem foi composta, para as ideias que o autor usou na obra, como por exemplo as formas evidenciadas, se há perspectiva ou não, entre outros. Todavia tem que se atentar, pois essas percepções podem ser intrincadas. Outras vezes, é nesse momento que a técnica usada se sobressai mais facilmente.

Interpretando: essa é uma categoria que dá liberdade e permite exprimir respostas às perguntas pessoais e sensoriais sobre a percepção da imagem. O que se percebe a respeito das

imagens pode ser averiguado nessa categoria, dando significado subjetivo. Ela se enquadra como terceiro passo, pois é fundamental que se tenha um conhecimento prévio da imagem, porque se as perguntas e questionamentos forem propostas antes das categorias, de descrição e de análise, elas podem se tornar decepcionantes no que tange a perguntas sem sentido, pois as mesmas estariam sendo respondidas automaticamente.

Fundamentando: esta categoria proporciona a utilização de fontes que facilitem a compreensão de determinada obra, assim um filme, um documentário, um artigo científico enfim, outras ferramentas que possibilitem facilitar o entendimento da imagem. Porém é importante destacar que o uso dessa categoria precisa ser bem pensado, pois a grande gama de fontes a se oferecer pode vir a quebrar a relação estética com imagem.

Todas as categorias culminam na última categoria, *revelando*, nessa tem-se a incumbência de criar uma forma artística revelando o conhecimento, a ser adquirido. Assim pode-se evidenciar o que foi compreendido no trabalho proposto.

Tendo as cinco categorias de análises descritas na visão de Ott (2008), e conhecendo o sentido de percepção pela visão de Merleau-Ponty (1999). Utilizou-se a categoria *Descrevendo*, como uma lista das características das imagens. *Analizando*, preocupou-se com a forma de representação dos desenhos e as fotos tiradas pelos alunos. *Interpretando*, foi o momento da compreensão feita pelo pesquisador a respeito da sua significação sobre a percepção dos alunos. A *Fundamentação*, utilizou do referencial teórico dessa dissertação como material de apoio à interpretação dos instrumentos, ou como alternativa viável para um melhor entendimento. E por fim na revelação, quais foram as revelações dos alunos quanto ao processo educativo.

4 PERCEPÇÃO DO PROFESSOR SOBRE AS AULAS

Este capítulo é composto de um relato sobre o ambiente escolar, no qual se realizou a pesquisa e também as anotações feitas por este pesquisador durante o processo educativo. Também, contém a descrição dos acontecimentos dentro da sala de aula, as dúvidas dos estudantes, as percepções durante a construção dos instrumentos, e a ligação desses acontecimentos com a proposta que discutimos no corpo teórico desta dissertação.

O Colégio incentiva os alunos na escolha profissional, indiferente de qual seja o caminho acadêmico pretendido por estes. Partindo de uma filosofia voltada ao aumento das capacidades de expressão, de sociabilidade, de integração e de humanização, o colégio entende que não é focando em apenas um, ou outro curso, que os alunos obterão o que buscam. Então, partindo desse pressuposto, incentivar o aluno quanto às suas potencialidades é incondicional. Outra questão a destacar é que o sistema de ensino dessa instituição, preconiza desde os seus primórdios, a preparação para o vestibular, o que de fato não deixa de ser uma realidade também no ambiente em questão, assim possibilitam-se meios técnicos aos alunos para que atinjam esse objetivo. Ademais, os educandos participam de projetos que buscam a integração entre eles próprios e a comunidade, como atividades sobre prevenção às drogas, sobre literatura, aulas de música e a gincana formadora. Este é o perfil do colégio, que se reformulou e procura desde essa data consubstanciar preparação para o vestibular e para a vida, procurando um ensino técnico, mas ao mesmo tempo humano, que valoriza o estudante como um membro que pertence à sociedade, conforme o Programa Político Pedagógico do Colégio. A proposta pedagógica do colégio traz aulas de forma integral, com aulas todas as manhãs e tardes exceto na sexta à tarde – contabilizando um total de 40 horas semanais - quando são liberados para seus afazeres extra classe, assim como privilegiar aqueles que não residem na cidade de Passo Fundo. No corrente ano, a escola possui 106 alunos matriculados regularmente. O material didático é fornecido pelo sistema COC, que pertence à empresa Pearson, sendo a responsável pela maioria dos livros utilizados no Ensino Superior. Esse material possibilita uma abordagem educacional diferenciada, tudo de acordo com a necessidade específica de cada instituição. Além disso, foi pioneiro ao introduzir em suas escolas e nas escolas parceiras, o material didático estruturado em Eixos Temáticos para todo o Ensino Médio, com uma proposta pedagógica inovadora que responde às exigências atuais,

apoiando o exercício pedagógico das instituições parceiras em busca da interdisciplinaridade e da formação integral dos educandos. Com este contexto, podemos afirmar que a escola está de acordo com os registros dos PCNs e assim propiciou a este pesquisador que aprofundasse o ensino de FMC, para poder manter-se nessa proposta. A seguinte passagem contribui para essa visão do colégio:

Tanto o sentido cultural do aprendizado quanto o sentido prático podem ganhar muito em profundidade ou amplitude pela coordenação interdisciplinar dentro dessa área: a identificação da unidade cultural de um povo, em dada época, pode ser aprendida ao se comparar sua música, pintura, literatura, teatro e esportes; a leitura e a elaboração de manuais de instrução, ou de outros textos técnicos, se viabilizam e completam pelo uso das linguagens textuais, gráficas e pictóricas combinadas. (BRASIL, 2002, p.21).

Iniciamos os relatos das aulas, pelos dias 23 e 24 de outubro de 2013, nestes dias foi apresentada aos alunos a proposta de trabalho. Há alguns dias já falávamos, informalmente sobre o estudo da FMC, mas não detalhadamente. De início, informou-se que se tratava de uma metodologia diferenciada e que seria útil devido ao fim do ano letivo, - quando se apresenta um desgaste maior por parte dos alunos - dessa forma, uma metodologia, segundo a qual eles teriam atuação desde os primeiros instantes, instiga uma participação mais significativa. No primeiro momento, apenas se demonstrou o processo de trabalho, ou seja, teríamos oito períodos, de trabalho efetivo, no momento iniciariamos com a história dos cientistas, os problemas constatados, as soluções e a construção dos instrumentos. Após isso, os alunos teriam quinze dias para aperfeiçoar os instrumentos e projetar a apresentação, nessa etapa entregariam em definitivo. Constatou-se que eles compreenderam, perfeitamente, a intenção, então, após a passagem por esses tópicos, informou-se, de forma mais específica, cada parte do processo. Portanto, a primeira informação foi sobre como se procederiam as aulas.

A aula expositiva dialógica foi apresentada, mas em nenhum momento procurou-se tratar com rigorosidade o que significava este tipo de aula, entretanto se transpareceu que o trabalho não seria interessante se só o professor falasse. Eles participariam e discutiriam, assim utilizando-se de palavrório adequado explicou-se a intenção das primeiras aulas. O gibi foi a primeira forma textual tratada, como característica da Educação Estética e toda linha

humanista que se adotou nessa dissertação, não foi delimitado a quantidade de páginas, quais ferramentas, ou qualquer outra determinação mais específica. Os alunos que optassem por esse instrumento criariam a história baseado na sua ideia de gibi.

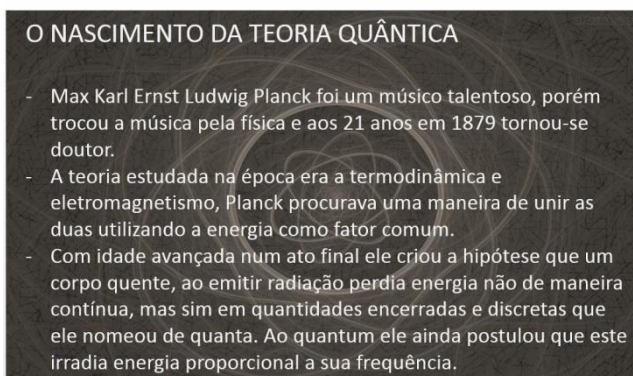
O teatro seguiu a mesma didática do gibi: sem orientações direcionadas, os alunos criariam um mini roteiro e uma peça de teatro, a qual seria apresentada aos demais colegas. Uma observação se faz pertinente nessa parte: apesar de não ter sido delimitado o número de componentes em cada equipe, os alunos se dividiram igualmente, e foi solicitado que fosse registrado tanto no gibi quanto no teatro a devida função e ou responsabilidade de cada um. Notou-se o quanto aguardavam por essa informação de como proceder na construção. Por fim, nessa parte introdutória foi levado a eles que a avaliação por tal trabalho seria considerada através de uma das avaliações formais oferecidas pelo colégio, nesse caso, esta é classificada como formativa, e se enquadraria perfeitamente na avaliação processual. Entretanto, foi esclarecido, inicialmente, aos alunos, que essa nota corresponderia à forma como viessem a colaborar e participar durante as aulas, o gibi e o teatro seriam muito mais o resultado de um processo que um produto final, ou seja, eles estavam liberados para produzirem essas expressões artísticas, e não deveriam se preocupar com a nota.

Então, neste primeiro momento, algumas perguntas foram interessantes: “Professor será que teremos tempo hábil?” A resposta: “Sim, pois utilizaremos de quatro períodos para as aulas expositivas dialógicas e mais quatro para a confecção dos instrumentos, porém serão disponibilizados mais quinze dias para aperfeiçoamentos como pinturas dos desenhos, encadernação, busca pelo vestuário no caso do teatro entre outras”. Outras perguntas e respostas: “Professor será que não esqueceremos do que foi discutido?” A resposta, foi: “Vocês estarão, a partir do início das aulas, totalmente liberados para, como julgarem, necessário registrarem as discussões e as exposições.” “Professor o nosso grupo fará o teatro, todos precisam entrar em cena?” “Partindo da ideia de liberdade, julgo que não se faz necessário, pois no roteiro deverá aparecer quais as funções designadas a cada componente, assim como no gibi.” “Professor, o gibi, necessariamente, precisa ser desenhado?” “Não, necessariamente, isso se enquadra em como vocês admitirem o desenho como uma estratégia cabível.” Essas foram as perguntas e as respostas. É possível perceber que, em um primeiro momento, os alunos estavam preocupados com o que poderiam ou não fazer, então foi necessário enfatizar que eles seriam os responsáveis pelo trabalho criado, também se pode

perceber o quanto o próprio aluno, - que sempre pede maneiras diferentes de aprender – fica sobressaltado quando existe uma mudança de metodologia.

Quanto às aulas expositivas dialógicas, elas iniciaram no dia 06 de Novembro de 2013. Os alunos foram apresentados, nesse dia, à quantização da energia proposta por Max Planck, por meio de slides. Essa foi a ferramenta usada por este pesquisador, para levar o conteúdo de forma sistematizada até os alunos. A seguir temos uma imagem que representa o slide utilizado nas aulas:

Figura 2- Slide que contém a proposta teórica apresentada aos alunos.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Por utilizar a percepção dos alunos através da compreensão feita sobre os instrumentos, acreditou-se ser fundamental o uso de imagens nas aulas. A imagem, a palavra, o som da voz, a expressão gestual do professor e o número das expressões matemáticas adentram nas cinco estratégias textuais da Educação Estética, corroborando a proposta, Gennari (1997).

Nesse tópico iniciou-se com a história da vida de Planck, como ele chegou a sua famosa constante, a quantização da energia, o efeito fotoelétrico e o efeito Compton. Nesse dia, a primeira pergunta marcante: “Professor como que Planck pensou em tudo isso?” Respondeu-se que Planck, ao buscar respostas sobre radiação do corpo negro em um ato final, considerado por ele próprio de um “ato de desespero” propôs, que a energia seria irradiada em pacotes de energia. Porém, o como ele chegou até essas deduções é uma dúvida, pois é comum acreditar que foi um pensamento com método científico matemático, partindo do resultado, e não, dos fenômenos iniciais, segundo Einstein (1981). Com essa resposta os

alunos começaram a perguntar: “Então quem inventou o fóton foi Planck?” Procurei argumentar que a palavra inventar, às vezes, é usada, inapropriadamente, na Física, expliquei que depois de um conjunto de dados e resultados foi Planck quem descobriu que um corpo ao baixar sua temperatura, perde energia em porções delimitadas, porém nesse momento ele não chamou de fóton e sim de quanta de energia, somente após, o nome foi dado por Gilbert Lewis. Algumas perguntas interessantes sobre o efeito fotoelétrico são destacáveis, a primeira: “Professor, por que os cientistas clássicos não determinaram o efeito fotoelétrico?” A resposta foi a seguinte: “Eles não tinham o conhecimento da Física Quântica proposta por Planck para explicar esse fenômeno, apenas o notavam.” Neste momento, percebe-se que a aula já proporcionou a esses alunos uma visão abrangente da diferença entre Física Clássica e Moderna, ao entender que sem as deduções de Planck alguns experimentos se tornam inexplicáveis. Foi inevitável a pergunta: “Professor, por que ainda não estudamos isso?” Essa pergunta norteia o nosso estudo, pois o próprio aluno de Ensino Médio intui que há uma diferença sobre o modo de ver e entender os fenômenos naturais. O que corrobora a metodologia proposta nessa dissertação. A resposta a esse questionamento foi a seguinte: “A educação num geral é complexa, dificilmente, podemos citar um ou outro fator como determinante de uma situação, - sobretudo as pesquisas como a feitas por Sanches (2006) – pode-se afirmar que os professores têm dificuldades a respeito desse conteúdo e por vezes, preferem abordá-los de maneira mais simplória. Alegam aos alunos que a matemática utilizada e o grau de complexidade da FMC são os entraves à introdução mais efetiva em sala de aula. Mantendo-se ainda na discussão sobre o efeito fotoelétrico houve uma aparente compreensão da maioria quanto a esse fenômeno, pois a utilização de um *software* disponibilizado por Ramalho Junior, Ferraro e Soares (2007), favoreceu o entendimento de que a intensidade da onda eletromagnética, não interfere no processo, mas sim a frequência.

Observe que o efeito fotoelétrico não é observado se a frequência da luz for menor que uma certa **frequência de corte** f_0 , ou seja, se o comprimento de onda for maior que um certo **comprimento de onda de corte** $\lambda_0 = c/f_0$. O resultado não depende da intensidade da luz incidente. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 181)

Uma situação perceptível foi que o aluno focou bastante na cor da onda, imaginando que essa fosse a característica definidora do efeito fotoelétrico, então, essa parte da

representação semiótica pode ter sido falha, pois apesar de relacionar a frequência à cor, o aluno não conseguiu entender, de modo científico, que a cor é apenas uma percepção dos nossos olhos não é ela que define a frequência. A passagem abaixo se faz pertinente:

Observe uma consideração necessária é que a palavra ‘cor’ é polissêmica, podendo assumir três significados: a cor como *propriedade* de um objeto (ex. uma parede amarela), a cor como determinado *comprimento de onda* eletromagnética emitida (ex. feixe amarelo de 580 nm) e a cor como sensação no olho cérebro [1]. Dizer que um objeto é amarelo significa que sempre que se incide luz branca nele, a cor percebida pelo olho humano normal é amarela. Uma parede amarela por exemplo (amarelo = propriedade da parede), pode emitir vários ‘conjuntos’ de comprimentos de onda- sem necessariamente emitir na faixa amarela do espectro. (SCARINCI; MARINELI, 2014, p.2)

Já sobre o efeito Compton foi interessante, uma vez que serviu para explicar a tendência à mudança de frequência da radiação incidente após colidir com um elétron, evidenciando mais uma vez o aspecto corpuscular da radiação, pois segundo a Física Clássica uma onda ao ser espalhada manteria o mesmo comprimento de onda. Portanto o efeito Compton mostrava uma variação nos comprimentos de onda após a emissão da radiação, mais uma vez contrapondo a Física Clássica e preconizando a FMC segundo Ricci e Ostermann (2003). Assim se mostra que no primeiro dia de trabalho, quanto ao conteúdo, a proposta se encaixou com a prática e os alunos corresponderam com o que foi planejado.

No dia seguinte, dia 07 de Novembro, continuou-se a aula expositiva dialógica, porém os temas de concentração passaram a ser outros, quais sejam, as relatividades enunciadas por Einstein [1905] e [1915] segundo Hewitt (2011), juntamente, com o modelo padrão das partículas. A abordagem se aproximou a do dia anterior, quando, inicialmente, falou-se sobre a história, as experiências, problemas e soluções que levaram Albert Einstein, em conjunto com outros cientistas, a revolucionar a Física. A experiência de Michelson e Morley, na busca pelo éter, a qual causaria o atraso de um feixe de luz, e assim, por permear todos os locais poderia ser considerado o referencial absoluto, teve destaque para mostrar o como se iniciaram as pesquisas e como culminaram na relatividade especial, segundo Chesman, André e Macêdo (2004).

Cabe, neste momento, ressaltar que a mídia composta por programas de televisão, internet, e documentários, usa desse conteúdo regularmente, assim os alunos estavam mais informados em relação à relatividade de Einstein, [1905] segundo Hewitt (2011), do que sobre o início da Física Quântica. Contudo, a ideia relativística aparecia nas colocações dos alunos, quando indagados sobre o tema, de forma ficcional, muito enquadrada na visão cinematográfica e de leituras em ambientes não formais. Infere-se que o aluno tem a concepção dessa parte da Física longe do seu cotidiano, ele entende que ela é assunto somente dos cientistas. Inicialmente, apresentou-se a relatividade especial, sendo fundamental mostrar ao aluno que nesse momento espaço e tempo, consubstanciam-se formando apenas uma dimensão. Isso, em um primeiro momento, impactou, pois é uma ideia que, aparentemente, contradiz os nossos sentidos, ou está subliminar ao contexto do espaço. Assim os alunos sentiram-se atraídos pela ideia de simultaneidade, quando apresentado que, baseado na teoria de Einstein, [1905] segundo Halliday, Resnick, Walker (2012), um evento qualquer, pode deixar de ser simultâneo dependendo do sistema de referência adotado e do movimento relativo. Nesse momento, a utilização do quadro como uma outra alternativa de representação semiótica foi necessária, como ratificado no corpo teórico dessa dissertação, não há problema em usar uma aula tradicional, e, sim, existe problema em só usar esta.

Esse primeiro contato com a relatividade especial, mostrou-se muito diferente da bagagem de conhecimentos que os alunos traziam. Nas palavras de um aluno, ele acreditava que: “Einstein havia descoberto a forma de voltar no tempo”, entre outras considerações como: “Algumas naves podem viajar a velocidade da luz, pois, como usamos o ano-luz como medida de comprimento, se as naves não atingem essa velocidade?”. Outros acreditavam que havia experimentos realizados por laboratórios naquela época que comprovavam tais fatos, nessa ocasião, este pesquisador interveio e perguntou: “Por que afirmas isso?” O aluno respondeu: “Professor, só acreditamos no que a Ciência prova.”

É necessário um adendo nessa parte: o aluno demonstra concepções dogmáticas sobre a Ciência e, ao mesmo tempo, uma ideia puramente empirista, não com essas palavras, procurou-se explicar que, por muitos anos, a Ciência não era vista como a principal forma de compreensão da natureza, na Idade Média, por exemplo, sabe-se que a religião dominava o que se determina como certo ou errado. Desse modo, a Ciência é apenas uma das formas da busca de compreensão do espaço que habitamos. Para finalizar a resposta, esclareci para o aluno: a Ciência não se constitui só através de laboratórios e de experiências, e, sim, a partir

de uma série de teorias e exercícios, logo Albert Einstein [1905], segundo Hewitt (2011), é um dos cientistas que nos provou de forma teórica e intelectual, que o mundo poderia ser diferente do que era comprovado pelas experiências possíveis com a física newtoniana. Entretanto, com o desenvolvimento, foi possível perceber a dilatação temporal nos aceleradores de partículas. Outros questionamentos se fizeram convenientes: “Por que o comprimento é contraído, e o tempo realmente se dilata?” Mais uma vez, uma dedução no quadro sobre o como ocorre a dilatação temporal de forma matemática foi pertinente, o que pareceu sanar as dúvidas. Os alunos adentraram a uma nova forma de entender a relatividade, neste caso, a especial, perceberam que não se enquadra somente em pesquisas de ponta da Física atual, mas que também não é igual a Física que eles estudam, demonstraram entender o como Einstein [1905] segundo Halliday, Resnick, Walker (2012), percebeu que havia uma lacuna na teoria newtoniana, e que mudanças deveriam acontecer para se ter mais exatidão no entendimento da natureza.

A teoria da relatividade geral de Einstein [1915], segundo Hewitt (2011) foi proposta para os alunos com uma abordagem histórica, para corroborar o que havia sido discutido na relatividade especial. O princípio da equivalência, sobretudo entre a aceleração e a gravidade, foram o foco da discussão, mostrando ao aluno que a luz, mesmo sem possuir massa poderia se curvar perante astros densos. Assim, um corpo com grande massa, teria um potencial gravitacional maior, conseqüentemente, uma aceleração maior, definitivamente, um corpo animado pela força peso que se constitui da interação entre a massa do corpo e aceleração gravitacional, admitiria uma velocidade maior e assim poderia apresentar uma diferença no que tange ao tempo.

É importante notar a natureza relativística do tempo tanto na relatividade especial como na geral. Nas duas teorias, não existe maneira pela qual você possa prolongar sua própria existência. Outras pessoas, movendo-se a velocidades diferentes, podem atribuir-lhe uma longevidade maior, mas sua longevidade está sendo observada a partir do sistema de referência *deles* – jamais a partir do seu próprio. As alterações no tempo são sempre atribuídas aos ‘outros sujeitos’. (HEWITT, 2011, p. 661)

Os alunos se mostraram bastante empolgados com essa parte, pois a grande maioria afirmou ser uma novidade, principalmente, quando discutido sobre a possibilidade teórica dos buracos de minhoca, afinal:

Uma maneira como isso poderia acontecer seria a existência de buracos de minhoca, tubos de espaço- tempo conectando diferentes regiões do espaço e do tempo, como mencionado no capítulo 4. A ideia é que você jogue sua espaçonave para dentro da boca buraco de minhoca e saia na outra extremidade, em local e tempos diferentes. (HAWKING, 2009, p.135)

Finalizando as aulas, abordou-se o modelo padrão das partículas, como uma das áreas de pesquisa atual, assim, pode-se diferenciar o que entendemos como Física Moderna e Física Contemporânea. Ficou transparente ao aluno que este modelo não é uma determinação, ou seja, é considerada a teoria mais aceita sobre a natureza da matéria, porém não a única (Moreira (2009)). Depois, se chegou à divisão do átomo não mais em próton, nêutron e elétron e, sim, nas subdivisões aceitas pelo modelo padrão, assim separou-se em léptons, quarks e hádrons. Não se especificou e não adentramos ao estudo mais aprofundado das partículas, sobretudo foi discutido sobre como se entende o funcionamento desse modelo, de tal modo, a teoria de interação entre as forças fundamentais, as partículas, os campos, e as partículas transmissoras esboçaram aos alunos como entendemos a matéria em sua parte mais ínfima (Moreira (2009)). Outra vez os alunos ficaram surpresos por não conhecerem tais realidades, ou acreditarem que isso pertence ao cinema ou a laboratórios avançados. Um aluno perguntou: “Como o bóson de Higgs se encaixa nesse modelo?” Respondeu-se: “O bóson se enquadra como uma outra partícula transmissora, só que nesse caso, ela transmite massa as partículas, assim o campo de Higgs estaria espalhado pelo Universo, Nóbrega e Mackedanz (2013). Por fim, os alunos entenderam que a Física Quântica foi a precursora do que se estuda, atualmente, e assim tiveram contato com uma Física que antes não conheciam formalmente. Em consonância com nossa proposta de Educação Estética do ser humano, é possível anotar que depois desse processo o aluno amadurece seu pensamento subjetivamente, ele muda por si só, cada um na sua particularidade, não sendo o mesmo, comparado-se a ele próprio antes das aulas, mesmo sem ter construído os instrumentos, manualmente, podemos afirmar que ele mudou seu intelecto, mudou sua forma de conceber a Ciência e o como o pensamento geral da humanidade está ligado diretamente com essas mudanças. Simultaneamente, podemos abordar

tudo o que foi relatado, pois não foi só física a ser tratado, a partir do momento que remontamos historicamente esses fenômenos contemplamos a história. A Química foi tratada ao se discutir o átomo. A evolução do pensamento humano, contempla a Filosofia, Sociologia. A Matemática foi abordada nas explicações necessárias. Enfim, de uma forma subliminar tratamos de um assunto na disciplina de Física, todavia de uma forma transdisciplinar. Essa passagem se faz interessante:

Eis, então, como o sentimento estético perpassa nossa maneira de ser do início ao fim, não sendo claramente algo que se possa reduzir à simples erudição artística e intelectual, ou que se possa 'ensinar' como se fora uma língua qualquer. Eis o caráter transdisciplinar da educação estética concebida: o cuidado permanente de si mesmo, dos outros e do mundo em sua totalidade! O cuidado atento instigante, persistente e incondicional. O cuidado como acontecimento unificador da lei do desejo – do entendimento e da moralidade. Aprender a ser-cuidado: o princípio comum da educação estética aqui projetado em suas possibilidades. (GALEFFI, 2007, p.107).

Na segunda fase, iniciada no dia 13 de Novembro, os alunos encetaram a construção dos instrumentos, para que isso pudesse ser feito de forma organizada, foi sugerido que, antecipadamente, os grupos se reunissem para decidirem qual o conteúdo e de que forma o mesmo seria abordado, em seguida elencassem a função de cada colega e por fim, iniciassem, de fato, a construção prática do gibi e do roteiro. Pode-se ilustrar esse primeiro momento com a seguinte imagem:

Figura 3- Os dois grupos de alunos definindo o assunto.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Nesta imagem, podemos ver os alunos separados nos dois grupos no primeiro momento da aula, no qual, como sugerido, esboçam e criam seus planejamentos para a construção dos instrumentos. Nota-se que os grupos estão organizados espontaneamente, como os alunos acharam melhor se agrupar para discutir, não existe uma forma pré-definida, eles estavam à vontade. A precípua característica do trabalho é a liberdade e concentração das tarefas nos alunos, afinal Moreira (1999) apresenta que, na teoria rogeriana, a aprendizagem mais eficaz é a da pessoa que se deixa envolver. Não é uma aprendizagem que se encontra do “pescoço para cima”. É uma aprendizagem que envolve o aspecto cognitivo e afetivo da pessoa, assim o aluno pode perceber o quanto aprende, pois ele sente isso, sem que uma pessoa externa tente impor ou tente fazê-lo entender. Cabe somente a ele decidir se continua aprendendo ou se abandona. Por fim, o estudante se julga, não necessitando apelar a uma autoridade que corrobore seu julgamento. Esse contexto está em consonância com a Educação Estética, então nessa conjuntura, nenhuma orientação sobre conteúdo ou sobre modelos do gibi ou do teatro aconteceu, como enunciado no dia da proposta do trabalho. Os alunos trabalharam artisticamente demonstrando suas preferências e o seu modo de trabalhar. Na sequência, eles se separam e deram início a discussões mais específicas como aparecem nas imagens a seguir:

Figura 4- Grupo do Gibi planejando os afazeres.



Fonte: Arquivo do pesquisador

Figura 5- Grupo do teatro definindo as funções dos alunos.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Essas foram as incumbências deles no primeiro dia de trabalho, pode-se evidenciar algumas características do trabalho em grupo, como o destaque de algumas lideranças, momentos de diversão e integração, entretanto a concentração e a preocupação com o trabalho

foi motivo de surpresa a esse pesquisador. Os alunos estavam focados no instrumento a construir e buscaram referenciais na internet, em livros da biblioteca, organizaram-se de modo que cada integrante do grupo tinha uma tarefa a realizar. Desde as mais simples como trazer lápis de cor para colorir alguns desenhos, no caso do gibi, como ir em busca de profissionais que trabalhassem com desenhos gráficos. Observou-se, no caso teatro, uma preocupação com um tom de comédia que os alunos julgaram interessantes na sua mini peça, foi notável a preocupação com essa característica artística, em suas conversas discutiam que um tom mais bem humorado, despertaria uma atenção mais significativa dos colegas.

No dia 14 de Novembro, os alunos dispuseram do último período dentro do colégio para formalizar seus instrumentos, assim sendo, precisariam entregar um esboço do que pretendiam usar como demonstração final de suas percepções. Então começaram a prática efetiva dos instrumentos, de início as imagens da construção do gibi:

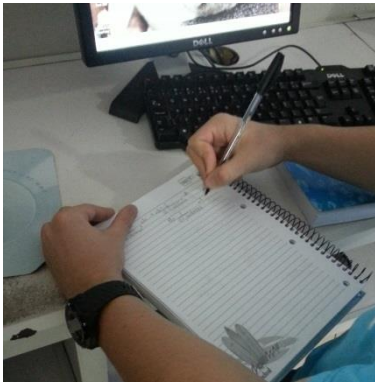
Figura 6- Alunos do grupo do gibi, buscando imagens.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Essa foto demonstra os alunos em busca de imagens que pudessem colaborar com o gibi, de forma que não utilizassem somente desenhos feitos por eles, julgaram que uma mescla das duas representações seria mais interessante. A próxima imagem retrata um aluno utilizando a Matemática e uma das deduções da relatividade especial para calcular o tempo que se passaria no planeta Terra até que uma nave que anteriormente havia viajado ao espaço. Veja:

Figura 7- Aluno calculando a dilatação temporal.



Arquivo do pesquisador.

O grupo do gibi escolheu a relatividade especial como foco para construir a história do seu gibi. Os alunos mostraram-se animados com as possibilidades de construção. Enquanto alguns se preocupavam e trabalhavam com a parte de representação através das figuras, uma outra parte desenvolvia a história e procurava através de dados se aproximar ao máximo do que entendemos como real, inclusive utilizando da fórmula da dilatação temporal proposta pela relatividade especial, para calcular a situação de um dos personagens da história. Através dessas considerações é possível perceber o empenho dos alunos que ao saírem das aulas tradicionais se tomaram pelo que fora determinado, enquadrando-se numa das características da Educação Estética, como podemos perceber “En el campo artístico, lá persona actúa con gran honestidad; toda la fuerza y el afán del artista se centran en una intención absolutamente formativa.” Gennari (1997). Isso permite ao aluno se auto normatizar, dando a este a escolha, de como trabalhar, o tempo a trabalhar entre outras categorias. Por vezes, gera-se a dúvida: Será que o aluno contemplaria com vontade as atividades propostas? Segundo, o corpo teórico dessa dissertação, e a citação acima encontramos na própria essência da Educação Estética a resposta para esse anseio. No momento em que o aluno é sincero com seus sentimentos e suas obrigações - isso se conquista através do ser artístico - se torna um ser ético, a qual entende sem imposição alguma a necessidade de cumprir com suas tarefas e selecionar o melhor modo de fazê-las, e foi o que pode-se observar.

O grupo da encenação de forma efetiva começa a dar corpo tanto para a história a ser encenada quanto para a organização do vestuário e as caracterizações do local da apresentação. Um fato a se destacar é que os alunos do teatro também escolheram a

relatividade para o seu instrumento. Isso remete a uma reflexão, será que os alunos por terem um contato antecipado com esse conteúdo, como já citado, sentiram-se mais seguros ao representá-los? Aparentemente, admite-se que sim, pois ambos se preocuparam com questões que são contraditórias ao senso comum, podendo dar a eles uma espécie de distinção em relação a esse conteúdo perante os que não tiveram um contato mais formal. A imagem a seguir mostra o grupo do teatro assumindo as posições da peça e fazendo um ensaio rápido:

Figura 8-Alunos ensaiando para o teatro.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Essa figura mostra o aluno de camiseta vermelha como narrador, o que foi uma das opções desse grupo para a representação. Eles procurariam representar uma história de um grupo de astronautas – constituídos pelos alunos nas cadeiras, que eram os assentos da nave espacial – a qual depois de um acidente de percurso em que a nave era danificada, viajavam por muito tempo, e ao retornar ao planeta Terra eram recebidos por seres totalmente diferentes dos seres humanos como os conhecemos. Podemos perceber que os alunos escreveram no quadro fórmulas matemáticas, que são comuns à Física Moderna, assim para que os astronautas pudessem atingir seus objetivos deveriam usar de muitos cálculos e considerações para diminuir os erros da missão. Nesse caso, podemos aproximar o ensaio das estratégias textuais da Educação Estética. Os alunos usam a palavra, através do narrador; a imagem, pela própria representação, pois associam algumas das partes da peça a imagens já vistas, e, também, a imagem que o quadro está representando; o som, pois procuravam imitar os barulhos característicos da nave; o gesto, pela própria representação cenográfica e o número contemplado pela fórmula matemática. O caráter lúdico promovido por essa proposta,

mostra que o teatro não é usado como uma técnica que pretende formar atores, ou exigir uma rebuscada técnica teatral, mas sim, corroborar, para que de forma espontânea, o aluno combine seus anseios naturais com o estudo. Na adolescência, os alunos necessitam do “teatro” para satisfazer seu mundo de faz-de-conta. O professor ao utilizar desse recurso, possibilita ao aluno que isso aconteça, como uma atividade escolar, que atinge o consciente e inconsciente. Não estamos, porém, deliberadamente, e, sistematicamente, introduzindo o aluno na técnica do palco. Isso pode acontecer quando forem adultos, se desejarem o aprofundamento nessa área específica, não com alunos e nem num processo que usa o teatro como instrumento e não como foco principal segundo Courtney (1980).

Figura 9- Alunos representando a nave espacial utilizada pelos astronautas.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Ainda em consonância com nossa proposta, o aluno ao estar cumprindo com a tarefa se diverte, e possibilita momentos agradáveis desfrutados com seus colegas, caracterizando a proposta lúdica, de caráter de integração e de divisão de espaço comum, o que também é necessário a desenvolver-se no ser humano moldado nas perspectivas da Educação Estética. Após esse período, como determinado, os alunos tinham traçado seu objetivo, elencado as devidas responsabilidades e cargos, traçado um esboço e teriam quinze dias livres para aperfeiçoar e fazer a sua apresentação.

No dia 28 de Novembro, os alunos fizeram as suas apresentações. Primeiro, o grupo do gibi utilizou-se de slides para mostrar aos demais como havia estruturado o seu instrumento. Eles iniciaram a apresentação falando sobre o tema abordado que seria a dilatação do tempo, o título do gibi foi: “Max, o sobrevivente”. Fazendo uma sátira a um

professor experiente da escola, que aceitou sem problemas a brincadeira. A história se passaria quando uma estudante de Física buscava informações em uma universidade. Ao chegar ao recinto, ela se depara com um professor de Física que a convida para conhecer seu laboratório, em determinado momento os dois se envolvem num acidente e viajam a velocidade da luz, fazendo com que o tempo dilatasse, assim ao retornar 353 anos após contados pelo relógio terrestre, o professor experiente ainda estaria vivo, esperando pela sua filha. É perceptível que o grupo se preocupou também com a comédia, o que deu um realce de criatividade ao relacionar um professor com a sua história. Porém a ideia de acidentes científicos, trazidos pelos veículos cinematográficos e que a Física Moderna acontece dentro de laboratórios parece que continuou presente nos entendimentos dos alunos. Nessa situação se faz interessante,

De fato, os objetivos educacionais do cinema ou do filme são interrompidos quando sua potencialidade comunicativa de linguagens estão a serviço apenas de valores manipulados para atender as demandas brutais de consumo. Apenas uma pequena parte da produção cinematográfica centra-se na pesquisa estética na busca de equilíbrio artístico, introspecção psicológica e da extrospecção social. (GENNARI, 1997, p.286) [tradução nossa]

Na apresentação os alunos pareciam satisfeitos com o trabalho apresentado. A seguir uma foto do grupo do gibi, no dia da apresentação:

Figura 10- Alunos e professor após a apresentação do gibi.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Após a apresentação do gibi, o grupo do teatro se preparou para sua encenação, inicialmente, eles organizaram os colegas para que tivessem espaço para sua apresentação, em seguida, iniciaram-na. Os alunos encenaram uma situação, na qual o narrador começa introduzindo as propostas teóricas de Albert Einstein no ano de 1905, posteriormente, um grupo de astronautas é recrutado pelo presidente dos Estados Unidos para uma missão. No decorrer da mesma, que se passa dentro de uma nave, esta se danifica e acaba adentrando a um buraco de minhoca, fazendo com que os astronautas ficassem por muito tempo perdidos no espaço, ao retornarem ao planeta natal encontrariam homens “futuristas” – nas palavras dos alunos- que eram rudes e aguardavam pela nave, esses, ao matarem a tripulação, roubam a nave e encontram o buraco de minhoca voltando à data que Albert Einstein estava publicando a teoria da relatividade especial, ou seja, o ano de 1905, os homens futuristas, por serem de natureza truculenta matam o cientista e o narrador, dando fim à tragicomédia.

Como no gibi, o teatro também demonstra que os alunos continuam usando suas bagagens sobre a Física. O grupo também se preocupou com acidentes e viagens cinematográficas, dando mais ênfase a uma história cômica do que uma representação fiel de um fenômeno. Em contrapartida, os alunos desse grupo representam a figura Albert Einstein como um revolucionário no campo da Física, atribuindo a ele a capacitação do ser humano para se transladar no tempo, atingindo o passado e o futuro. Entretanto, os alunos explicam tal possibilidade pela teoria dos buracos de minhoca, que foram discutidos de forma breve ao se abordar a teoria da relatividade geral, mostrando que às vezes a ficção científica se baseia em teorias propostas por cientistas. Porém, os alunos desse grupo não se preocuparam com questões específicas da Física, e sim com um tom mais geral de possibilidades aprovadas por algumas teorias. Abaixo uma foto do grupo do teatro.

Figura 11- Alunos caracterizados após a apresentação do teatro.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Finalizando, pode-se acrescentar que, embora não se tenha uma precisão nos dados físicos, os alunos se comportaram como esperado, mostrando que algumas ideias, mesmo após as aulas expositivas dialógicas ainda permaneceram, porém apresentaram-se em consonância com teoria que contempla tais fenômenos, demonstrando um amadurecimento nas ideias, antes trazidas por esses, de forma não sistematizada, num recinto formal.

memória”, de Salvador Dalí aparece em seguida. Átomos são representados graficamente em três dimensões. Por fim, há um sol, ou uma estrela trocando massa com um outro corpo.

Os alunos usam a perspectiva, colorido e preto branco. Todas essas imagens sobrepostas sobre um fundo personalizado. O preto e branco foram usados para representar as pessoas, já a reprodução da obra de arte foi colorida. Todas as imagens são figuras já prontas e não utilizaram de uma técnica pré-definida.

O fato das duas pessoas estarem representadas em preto e branco e ambas representarem pessoas experientes, “antigas” permite fazer a ligação com as fotos de décadas passadas, quando eram produzidas dessa forma. O que nos leva a entender que o aluno percebe estas duas pessoas partes do passado. Já as outras figuras coloridas representam todas percepções de algum objeto ou fenômeno, veja-se, a obra de Dalí possui, em sua essência, a representação da liquidez do tempo, por isso o autor caracteriza suas obras por relógios derretendo. Isso mostra que o aluno percebe o tempo, ou pelo menos percebia, de forma absoluta separada do espaço. O átomo não é visível, porém a representação usada na capa assemelha-se ao que consideramos como uma boa representação do modelo atômico, ou seja, formado por um núcleo e por uma região de probabilidade do elétron se encontrar, todavia a escala está muito distante do que admitimos como real. Assim, o aluno contempla Planck na responsabilidade pela Física Quântica em interface com Einstein. Por fim, uma estrela trocando massa com um outro corpo celeste, mostra a percepção do aluno, sobre o conteúdo estudado com o mundo macroscópico e microscópico ao mesmo tempo, se considerarmos a figura do átomo.

Se usássemos a história da arte como parâmetro para entender tal imagem visual, poderíamos nos basear na essência da obra de Salvador Dalí. Que busca trazer uma reflexão sobre ambiguidade do tempo transcorrer de forma evolutiva, mas ao mesmo tempo estar presente, nas memórias das pessoas. O pintor também demonstra interesse pelas conquistas da ciência moderna entre as quais está a proposição de Albert Einstein na união do espaço tempo, além disso, Dalí admirava o físico por suas contribuições não só com a ciência e sim com discussões e opiniões sobre as mais variadas áreas, afinal Einstein acreditava no ser humano

A pior das instituições gregárias se intitula exército. Eu o odeio. Se um homem puder sentir qualquer prazer em desfilar aos sons de música, eu desprezo este

homem... Não merece um cérebro humano, já que a medula espinhal o satisfaz. Deveríamos fazer desaparecer o mais depressa possível este câncer da civilização. Detesto com todas as forças o heroísmo obrigatório, a violência gratuita e o nacionalismo débil. A guerra é a coisa mais desprezível que existe. Preferia deixar-me assassinar a participar desta ignomínia. No entanto, creio profundamente na humanidade. (EINSTEIN, 1981, p.12)

Esta capa revela que o aluno percebe a FMC. A figura de Einstein, dos relógios que contemplam o tempo, o átomo e o mundo microscópico, e o mundo macroscópico representados pela estrela. Pode-se perceber que algumas ideias que antes permeavam o intelecto do aluno se mantêm, mas se consubstanciam formando um novo entendimento da FMC, entrelaçando passado com futuro, preto e branco com cor, e a história real com a sua criação, ao colocarem o personagem da sua história, na capa junto com as demais figuras. Essa percepção é reforçada pela seguinte citação:

Uma diferença muito nítida encontra-se no fato de que a linguagem verbal é linear ao passo que a linguagem não verbal não disponibiliza para seu leitor essa linearidade.

Se na linguagem verbal, não é possível conceber uma palavra encavalada em outra, na pintura, por exemplo, várias imagens podem aparecer sobrepostas ou justapostas no mesmo espaço do suporte da obra, construindo novos sentidos.

O texto não verbal quando considerado predominantemente descritivo representa uma realidade singular concreta, num ponto estático do tempo. Por exemplo, uma foto, capta um estado isolado e não uma transformação de estado, típica da narrativa. (DAL'VESCO, 2007, p.84)

Figura 13- Página 1 do gibi.



Fonte: arquivo do pesquisador.

Nesta imagem temos cinco figuras, desenhadas e coloridas com lápis de cor, todas as figuras trazem texto escrito. Dois personagens, uma mulher e um homem. A sigla UFFAN que significa Universidade Federal de Física Atômica e Nuclear. Um livro com o símbolo do átomo desenhado.

Os alunos usaram, nessa página, somente desenhos feitos a mão por eles, percebemos que são desenhos simples mas que colaboram para sequência da história. A perspectiva foi sugerida pela linha do horizonte e o aumento e a diminuição do tamanho dos objetos.

Na primeira figura, admite-se que o aluno percebe a Física relacionada ao estudante universitário, pois a menina representada está com um livro, no qual um átomo está desenhado, representando alguém que mesmo antes de adentrar na faculdade já está envolvida com a Física. Na segunda figura, a menina se depara com a UFFAN, onde teoricamente pretende aprofundar seus conhecimentos de Física. Isso contribui para a interpretação de que o aluno ainda percebe esse tipo de Física, somente dentro de locais direcionados para o estudo dessa disciplina. O uso das reticências permite perceber que a menina pensava, antes de adentrar na UFFAN. Na terceira figura, percebe-se que o rapaz, ao receber a menina, fica surpreso com sua presença. Porém o aluno tenta manter uma sequência no seu desenho, pois considera na porta atrás dele a árvore que apareceu na primeira figura. A quarta figura é a primeira a trazer texto escrito, que diz: “Olá, você precisa de ajuda?” Então, esta frase concretiza a ideia de que a menina estava chegando, pela primeira vez, à universidade ou o rapaz que a abordou não a conhecia. Outro fato a perceber, que o rapaz parece ser “descolado”, não apresentando características comuns a que são associados às pessoas das universidades, principalmente, por alunos de Ensino Médio. A última figura traz à tona o que percebíamos nos desenhos acima, ou seja, o texto confirma que a menina busca a universidade para estudar, o texto diz: “Sim, eu gostaria de saber onde fica a central de matrículas?” Confirmando nossa percepção.

Neste caso poderíamos nos basear na proposta de transdisciplinaridade propostas pelos PCN+. Na qual:

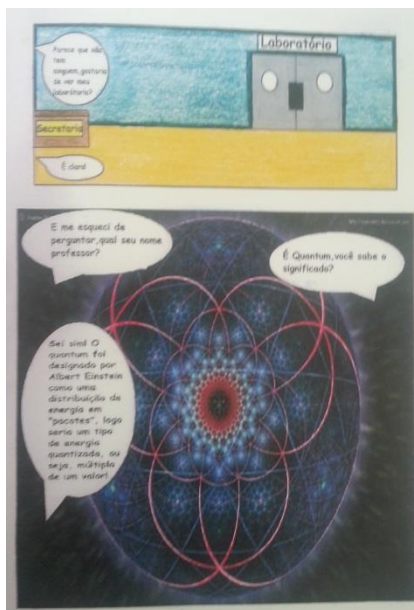
Um exemplo de projeto a ser proposto em torno do tema transversal Saúde: relacionado ao tema estruturador “Qualidade de vida das populações humanas”. Tal projeto, com características inter ou transdisciplinares, pode ser desenvolvido, por exemplo, apenas no âmbito da Biologia. A partir da ideia central, discutir com os alunos e selecionar os assuntos desenvolvidos e as estratégias a adotar para o

trabalho. Com orientação dos professores, os grupos de alunos poderiam realizar pesquisas, apresentar suas propostas de trabalho e escolher as formas de apresentação final: representação teatral, campanhas de esclarecimento, debates, propostas de atuação solidária, entre outras. (BRASIL, 2002, p.56).

Os alunos mostram habilidades artísticas para formar uma história. Nesta imagem, não se preocupam com conteúdo de Física, mas em propiciar uma origem de história, para que, provavelmente, no decorrer possam embasar tais discussões, o desenho traz técnicas e concepções da educação artística, enfim numa só imagem podem se evidenciar situações que caracterizam um aspecto transdisciplinar.

Essa imagem revela um direcionamento a uma história em que personagens jovens estão dentro do mundo da Física. Talvez uma analogia entre o professor e a turma nos dias de aulas expositivos dialógicas.

Figura 14- Página 2 do gibi.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Esta imagem visual se divide em duas figuras, podemos notar que uma desenhada e outra foi selecionada da Internet. Ambas trazem textos escritos. A primeira dá ênfase ao

laboratório ao fundo. E a segunda parece ser um fractal, representando um átomo, com linhas curvas e retas ao mesmo tempo, representando figuras geométricas.

A primeira figura traz recurso do desenho como na figura anterior e textos escritos, os quais possibilitam dar sequência ao enredo da história. A segunda figura usa a internet como recurso para trazer uma imagem interessante, que chama a atenção ao olhar.

Na primeira figura, é possível entender que o texto direciona ao laboratório novamente, quando diz: Parece que não tem ninguém, gostaria de conhecer meu laboratório? Reforçando essa percepção temos a figura, que contém as portas do laboratório em destaque. O aluno permanece com a ideia de que a Ciência Moderna, incluindo a própria Física acontecem, principalmente, no laboratório. Não conseguindo transcender que atividades cotidianas representam a FMC tanto quanto as atividades de laboratório. Um adendo é interessante:

Uma vez que, a dificuldade da experiência cinematográfica é inclinar-se para um mundo de ficção onde a imagem dos filmes apresenta definitivamente a imagem fotográfica, o filme torna-se a revelação da realidade compreendida em seu desenvolvimento. Engajados na construção de um contexto imaginário, a imagem faz da invenção seu próprio princípio constitutivo. O filme usa descobertas científicas e tecnologias industriais para implementar e aplicar sua própria viagem e história em desenhos animados e filmes, ficcionistas em relação a cultura ou as culturas dos homens. (GENNARI, 1997, p.286) [tradução nossa]

Dando continuidade à história, a menina aceita ir ao laboratório. A próxima figura define o personagem do rapaz quanto a sua profissão, eis o texto que segue, a menina pergunta: “Eu me esqueci de perguntar, qual seu nome professor?” Ele responde: “É Quantum, você sabe o significado?” Ela responde: “Sei sim! O quantum foi designado por Albert Einstein como uma distribuição de energia em “pacotes”, logo seria um tipo de energia quantizada, ou seja, múltiplo de um valor!” O texto dessa segunda pergunta nos traz várias percepções dos alunos. A primeira, que o professor da UFFAN era uma pessoa jovem e isso permite, que mesmo com baixa idade, tenha-se um conhecimento sobre Física. A segunda, eles utilizam a palavra quantum como nome do professor para representar os estudos de Planck, embora creditem ao nome de Albert Einstein, a designação, o que pode parecer um erro de aprendizado, mas ao mesmo tempo eles podem ter percebido que o quantum, realmente, foi significativo com o efeito fotoelétrico, logo foi Einstein quem, efetivamente, o

promoveu. O fato de usar aspas na palavra pacotes, mostra que o aluno percebeu a questão de porções determinadas de energia. Ao perceber o quantum como o múltiplo de um valor, reforça essa percepção, partindo do pressuposto que o múltiplo é sempre uma parte determinada, sem frações. Além do texto, a segunda imagem visual é muito interessante, o aluno usa uma espécie de fractal que chama atenção pela sua coloração, percebe-se, então, que ele tenta dar fundo à conversa entre os personagens com uma representação que viesse a combinar com a FMC, esse desenho inspira a ideia de um átomo, então o fato de um mundo infinito estar encerrado dentro de uma esfera, mostra que o aluno percebe o átomo como uma entidade complexa.

O fato de o aluno relacionar a FMC a um mundo a descobrir, ou seja, que possui traços misteriosos reforça nossa ideia de cultura humana destacada no corpo teórico. Um aluno passa a perceber que o mundo que ele considera real também pode ser composto por imperfeições e espaço vazio. O fato de usar um fractal remete à ideia de indeterminação, característica da FMC, tanto em questões experimentais como na mudança do pensamento humano.

Esta imagem revela que o aluno preocupa-se em dar continuidade à história. Ao usar de desenho e figuras prontas, o aluno tenta aproximar a história de elementos já criados, ou seja, de aproximar nosso entendimento da história, partindo de algo que já julgamos conhecido, indo ao encontro direto da forma de percepção de Merleau-Ponty (1999). E porque não, baseado nas discussões dentro de sala de aula.

Figura 15- Página 3 do gibi.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Essa imagem visual é composta por texto escrito e por uma figura selecionada pelos alunos. Existe colorido. Formas geométricas de esferas e cilindros. Existe uma união dessas formas parecendo representar a união dos átomos.

Utiliza-se somente o recurso de figuras prontas nessa imagem. O que gera a percepção da necessidade que o aluno teve de juntar elementos novos aos já considerados como definidores de um significado, nesse caso a figura acima nos reporta a uma espécie de molécula.

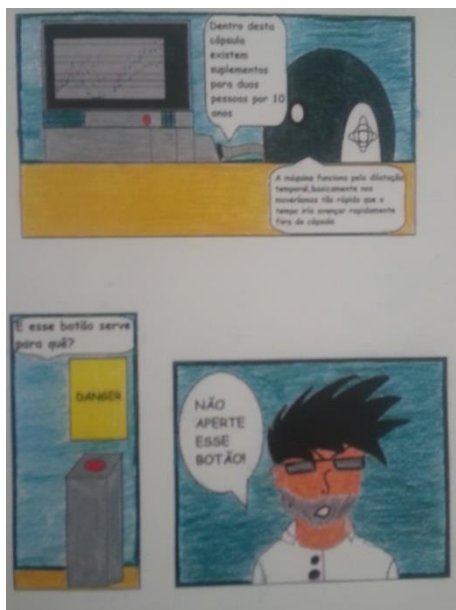
Esta imagem traz a sequência dos textos, da seguinte forma, a menina: “ahh! e meu nome é Quanta”. O rapaz: “Hum, Quanta? o plural de Quantum, muito prazer Quanta! venha, vou lhe mostrar o laboratório.” Nota-se um forte direcionamento para física e conceitos quânticos, o aluno quis relacionar a figura que, aparentemente, reporta-se a moléculas no fundo, com a ideia de quantização da energia e da matéria, apesar de não ter usado elementos que discutam, diretamente, essa ideia, fica evidente sua preocupação em relacionar átomos à FMC. Na frase em que realça que quanta é o plural de quantum o aluno utiliza da desinência numérica para mostrar que absorveu uma informação, a qual pode ser um importante elemento no entendimento de ondas eletromagnéticas, no que tange à dualidade onda partícula, e no efeito fotoelétrico quanto ao seu funcionamento.

Nesse mundo, muitas grandezas físicas são encontradas apenas em múltiplos inteiros de uma quantidade elementar; quando uma grandeza apresenta esta propriedade, dizemos que é *quantizada*. A quantidade elementar associada à grandeza é chamada de **quantum** da grandeza (o plural é *quanta*). (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 178)

Esse entendimento demonstra que o efeito quântico está presente na percepção dos alunos, eles de fato fizeram a transição da Física Clássica para a FMC, compreendendo que a origem dessa nova fase da Física se enquadra no estudo das energias e efeitos atômicos. Isso fomenta nossa preocupação quanto ao entendimento da evolução da Ciência no aspecto de cultura humana, mostrando que a nossa fundamentação anterior sobre a necessidade do aluno de Ensino Médio estar consciente destas qualidades da FMC se faz presente.

Essa imagem revela a preocupação do aluno com a relação da Física Moderna com o estudo quântico utilizando uma página do gibi, para representar essa preocupação.

Figura 16- Página 4 do gibi.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Essa imagem possui três figuras, todas com desenhos e textos escritos. Essas trazem mais elementos que as demais. Há utilização de gráficos e uma palavra na língua inglesa.

Além dos desenhos feitos à mão os alunos trouxeram dessa vez o uso da palavra em inglês *danger* que traduzida para o português significa perigo.

A primeira figura traz, desta vez, gráficos, isso remonta a percepção dos alunos, quando tiveram contato com as aulas expositivas dialógicas. Nessas, foram contemplados com alguns gráficos que fomentavam as explicações sobre os fenômenos, assim ele considerou que em pesquisas Físicas o uso de gráficos é constante. Ademais, aparecem no desenho máquinas interligadas aos computadores que geram os gráficos, permitindo a percepção de interligação entre esses elementos. O signo que representa o átomo novamente aparece, contemplando o que já se discutiu anteriormente. O texto, segundo o rapaz: “Dentro desta cápsula existem suplementos para duas pessoas por 10 anos.” Segunda parte do texto, ainda nas palavras do rapaz: “A máquina funciona pela dilatação temporal, basicamente nos moveríamos tão rápido que o tempo iria avançar rapidamente fora da cápsula.” Esse texto nos permite algumas considerações sobre as percepções, primeiro o fato de se ter suplemento para duas pessoas na cápsula mostra a concepção de viagens tripuladas, além disso, na segunda parte, pela primeira vez especificamente aparece a relatividade especial, a partir da qual o personagem Quantum, a

nave atingiria uma velocidade tão grande que a dilatação temporal, aconteceria. Na percepção dos alunos eles evidenciaram que o intervalo de tempo, do mesmo fenômeno, seria maior fora da nave, ou seja, no referencial da Terra. Assim, seria maior que o intervalo de tempo próprio, que neste caso, seria o da nave, reforçando a compreensão de referencial. “Quando o intervalo de tempo entre os mesmos eventos é medido em outro referencial, o resultado é sempre maior que o intervalo de tempo próprio.” (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 146). Dando continuidade, a segunda figura é a que traz a palavra em língua inglesa *danger*, que mostra a percepção dos alunos quanto a possível condição dos laboratórios de física avançada existirem somente em países dessa língua. O texto dessa figura, nas palavras da menina: “E esse botão serve para quê?” Acarreta a percepção sobre a veia cinematográfica de acidentes científicos, já que para uma viagem em tal velocidade acontecer, precisaria de um fato dessa categoria. O botão que aparece na figura está pintado da cor vermelho, o que está em sintonia com exemplo utilizado por Merleau- Ponty (1999) sobre a questão de tensão proporcionada por essa cor. Na terceira figura o professor transparece estar assustado, e a sua fala é: “NÃO APERTE ESSE BOTÃO!” A utilização de letras maiúsculas mostra a preocupação do professor com essa ação da menina. Reforçando nossa percepção sobre a questão de acidentes científicos.

Esta parte trouxe à baila uma ideia de construção metodológica diferente da proposta e que seria interessante, todavia não discutida anteriormente. Seria pertinente a criação de instrumentos, utilizando-se de outra língua que não seja a pátria. Mostrar ao aluno que as experiências podem acontecer em qualquer laboratório do mundo, inclusive no Brasil e não, fundamentalmente, nos que utilizam da língua inglesa.

Essa imagem revela a utilização da relatividade especial, assim como a ligação da Física Moderna com o átomo. A questão do acidente científico para que uma viagem dessa proporção acontecesse parece inquestionável. Por outro lado, devido à realidade conhecida não permitir uma viagem a essa velocidade, como se mostra abaixo:

Além disso, nenhuma partícula com massa diferente de zero pode atingir esse limite, mesmo que seja acelerada por um tempo muito longo. (Isso significa que, infelizmente as naves que se movem mais depressa que a luz em muitas histórias de ficção científica provavelmente jamais serão construídas.) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p. 141)

O aluno pode entender que para que algo do gênero acontecesse, somente seria possível através de uma ficção científica.

Figura 17 - Página 5 do Gibi.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Esta imagem é dividida em duas figuras. Ambas contêm texto escrito. A primeira nos transmite a percepção de movimento. A segunda de um cenário modificado.

Um recurso diferente é usado na primeira figura, ela transpassa a ideia de movimento. O que faz perceber que o aluno utilizou de uma velocidade alta, e que assim a figura representa esse fenômeno.

A primeira figura traz o texto: 353 anos depois. Esse dado não é aleatório, o aluno no seu estudo usa da relatividade temporal para explicar que nos relógios aqui da Terra, onde a cápsula se encontrava no início, passaram-se trezentos e cinquenta e três anos, para isso utiliza da equação $\Delta t = \Delta t_0 / \sqrt{1-(v/c)^2}$, Halliday; Resnick e Walker (2012), onde Δt é corresponde ao tempo anotado em referencial na Terra, Δt_0 é o tempo no referencial da cápsula, em que se encontram o rapaz e a menina, interessante perceber que eles usam uma velocidade em relação ao relógio do laboratório de $0,9996c$ o que de fato corresponde a aproximadamente 353 anos, quando o tempo próprio foi de dez anos. Então o aluno percebe que é possível através da relatividade einsteiniana haver uma diferença de anotação do mesmo evento dependendo do referencial adotado, e que utilizou da Matemática de forma correta

para formar a história. Além disso, na segunda figura ele já traz a ideia de avanço no tempo, pois caracteriza o cenário de forma diferente, ou seja, em comparação com o que se tinha antes não existe mais edificações como as conhecidas, a Terra parece estar deserta. Isso mostra a percepção de que ao avançar no tempo o mundo como conhecemos, muda, indiferente de como eles possam ter representado, essa foi a percepção. Um texto no final contribui para o lado do enredo: “Aleluia! Chegamos! Tem alguém ali!” Essa frase mostra que os viajantes do tempo tinham noção de que ao viajarem por dez anos com a velocidade acima citada o tempo transcorreria de outra forma no planeta Terra, configurando a surpresa de encontrarem alguém conhecido vivo. Isso se mostra compatível com o susto levado pelo professor quando a menina apertou o botão.

Essa imagem pode ser fundamentada pelas representações semióticas usadas, o aluno não só percebeu que existe uma diferença entre o tempo anotado, quando um objeto encontra-se em movimento relativo dependendo do referencial de forma teórica, mas também matemática. A seguir Moretti (2002), avigora a importância da utilização de representações semióticas no ensino: “A isto, podemos acrescentar que a pluralidade de sistemas de representação permite uma diversificação de representação de um mesmo objeto o que aumenta as capacidades cognitivas do sujeito e, conseqüentemente, potencializa as suas representações mentais.”

O aluno revela, através dessa imagem, um contexto para sua narrativa, dando um caráter histórico e recorrendo a nomes e a conceitos da Física Quântica. Atinge o clímax da história com a relatividade especial, somando-se a isso coloca um número matemático com relação a um cálculo que contempla essa face mais científica e dura da disciplina de Física, mostrando que, por sua simples escolha, tem capacidade em trabalhar com esses cálculos matemáticos no Ensino Médio.

Figura 18- Última página do gibi.



Fonte: Arquivo do pesquisador.

Essa imagem visual apresenta uma figura, com texto escrito e desenho. Apresenta uma característica comum aos gibis tradicionais de finalizarem com a palavra, fim, no canto direito.

Esta última figura traz o tom de comédia adotado pelo grupo de alunos. O professor mesmo após a passagem de 353 anos, ainda continuava vivo e à procura de sua filha. A comédia mostra o tom lúdico e confirma a nossa percepção sobre o comprometimento dos alunos evidenciada no capítulo anterior. Ainda que tenham mantido a parte prazerosa do trabalho, não abriram mão da rigorosidade científica mesmo que enquadrada em sua subjetividade.

O caráter estético, de formação de um ser livre, comprometido apenas com a preocupação em aprender, fundamenta essa última parte, trazendo referência à cultura que a pessoa constrói, ao passar pelas diferentes abordagens e conteúdos. “La formación del hombre, en cada época de su vida, encuentra en las formas y en los contenidos de la cultura un acercamiento específico al saber que favorece la maduración global de la persona humana.” (GENNARI, 1997, p.96).

Esse final corrobora para ideia de que o aluno pode, sim, desfrutar de uma atividade prazerosa ao estudar, sem imposições, proporcionando à aprendizagem de maneira significativa, na abordagem de Rogers, que prioriza a atividade do aluno, segundo Moreira (1999).

Os alunos perceberam nessa atividade uma maneira diferente e interessante de aprender, de início se sentiram acuados com a metodologia, principalmente, na parte que direcionava a eles as responsabilidades sobre a construção do instrumento. O fato de estarem acostumados com regras a seguir e com roteiros elaborados de antemão, pareceu ser o pior empecilho. Entretanto, no desenvolvimento e após a conclusão sentiram-se satisfeitos com os resultados apresentados, afirmando que haviam compreendido algumas partes da história e de como se diferencia a FMC da Física Clássica. Foi relatado também, que a Física Contemporânea não era amplamente conhecida e que eles não sabiam o que se passa, atualmente, nos estudos da Física, porém após a metodologia sentiam-se mais seguros quanto a isso.

5.2 Leitura do roteiro do teatro

O roteiro foi adicionado à dissertação tal qual foi feito pelos alunos. Esses separaram o roteiro em sete cenas, as quais numeraram com a grafia romana. Logo abaixo de cada cena adicionaram uma foto e um comentário. Nossa compreensão se encontrará abaixo dos comentários de cada cena.

Tema: Dilatação do tempo e relatividade

Roteiro

CENA I

Narrador contextualiza o que Einstein está descobrindo: O ano é 1905, o mundo da Física prepara-se para presenciar uma grande mudança, pois o cientista alemão Albert Einstein está para fazer uma grande descoberta, o tempo não será mais visto como era antes ele agora depende da visão de cada um, o tempo pode se dilatar. Einstein aparece no fundo escrevendo fórmulas em um quadro.

Figura 19- Cena I do teatro.



Fonte: Arquivo dos alunos.

Comentário: Essa cena foi apresentada conforme o planejado, porém creio que o quadro de Einstein poderia ter sido mais bem elaborado.

A imagem visual possui um quadro com fórmulas físicas um copo preso ao quadro representando um botão. Os alunos caracterizados. Um narrador. Um aluno representando Albert Einstein.

A estratégia usada é a fotografia colorida, retratando as cenas especificadas, em todas as fotos utilizadas, temos a sala de aula e a caracterização das cenas e dos alunos.

Partindo do texto, o aluno percebe a importância da data, ele deixa claro esse dado na narrativa. Relatam a grande descoberta que Einstein está a promover na Física, principalmente, no que tange à mudança da concepção sobre tempo. O aluno percebe a questão do referencial como ponto de partida para essa nova visão. A imagem visual mostra uma percepção do aluno entre a Matemática e a Física, eles tentam, sempre que possível, representar essa disciplina a partir da representação semiótica matemática, o que nos permite afirmar o quanto é importante manter as deduções matemáticas dentro dessa disciplina como uma das formas para ensinar. “A matemática ajuda muito na Física, sintetizando a compreensão dos fenômenos. Uma fórmula matemática que resume um fenômeno físico constitui uma ajuda para a compreensão desse fenômeno, de modo que nunca deve ser assustadora para você” (RAMALHO, FERRARO e SOARES 2007, p. 4). O aluno que representa Einstein utiliza de um bigode branco, assim associa a imagem desse cientista a suas fotos mais conhecidas como a irreverente, na qual o cientista coloca a língua para fora, pois é

de se admitir que Einstein ao preconizar a relatividade especial estava com 26 anos, o que não corresponde normalmente a um bigode branco. Por fim o próprio comentário posterior dos alunos a respeito de que o quadro deveria ser mais elaborado, acerca da discussão sobre a relação entre Física e Matemática.

Esta cena pode ser fundamentada pela aula expositiva dialógica que contribuiu de forma histórica, teórica e matemática, o que promoveu a ajuda aos alunos nessa cena.

A primeira cena revela toda uma preparação estética do aluno, ele se preocupou com cenário, com vestimenta, com enredo, com narração e com contexto físico, aproximando ao máximo o que foi pedido na proposta metodológica de trabalho dos alunos.

CENA II

Narrador: No futuro, cinco jovens astronautas estão se preparando para embarcar em uma importante missão da qual talvez eles não saiam vivos. Houston conversa com os astronautas: Olá jovens astronautas, eu tenho uma missão para vocês, ela exigirá muito esforço, é uma missão perigosa, talvez vocês não retornem para casa, mas confio e sei que vocês são capazes de cumpri-la, Vocês aceitam essa missão? Astronautas em coro: Sim Senhor! Houston: Aqui estão as coordenadas dessa missão, não me desapontem, desejo-lhes boa sorte. Astronautas se dirigem a nave e Houston volta a sua sala.

Figura 20- Cena II do teatro.



Fonte: Arquivo dos alunos.

Comentário: Nessa cena algumas falas foram improvisadas, mas nada que afetasse o sentido do diálogo, os soldados estavam todos sincronizados, faltou apenas alguma coisa que imitasse as coordenadas da missão, mas isso não afetou o teatro.

Uso de jaquetas como uniforme. Uso de capacetes para dar maior realidade. Batendo continência. O quadro ao fundo ainda com as expressões matemáticas.

O texto dessa cena proporciona perceber a ligação que os alunos fazem com os norte-americanos. O narrador admite uma situação futura, na qual o responsável por ordenar a missão é Houston, os alunos personificam o nome da cidade que comporta o centro de controle de missões, da Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço, tradução em português para (NASA). Assim ligam novamente uma atividade espacial e relacionada à FMC aos norte-americanos. Além de ressaltar que é uma missão perigosa, junto ao fato de parecer uma organização de porte militar confirma o direcionamento para as ideias implantadas pelos materiais cinematográficos. A imagem visual tende a uma compreensão de caracterização da cena, o aluno dá contexto à história se vestindo com roupas de uso cotidiano, mas que trouxeram um clima de realidade sobre a missão que deveria ser efetivada. O comentário do próprio aluno, assim como na figura 19 p.101, se preocupa com o andamento da peça.

Ao improvisar o aluno, de forma subjetiva e criativa, usa de relações com o roteiro criado, para manter-se em harmonia com a história, assim o seu raciocínio é usado no momento da fala, atuando conjuntamente com o que este tentou memorizar. O aluno cria uma estratégia intelectual, e depois apresenta essa, através da sua expressão para a plateia, configurando no teatro algumas estratégias que fomentam não só o conteúdo da peça, mas situações que permitem desenvolver sua própria intelectualidade em qualquer área. Nesse contexto, ao memorizar a fala que deve representar na hora da peça, o aluno está consideravelmente desenvolvendo a sua capacidade de memorização, que sem dúvida enquanto pessoa se faz necessária, segundo Courtney (1980).

O uso do cinema como referencial não é um problema. Ele só será quando apenas essa ideia for a formadora do aprendizado do aluno. Assim, a arte trazida pelo cinema pode ser um grande parceiro da Educação Estética se usado de forma construtiva.

A caracterização dos alunos nessa foto mostra que, mesmo aqueles alunos que não participaram da peça estavam preocupados com o bom funcionamento do teatro, pois não foram relapsos na escolha do vestuário.

CENA III

Narrador: Foi então que o comandante Houston se preparou para fazer uma importante ligação. A ligação é para a presidente dos EUA. Secretaria: Escritório do presidente, boa tarde. Houston: O presidente está aí? Secretário: Só um minuto. Houston pede a presidenta se já está tudo OK para apertar o botão. A presidenta responde que sim. Houston chama um soldado especial, Jailson, para que aperte o botão, e assim é dada a partida da nave. Houston e Jailson observam a decolagem da nave.

Figura 21- Cena III do teatro.



Fonte: Arquivo dos alunos.

Comentário: Muitas das falas nessa cena foram improvisadas, porém foi, propositalmente, para deixar o teatro mais dinâmico.

Um aluno vestido de mulher, uma aluna vestida de homem, uso do celular. Uso do quadro. Figurino que aproxima da comédia.

Partindo do texto, pode-se perceber o que já se havia registrado acima, um direcionamento destacado a esse tipo de missão com relação aos Estados Unidos. O interessante é que em nenhum momento da aula expositiva dialógica chegou-se a remeter a filmes ou fatos que ligassem a esse país. Assim, o direcionamento para essa área faz parte da

bagagem intelectual do aluno. Outra questão a destacar é que os alunos do teatro direcionaram a sua apresentação com um tom de comédia menos comedido do que no caso do gibi. O seu foco foi a comédia e não os acontecimentos físicos. Passando a percepção de que para um entendimento geral das pessoas não devemos nos deter a detalhes técnicos. O fato da aluna e do aluno terem trocado de sexo nos papéis reforça esse viés. O uso de comunicação remota fez perceber que os alunos se encontravam em locais diferentes, mas não se preocuparam em realmente, o fazer. Outro ponto a perceber, segundo essa cena e levando em conta o comentário do roteiro, o fato de deixar o diálogo improvisado em todas as partes não caracteriza tornar o teatro mais dinâmico e, sim, uma certa displicência para com a proposta.

Nesta cena, talvez seria interessante reforçar aos alunos a necessidade de se deter um pouco mais na Física em quanto área científica. A representação continuando nesse rumo, distorceria do que se propôs.

CENA IV

Houston telefona para a nave informando que ocorreu um problema no lado de fora e algum dos astronautas terá que resolvê-lo. O piloto da nave decide então ir resolver o problema e quem assume a nave é o copiloto. O piloto em uma tentativa heróica de consertar a nave acaba morrendo, e o time de astronautas fica desfalcado. Os astronautas que sobraram telefonam para Houston informando do ocorrido. Então Houston pede aos astronautas que voltem o mais rápido possível á Terra.

Figura 22- Cena IV do teatro.



Fonte: Arquivo dos alunos.

Comentário: Nesta cena, o único problema ocorrido foi o meteoro não ter acertado o astronauta, tendo que ser informado ao público o que era para ter ocorrido.

Uso de duas figuras, uso das cadeiras ao fundo. Na segunda figura aparece uma componente do grupo que estava registrando as atividades. Uso dos capacetes.

Dessa vez os alunos utilizam a fotografia como anteriormente, mas usam de duas figuras, o que proporciona um melhor entendimento do texto, pois se tem mais ângulos de visão. Olhar uma cena e fotografar são ações distintas, podemos registrar um momento através da fotografia, por isso foi tão importante o uso dessa ferramenta. O excerto acrescenta que:

Isso determina uma diferenciação clara entre olhar e fotografar. Diante de um mesmo fato visível, cada indivíduo reage de modo diverso. Enquanto para uns ele interessa tão somente pelo que é – uma realidade fluindo no tempo -, para outros faz perceber significados a serem investigados, retirando-se dele a visão transformada que nos proporciona a fotografia. (HUMBERTO, 2000, p.45).

O texto direciona para uma percepção de acidente, como havíamos notado também no gibi. O fato de acontecer um ato heroico remonta ao patriotismo sempre exaltado nos filmes norte-americanos. Porém, o fato dos astronautas entrarem em contato com Houston para informar sobre o ocorrido mostra que os alunos voltam a um tom mais próximo da seriedade, pois mostram que uma nave ao ser guiada no espaço, necessita de uma ligação com informações da Terra. Um fato que não está registrado no roteiro, mas que chamou a atenção tanto na hora dos ensaios, quanto no dia da apresentação, foi os alunos perceberem a imponderabilidade, que existe no espaço. Na representação, eles sentem esse fenômeno e precisam ativar um dispositivo para compensar tal situação. Os alunos poderiam ter pesquisado situações acerca das razões desse fenômeno acontecer e ter explicado algo, como a gravidade simulada, segundo Hewitt (2011), a força centrípeta originada por um leve giro, pode ser a solução física para as estações espaciais diminuindo os efeitos prejudiciais à saúde causados pela imponderabilidade. A figura 9, remonta essa percepção que se enquadra dentro dos fenômenos físicos. O acidente que ocorrera e que teria danificado a nave, foi nas palavras dos alunos, um meteoro que acertou a nave, eles julgaram que esse foi um dos problemas da representação, porque precisaram falar a plateia o que acontecia, pois a representação foi falha. Do ponto de vista da astronomia, meteoro seria quando um meteoróide adentra a

atmosfera e aquece a altas temperaturas, logo se a nave encontrava-se no espaço não poderia ter sido acertada por um meteoro e sim por um meteoróide. Podemos perceber que o aluno não se preocupou com o uso do sentido correto de algumas palavras.

Talvez uma leitura sobre cosmologia seria interessante para quando trabalhado a respeito do Universo, corroborando o uso da Física como entendimento do espaço que habitamos.

A foto revela que, para o teatro, o uso de mais imagens, ou uma melhor escolha das fotografias, que representasse informação direta com fenômenos físicos seria mais proveitoso, podendo revelar mais aspectos, que são pertinentes às fotografias segundo Humberto (2000).

CENA V

No caminho de volta eles decidem entrar em um buraco pensando que era um atalho.

Narrador: Mas o que os astronautas não poderiam imaginar é que na verdade esse não era um buraco qualquer, e sim o temido buraco de minhoca, até agora apenas hipotético para a maioria dos homens, não podemos saber o que talvez aconteça com nossos heróis, esse buraco, hipoteticamente, poderia levá-los a um lugar desconhecido.

Figura 23- Cena V do teatro.



Fonte: Arquivo dos alunos.

Comentário: Nessa cena não houve problemas, saiu tudo conforme o planejado.

Essa imagem traz os astronautas, uso de capacetes, uso das cadeiras, falta de um dos astronautas.

O texto traz a informação que os astronautas, ao estarem perdidos no espaço, escolhem um buraco de minhoca como um possível atalho. Essa dedução passa a percepção de que os alunos aproveitam o discutido, nas aulas expositivas dialógicas, para adequar uma solução ao seu enredo, pois ao afirmarem que os astronautas acreditam que o buraco de minhoca é um atalho, desprezam o conhecimento sobre o mesmo, ou pelo menos passam a percepção de que os astronautas não tinham esse conhecimento. Outra falha perceptível é que, em nenhum momento, a nave se comunica com a Terra para perguntar sobre esse possível atalho. Então, uma adequação a história parece ser forçada. Nesta cena, o narrador volta e de forma consistente se percebe o retorno dos fenômenos físicos. O fato de afirmar que o buraco de minhoca é uma hipótese comprova isso. Assim, a teoria sobre a relatividade geral discutida de forma histórica e com suas possibilidades vem à tona. O comentário sobre a não existência de problemas reforça a percepção sobre na volta do narrador se obter consistência com a proposta, enquanto a presença desse não se fez, houve um desequilíbrio para a parte meramente lúdica e cinematográfica. A imagem visual sobretudo mostra a coerência da sequência da história, pois se percebe a falta de um dos tripulantes, na nave.

Um estudo sobre os buracos de minhoca seria importante para fundamentar o entendimento, principalmente, sobre as questões dos “laços de tempo”. A possibilidade teórica da viagem no tempo instiga a intelectualidade da maioria das pessoas, indubitavelmente, tratar deste tema em âmbitos escolares é alvissareiro. “Mas você pode entrar em um buraco de minhoca, ir até o outro lado da Galáxia e estar de volta a tempo para jantar” (HAWKING, 2009, p.136).

Essa cena revela a coerência dos fatos científicos quando registrados, por estarem em concordância com os assuntos discutidos nas aulas.

CENA VI

Após um longo período perdidos no espaço, os aventureiros, finalmente, encontram a Terra. Narrador: Nossos aventureiros teriam voltado ao planeta natal, mas devido aos

efeitos do buraco de minhoca teriam avançado muitos anos no tempo, então o comandante da nave estava prestes a se deparar com uma situação, a qual ele não poderia imaginar. Ao descer da nave, eles encontram com futuristas e descobrem que estão no ano de 3026. É então que ocorre uma guerra e os astronautas acabam mortos pelos futuristas.

Figura 24- Cena VI do teatro.



Fonte: arquivo dos alunos.

Comentário: Nesta cena, o maior problema ocorrido foi quando os astronautas ficaram de costas para o público tapando a visão deles dos futuros habitantes da terra.

Reorganização do cenário, novos personagens.

A parte textual nos mostra uma das características do buraco de minhoca: a hipótese de deslocamento no espaço-tempo. Os alunos perceberam que é possível alterar o tempo de duas formas, no caso do gibi utilizaram a relatividade especial, já no teatro, a relatividade geral, assim o assunto contemplado nos dois casos foi a relatividade, mas com abordagens diferentes. Engajando-se na história para continuar com o enredo eles provocam um conflito entre futuristas e os tripulantes da nave, a partir do qual estes acabam mortos. É perceptível que os alunos quase saíram da proposta em cenas passadas, todavia trouxeram para o final alguns quesitos pertinentes quanto a sua percepção sobre os conteúdos de FMC. A imagem visual remonta o momento que os astronautas se deparam com homens diferentes dos que conheciam. Assim como no gibi o aluno percebe que o futuro sempre traz novidades quanto

ao cenário. A caracterização dos personagens futuristas os retrata como seres com uma cultura totalmente diferente da cultura dos tripulantes.

Uma leitura sobre a evolução da ciência e do homem seria oportuno nessa cena, pois o fato de todos alunos perceberem que em um futuro nossas estruturas seriam diferentes das nossas, é notável. O texto de Bastos Filho (2003), sobre as formas de como acontecia a ciência e como os próprios cientistas viviam tais fatos revolucionários na época das descobertas da relatividade einsteiniana, seria um adendo interessante, no que construísse um meio pelo o qual o professor poderia passar tais entendimentos para os alunos, visto que esse texto é denso para o ensino médio.

Essa cena revela que a preocupação que o aluno do teatro antes não fosse cumprir com a proposta designada era apenas uma impressão, pois se percebe que a seu modo, o aluno percebeu a FMC também no teatro de forma efetiva.

CENA VII

Narrador: Então os homens da Terra futurística assumiram o comando da nave e viajaram para o passado. Eles acabam parando onde a peça toda começou, quando Albert Einstein ainda estava fazendo suas descobertas. Como os futuristas eram selvagens acabam matando todos, incluindo o narrador, dando fim ao teatro.

Figura 25- Cena VII do teatro.



Fonte: Arquivo dos alunos.

Comentário: Não houve problemas nessa cena, tudo estava como foi programado em ensaios anteriores, e foi a única solução encontrada para dar fim ao teatro.

O personagem de Einstein retorna. As expressões matemáticas voltam a serem escritas no quadro. Os novos personagens assumem maior parte da cena.

Os alunos usam da criatividade para que os homens futuristas retornem ao período, no qual toda a história começou. Retomando a pequena probabilidade de “laços de tempo” propostas por Hawking (2009). Assim o que conhecemos hoje seria diferente, pois se Albert Einstein tivesse morrido em 1905, muitos dos avanços propostos por ele, e aqueles que seu trabalho inspirou, como esta dissertação, por exemplo, não existiriam. Apesar de no comentário afirmarem que esta foi a única solução para o fim da peça, tiveram um desfecho criativo. Então, o final dessa mini peça de teatro é dado pela imagem visual, em que Albert Einstein e o narrador são mortos.

No final dessa peça acredito que um estudo sobre a história, sobre o desenvolvimento do teatro como os sugeridos por Courtney (1980), e precipuamente sobre a construção de roteiros teatrais se faria pertinente, contribuindo para o aumento das percepções.

No fim da peça, e analisando a mesma como um todo, os alunos oscilaram nesse caso entre conceitos físicos e uma demasiada abordagem humorística, todavia estes perceberam a relatividade geral. Os alunos desse grupo não se adentraram ao campo da Matemática, porém ao pensar que escolheram a relatividade geral, como seu tema principal, podemos creditar essa falta à escolha desse conteúdo.

Encerrando esse capítulo, a percepção do grupo do teatro a respeito da metodologia usada para o estudo da FMC foi satisfatória, a hipótese de trabalharem sendo os responsáveis diretos pela construção do seu instrumento foi fundamental segundo eles. Deixaram claro que a responsabilidade de buscarem informações, o fato de produzirem um roteiro, a busca por materiais que fossem adequados para o trabalho proporcionou uma integração. Ademais, declaram que atividades assim poderiam ser expandidas para outros conteúdos, da própria Física, ou de outras disciplinas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Trabalhar com o ensino da Física configura uma proposta complexa. Ao tratar de dois temas: Educação e Física, os quais possuem inúmeras variáveis e alternativas a serem consideradas, escolheu-se um caminho intrincado. Porém, como afirmado no início desta dissertação, o que motiva este pesquisador são as tarefas difíceis. Tendo em vista essa incumbência, procurou-se aprofundar um problema latente: a falta de efetividade da FMC nas escolas de Ensino Médio. Assim, a empreitada era compreender qual seria a percepção de alunos de Ensino Médio sobre a FMC, utilizando-se de propostas artísticas embasadas na Educação Estética. Para que essa tarefa fosse cumprida com propriedade, foi necessário construir, no referencial teórico desta dissertação, uma base para que a constatação do problema e as possíveis contribuições apresentadas pela relação com a Educação Estética se consolidassem.

Nesse contexto, apontou-se, inicialmente, alguns fatos da história do ensino da Física e quais suas principais contribuições para a sua área do conhecimento. Também se consideraram pesquisas científicas sobre a FMC, com o intuito de verificar qual o estado da arte sobre esse viés. Ao averiguar que são necessárias metodologias e reflexões sobre o modo de aprender Física, enfatiza-se o papel dessa área de ensino, e a necessidade de investir numa proposta em FMC. Assim, fortemente ligada a essa percepção, tem-se as maneiras de aprender, direcionando o ensino, não somente, às metodologias e aos conteúdos a ensinar, mas, sim, a como se aprende, tangendo para as teorias de aprendizagem.

Acerca dessas correntes teóricas, existem variadas perspectivas, entretanto adotamos aquela que corresponde à proposta dessa dissertação: a abordagem rogeriana. Para que a dissertação fosse validada pela lei, buscaram-se considerações da LDB e as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais. Além disso, a Educação Estética é a alternativa que usamos como padrão na nossa metodologia para o ensino da Física. Ao entender que um ser estético, molda-se para sociedade, ancorado na cultura, nos seus sentimentos e nas normatizações, a Educação Estética se enquadra perfeitamente na proposta de trabalharmos com as percepções dos alunos, ainda mais aportados na teoria da aprendizagem de Rogers que foca na figura do aluno. Durante todo esse processo de construção teórica, este pesquisador, esteve entusiasmado com as experiências e reflexões trazidas por essas escolhas, contribuindo

para um engrandecimento cultural, intelectual, profissional e pessoal. Assim, admitindo o quanto era limitado nessas direções o conteúdo deste.

Enfim, chegamos aos aspectos mais técnicos desta dissertação: como procederíamos para compreender tais percepções dos alunos, visto que uma percepção se faz em comparação a “algo” que já conhecemos. Para isso, escolhida a turma de trabalho, adotou-se a leitura de imagens como método para compreensão das percepções. Sobretudo uma imagem visual, quando une representações gráficas a apresentações artísticas, o que foi característica dos instrumentos selecionados, adentra-se na teoria das estratégias textuais da Educação Estética, a qual pode revelar, através das expressões dos alunos, suas aprendizagens significativas. Partindo desse pressuposto, a forma de entendimento dessas percepções trabalha em interface com a proposta teórica dessa dissertação e ambas se enquadram no paradigma humanista.

Na visão desse pesquisador, esse paradigma poderia ser adotado para a educação no futuro, proporcionando à sociedade entender o mundo em suas mais variadas concepções, mas nunca abandonar a reflexão humana. Chegando de fato na compreensão das percepções dos alunos, a pergunta da dissertação é respondida. Os alunos percebem a FMC através de estratégias lúdicas ancoradas nas artes, utilizando o material que foi discutido em aulas expositivo dialógicas com eles, sobretudo possibilitando afirmar que dentro das proposições rogerianas para evidência da aprendizagem, os alunos se modificaram, após a metodologia de trabalho. Entretanto, não abandonam algumas características intrínsecas. Neste ponto, vê-se um direcionamento às questões trazidas pela mídia, mesmo após a metodologia executada, o aluno traz concepções que não foram discutidas em sala de aula, e as utiliza na compreensão dos fatos, mesmo sem que essas fossem questionadas. As produções cinematográficas são fortemente oferecidas como fonte das discussões, o que ocasiona uma dúvida neste pesquisador, o quanto é forte o impacto produzido pelas produções cinematográficas? Essa é uma questão pertinente que se levanta com esta dissertação. Esse fato pode não ocasionar um obstáculo de aprendizagem, todavia se não for tratado adequadamente pode ser um elemento contributivo para o senso comum e não para uma reflexão científica. Sobretudo o conhecimento da Física apareceu nas percepções dos alunos. Fazendo com que, dessa forma, nosso objetivo fosse atingido. Porém, foi necessário, após essa metodologia, fazer um *feedback* com os alunos a respeito de suas percepções, em alguns momentos pontuais. No caso de erro de percepção, foi sugerido novamente ao aluno o entendimento que se julga como correto do ponto de vista da Física.

Algumas alternativas a melhorar na metodologia também são consideradas por esse pesquisador. A designação de textos escritos sobre alguns ramos da FMC parece uma alternativa fundamental, visto que a leitura pode ser oferecida, não imposta, porém não deixada somente na subjetividade do aluno, visto que este ainda não está acostumado com metodologias que permitam tanta liberdade. A respeito do teatro, uma oficina de como montar um roteiro, também parece necessária.

Por fim, este trabalho se mostrou significativo, parece ter promovido o entendimento da FMC pelos alunos, no que tange a uma das formas de compreender o mundo, e pode ser usado, futuramente, por colegas professores como uma leitura sobre uma forma metodológica de trabalhar a FMC no Ensino Médio.

7 REFERÊNCIAS

BANKS, Marcus. *Dados visuais para pesquisa qualitativa*. São Paulo: Bookman, 2009.

BASTOS FILHO, Jenner Barretto. Os problemas Epistemológicos da Realidade, da Compreensibilidade e da Causalidade na Teoria Quântica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n.2, p.125, 2003. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_125.pdf>. Acesso em: 05 fev.2014.

BERTRAND, Yves; VALOIS, Paul. *Paradigmas educacionais: escola e sociedades*. Lisboa: Instituto Piaget, [1994]. 278 p.

BRASIL. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Guia do livro didático. Execução do Programa Nacional do livro didático (PNLD).(2013) Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-funcionamento>>. Acesso em: 05 de out. 2013.

_____. Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Diretoria de Estatísticas Educacionais – Inep. *Estudo exploratório sobre o professor brasileiro com base nos resultados do Censo Escolar da Educação Básica 2007*. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/estudoprofessor.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2013.

_____. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Ciências Humanas e suas tecnologias*. (2000) Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/cienciah.pdf>> PCNEM>. Acesso em: 06 out. 2013.

_____. *PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. (2002) Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2013.

_____. Senado Federal. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 9394/96. Brasília: 1996. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm> Acesso em: 05 out. 2013.

CHEFE SEATTLE. Carta ao grande chefe Branco de Washington [1854]. In; ROBERTO, Julio. Poema ecológico. Lisboa: Itau 1978.([s.p.]).

CHESMAN, Carlos; ANDRÉ, Carlos; MACÊDO, Augusto. *Física moderna: experimental e aplicada*. São Paulo: Livraria da Física, 2004. 291 p.

COURTNEY, Richard. *Jogo, Teatro & Pensamento*. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1980. 302 p.

DAL'VESCO, Marilei Teresinha. Os discursos narrativos não-verbais na história em quadrinhos da personagem menino Maluquinho-de Ziraldo. In: I.LAGO, Clênio. (Org) *Reescrevendo a educação*. Chapecó: ed. SIMPROESTE, 2007. p. 83-93.

DUARTE, Celso de Araujo. Sobre a possibilidade da quantização dos fluxos de campo na radiação eletromagnética. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 3, p. 3305, 2013. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/353305.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2013.

EINSTEIN, Albert. *Como vejo o mundo*. 14.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981. 212 p.

FLORES, Claudia Regina; MORETTI, Méricles Thadeu. A articulação de registros semióticos para a aprendizagem: analisando a noção de congruência semântica na matemática e na física. *Perspectivas da Educação Matemática*, Campo Grande, v. 1, n. 1, p. 25-40, [s.d.]. Disponível em: <http://www.ced.ufsc.br/claudiaflores/PESQUISA/textos_publicados/A_ARTICULACAO_D_E_REGISTROS_SEMIOTICOS_PARA_A_APRENDIZAGEM.pdf>. Acesso em: 17 out. 2013.

GALEFFI, Dante Augusto. Educação estética como atitude sensível transdisciplinar: o aprender a ser o que se é propriamente. In: ORMEZZANO, Graciela (Org.). Educação estética: abordagens e perspectivas. *Em Aberto*, Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, v. 1, n. 1, nov. 2007. Disponível em: <http://www.publicacoes.inep.gov.br/arquivos/%7B88EB6EF5-767F-414D-9568-01E33D85749F%7D_Miolo_Em_Aberto_77.pdf>. Acesso em: 25 out. 2013.

GARDNER, Howard; BARBOSA. *Estruturas da mente: a teoria das inteligências múltiplas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

GENNARI Mario. *La educación estética*. Arte y literatura. Barcelona: Paidós Ibérica, 1997.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de física*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 4.

HAWKING, Stephen.W. *O universo numa casca de noz*. 10. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira. 2009. 215 p.

HELAYËL-NETO, José Abdalla. Supersimetria e interações fundamentais. *Física na Escola*, v. 6, n. 1, 2005. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/simetria.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2013.

HEWITT, Paul G.; GRAVINA Maria Helena (Rev). *Física conceitual*. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011. 743 p.

HUMBERTO, Luis. *Fotografia a pética do banal*. Brasília: Editora Universidade de Brasília: São Paulo: Imprensa Oficial do Estado, 2000. 105 p.

LANCEROS-MENDEZ, Senentxu. Física. In: ORTIZ-OSÉS, Andrés; LANCEROS, Patxi. *Dicionário tuter disciplinai de hermenêutica*. Bilbao: Universidad de Deusto, 2006. p. 135-140.

LOPES, Antonia O. Aula expositiva: Superando o tradicional. In: Feltran, Filho Antonio et.all. *Técnicas de ensino: Porque não?* Campinas, SP: Papyrus (1991). (Coleção Magistério: Formação e Trabalho pedagógico).

MELO, Marcos Gervânio de Azevedo. *A física no ensino fundamental: utilizando o jogo educativo “Viajando pelo Universo”*. 2011. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) – Centro Universitário Univates, Lajeado, 2011. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/243/1/MarcosMelo.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2013.

MERLEAU-PONTY, Maurice. *Fenomenologia da percepção*. São Paulo: Martins Fontes, 1999. 662 p.

MOREIRA, Marco Antonio. Ensino de física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 1, mar. 2000. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_94.pdf>. Acesso em: 15 out. 2013.

_____. O modelo padrão da física de partículas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 1306, 2009. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/modelopadrao.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2013.

_____. *Teorias da aprendizagem*. Formas variantes: Cognitivismo, humanismo, comportamentalismo São Paulo: EPU, 1999. 195 p.

MOREIRA, Roseli Kietzer. Conceitos sobre a educação estética: contribuições de Schiller e Piaget. *Linguagens - Revista de Letras, Artes e Comunicação*, Blumenau, v. 1, n. 2, p. 158 - 169, maio/ago. 2007 Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/linguagens/article/view/687/603>>. Acesso em: 09 out. 2013.

MORETTI, Mérciles Thadeu. O papel dos registros de representação na aprendizagem de matemática. *Contrapontos*, ano 2 – n. 6. p. 423 – 437 – Itajaí. Set./Dez. 2002. Disponível em: <<http://www6.univali.br/seer/index.php/rc/article/viewFile/180/152>>. Acesso em: 15 Jan. 2014.

MORIN, Edgar. *Os sete saberes necessários à educação do futuro*. 3.ed. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2001.

NÓBREGA, Fábio Kopp; MACKEDANZ, Luiz Fernando. O LHC (Large Hadron Collider) e a nossa física de cada dia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 1, p. 1301, 2013. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/351301.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2013.

OSTERMANN, Fernanda, FERREIRA, Letícia Mendonça, CAVALCANTI, Cláudio J. Holanda. Tópicos de Física Contemporânea no Ensino Médio: Um Texto para Professores sobre Supercondutividade. *Revista Brasileira de Ensino de Física*.v.20.n.3.p.270-288, 1998. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_de_comunicacao/ENF/ENF20N3/ENF20N3_10.PDF> Acesso em 04 fev.2014.

OTT, Robert William. Ensinando crítica nos museus. In: BARBOSA Ana Mae. (Org). *Arte-Educação: Leitura no subsolo*. 7.ed. São Paulo: Cortez, 2008. p.113-142.

PASTORINI, Rosângela Centuário. *Metodologias e Teorias de aprendizagem no cotidiano escolar de ensino de física*. In: ROCHA FILHO, João Bernardes. (Org). *Física no ensino médio: Falhas e soluções*.1.ed. Porto Alegre: ediPUCRS, 2011. P.159-167.

PIMENTA, Jean Júnio Mendes. Et. Al. O Bóson de Higgs. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v.35, n. 2, p. 2306, 2013. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/352306.pdf>> Acesso em: 18 de jan. 2014.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. *Os fundamentos da física*. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007. v.3.

RICCI, Trieste F. OSTERMANN, Fernanda. *Uma introdução conceitual à mecânica quântica para professores do ensino médio*. Porto Alegre: Instituto de Física- UFRGS, 2003. (Textos de Apoio ao Professor de Física; n.14).

ROGOFF, Barbara. *A natureza cultural do desenvolvimento humano*. Porto Alegre: ARTMED, 2005. 355 p.

ROSA, Daniela Corrêa da; ROSSETTO, G. A. R. da Silva; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Educação em ciências na pré-escola: implicações para a formação de professores. *Educação*, v. 28, n. 1, 2003. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/revce/revce/2003/01/a6.htm>>. Acesso em 25 set. 2013.

SANCHES, Mônica Bordim. *A física moderna e contemporânea no ensino médio: Qual sua presença em sala de aula?* 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá 2006. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/dissertacoes/fisica_moderna.pdf> Acesso em 06 fev. 2014

SCARINCI, Anne L. MARINELI, Fábio. O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 36, n.1,1309 (2014). Disponível em: < <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/361309.pdf>>. Acesso em: 01 de abr. 2014.

SOMMERMAN, Américo. Complexidade e transdisciplinaridade. *NUPEAT–IESA–UFG*, v. 1, n. 1, p. 77-89, jan./jun. 2011. Disponível em: <www.revistas.ufg.br/index.php/teri/article/download/14390/15316>. Acesso em 25 set. 2013.

TIMM, Noé Ricardo. *Física moderna e contemporânea e a saúde: uma proposta envolvendo energia nuclear e radioatividade na formação inicial de professores de física*. 2012. 168 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=4661>. Acesso em: 10 set. 2013.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. *Física: para cientistas e engenheiros*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. v. 3.

YOUNG, Hugh D. et al. *Física I: termodinâmica e ondas*. 12. ed. São Paulo: Pearson Brasil, 2008. v. 2.

_____. *Física I: óptica e física moderna*. 12. ed. São Paulo: Pearson Brasil, 2009. v. 4.

CIP – Catalogação na Publicação

-
- G616c Gois, Eduardo
Contribuição da educação estética para o ensino de física moderna e contemporânea / Eduardo Gois. – 2014.
124 f. : il., color. ; 30 cm.
- Orientação: Professora Dr. Graciela René Ormezzano.
Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de Passo Fundo, 2014.
1. Física – Estudo e ensino. 2. Aprendizagem. 3. Processo educativo. 4. Metodologia. I. Ormezzano, Graciela, orientadora. II. Título.

CDU: 53

Catalogação: Bibliotecária Marciéli de Oliveira - CRB 10/2113