



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

BRUNO ERON MAGALHÃES DE SOUZA

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA
PARA ALUNOS COM E SEM DEFICIÊNCIA VISUAL**

FORTALEZA – CEARÁ
2016

BRUNO ERON MAGALHÃES DE SOUZA

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA
PARA ALUNOS COM E SEM DEFICIÊNCIA VISUAL

Dissertação a ser apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física – Pós-Graduação Stricto Sensu, Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.

Fortaleza

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S713p Souza, Bruno Eron Magalhães de.

Uma proposta de ensino de Física moderna e contemporânea para alunos com e sem deficiência visual / Bruno Eron Magalhães de Souza. – 2016.

120 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2016.

Orientação: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.

1. Ensino de Física. 2. Física Moderna. 3. Educação especial. I. Título.

CDD 530.07

BRUNO ERON MAGALHÃES DE SOUZA

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA
PARA ALUNOS COM E SEM DEFICIÊNCIA VISUAL

Dissertação a ser apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física – Pós-Graduação Stricto Sensu, Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada: 23/09/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva (Orientador)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias
Universidade Federal do Ceará

Profa. Dra. Luciana Angélica da Silva Nunes
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Fortaleza

2016

“Se a educação sozinha, não
transforma a sociedade, sem ela
tampouco a sociedade muda.”
(Paulo Freire).

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por propiciar as condições necessárias para que esta nova etapa de minha vida seja concluída.

À Sociedade Brasileira de Física pela iniciativa de abrir pólos de mestrado profissional em todo o Brasil, capacitando professores e melhorando a Educação Básica.

À CAPES, pela ajuda inestimável ao financiar e repassar as bolsas de auxílio.

À minha família, principalmente aos meus pais Manoel e Catarina, por sempre me darem todo o suporte e incentivo para que eu sempre buscasse me aperfeiçoar cada vez mais.

À Universidade Federal do Ceará por proporcionar condições para receber um pólo de mestrado, e a todos os professores com os quais tive contato durante o decorrer do curso, agradeço, especialmente, ao meu orientador Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva, pela valiosa ajuda para concluir o presente trabalho.

Aos meus amigos, pelos momentos de descontração e incentivo, e a todos os professores que conheci que contribuíram para este aperfeiçoamento em minha carreira acadêmica.

Aos alunos que possibilitaram e participaram na aplicação do presente trabalho.

A todos os colegas de turma pelas valiosas lições e trocas de ideias durante o curso.

RESUMO

O presente trabalho visa contribuir para uma reflexão acerca da Educação Especial, ao levantar questões acerca de uma metodologia que contemple alunos com e sem deficiência visual nas aulas de Física. Para tanto, o estudo discute sobre a importância do ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea ainda no Ensino Médio, e apresenta um guia conceitual para os assuntos abordados durante a aplicação do projeto: Física de Partículas e Física Nuclear e Radioatividade, servindo como subsídio para os profissionais interessados em utilizar uma metodologia onde estejam presentes tais temas. Os conjuntos táteis-visuais utilizados na aplicação do trabalho são descritos, sendo expostos os materiais utilizados e o modo como construir os mesmos, tendo sido estes projetados com o objetivo de contemplar alunos com e sem deficiência visual nas aulas de Física. Este projeto foi aplicado em uma escola regular de nível médio da cidade de Fortaleza. Por meio do uso de uma abordagem histórico-filosófica e construindo um material específico para expor conceitos de Física moderna, esperava-se fazer com que os envolvidos na aplicação percebessem a importância e a presença de tais conceitos em seu cotidiano. Através da análise dos resultados, pode observar-se uma postura reflexiva por parte dos alunos com e sem deficiência visual, acerca da temática da inclusão dos alunos com deficiência visual e dos temas de Física abordados, percebendo um interesse pelos conceitos e informações apresentadas e uma reflexão acerca a relação entre tais temas, a ciência em geral e a sociedade.

Palavras – Chave: Ensino de Física. Educação Especial. Física Moderna.

ABSTRACT

The present paper aims to contribute to the reflection about Special Education, when raising questions around a methodology which includes students with and without visual impairment in lessons of Physics. Therefore, this work discusses the importance of teaching topics of Modern and Contemporary Physics still in high school, and it presents a conceptual guide to the notions discussed during the application of the research project: Particle Physics and Nuclear Physics and Radioactivity, used as subsidy for professionals interested in applying a methodology which addresses these issues. The tactile-visual material employed in the application of this work is described and the materials are exposed with explanations about their construction. The material was designed in order to contemplate students either with or without visual impairment in lessons of Physics. This project was executed in a regular high school in the city of Fortaleza. Through the use of the historical-philosophical approach and the construct the specific materials to expose concepts of modern physics, it was expected that those who get involved in this application realize the importance and the presence of such concepts in their daily lives. Through the result of analysis, it can be observed a reflexive posture on the part of students either with or without visual impairment, on the theme of inclusion of students and the addressed physics topics, realizing an interest in the concepts and in the presented information and a reflection on the relationship between such issues, science in general and society.

Keywords: Teaching of Physics. Special Education. Modern Physics.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO	10
2.1.1. A abordagem ciência, tecnologia e sociedade	10
2.1.2. História e filosofia da ciência no ensino médio	12
2.1.3. A importância do ensino de FMC	16
2.2. A EDUCAÇÃO INCLUSIVA.....	24
2.3. FÍSICA NUCLEAR	47
2.4. FÍSICA DE PARTÍCULAS.....	56
3. METODOLOGIA	67
3.1. O MATERIAL TÁTIL-VISUAL.....	68
3.1.1. Fissão Nuclear	68
3.1.2. Fusão Nuclear	69
3.1.3. Modelos atômicos	70
3.2. OS ENCONTROS.....	72
3.2.1. O primeiro encontro	72
3.2.2. O segundo encontro	73
4. ANÁLISE DE RESULTADOS	75
5. CONCLUSÕES	92
REFERÊNCIAS	94
ANEXO –TEXTO ADAPTADO, EXTRAÍDO DE BALTHAZAR (2008):	100
APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL	104

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física busca despertar o interesse dos alunos em entender como o mundo ao seu redor funciona. No entanto, para que isso ocorra, existem questões associadas ao processo de ensino. Por exemplo, como demonstrar as leis fundamentais que governam os fenômenos naturais ao mesmo tempo que se mantêm o interesse e a atenção dos participantes do processo? Tal desafio é ampliado quando o discente tem necessidades especiais. Faz-se necessária então uma reflexão sobre tal quadro.

É dever do docente — apesar dos inúmeros desafios encontrados pelos profissionais da Educação, como baixa carga-horária por turma, salários reduzidos, falta de material adequado etc. — tentar promover um processo de ensino-aprendizagem no qual os seus alunos possam perceber a Física como uma componente importante de seu entendimento de mundo, tanto para aumentar seus conhecimentos sobre os fenômenos que os cercam quanto para ajudá-los a fazer escolhas rotineiras em seu cotidiano, quando estes conhecimentos puderem ser aplicados.

Este trabalho surgiu justamente da dificuldade encontrada através de uma experiência pessoal acerca dos temas citados, quando da presença de alunos com deficiência visual em salas de aula de Física.

Para auxiliar no tocante à motivação e curiosidade, uma abordagem que evite a memorização e repetição foi buscada, sob a ótica de uma aula baseada em temas apresentados na perspectiva de uma relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), enquanto se tentou promover uma reflexão crítica sobre a natureza e a construção gradual da Ciência, ao se usar uma abordagem que usa História e Filosofia da Ciência (HFC).

Na dificuldade advinda da presença de alunos com necessidades especiais na sala, optou-se por uma busca bibliográfica sobre o tema, e pela adoção de uma metodologia que contemple pontos cruciais para o aprendizado deste alunado.

A metodologia apresentada no presente trabalho busca promover uma interação maior entre os envolvidos no processo ensino-aprendizagem, ao abordar temas de Física Moderna e Contemporânea enquanto visa estabelecer uma relação de ensino onde haja a inclusão dos alunos com necessidades especiais. Para tanto,

são definidos os seguintes objetivos específicos:

- Questionar a importância da inclusão de tópicos de FMC ao longo do Ensino Médio;
- Promover uma reflexão crítica sobre a temática da inclusão, discutindo pontos importantes sobre a deficiência visual e sugerindo saberes a serem adquiridos pelos docentes que se encontrem diante desta realidade escolar;
- Construir modelos de materiais táteis-visuais para auxiliar na aplicação do projeto, que contemplem aspectos básicos a serem estudados em alguns tópicos de FMC (Física Nuclear e Física de Partículas).

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos: seguindo este primeiro capítulo introdutório, tem-se no capítulo dois a discussão sobre a importância da FMC no Ensino Médio, mostrando dificuldades e viabilidades encontradas durante a pesquisa bibliográfica sobre o tema. Ainda no citado capítulo, tem-se a discussão sobre a inclusão, o que ela representa, suas potencialidades e suas problemáticas relacionadas encontradas no Ensino. É apresentada também um pouco da história da Educação Especial no Brasil, assim como sugestões de procedimentos para que o docente reflita sobre a adoção dessa metodologia em seu cotidiano escolar. Ao final do capítulo 2, segue um referencial conceitual escrito sob a ótica histórico-filosófica, para os docentes interessados em se apropriar de conteúdos relativos ao projeto apresentado e utilizá-lo em suas salas de aula.

O capítulo 3 aborda a metodologia utilizada para a aplicação do projeto, onde se especificam os encontros, suas atividades e os materiais usados para a construção dos modelos táteis-visuais.

No capítulo 4 é feita uma análise qualitativa dos resultados, em que trechos dos discursos de alguns participantes do projeto são analisados e reflete-se sobre as dificuldades e os resultados encontrados na aplicação do projeto.

O capítulo 5 trata das conclusões finais do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo vamos descrever a fundamentação teórica desse trabalho, que está dividida em quatro partes. Na primeira aborda-se a importância da disciplina de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, que está subdividido em três tópicos (CTS, HFC, e sua importância nos dias atuais). Na segunda parte, fala-se da Educação Inclusiva, tema muito em voga hoje em dia, e que é o núcleo desse trabalho. Nas terceira e quarta partes, aborda-se os temas de Física Nuclear e Física de Partículas.

2.1 FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

2.1.1. A abordagem ciência, tecnologia e sociedade

Para que a formação dos discentes seja mais próxima daquela desejada pelos documentos oficiais norteadores da Educação nacional, se faz necessário um processo em que o aluno adquira uma postura reflexiva e uma visão crítica do mundo atual, tendo ideia do impacto das novas tecnologias e descobertas em sua vida. Para isso sugere-se o uso de uma abordagem estilo CTS.

A importância do papel que a Ciência exerce sobre o desenvolvimento econômico e social é um dos motivos da escolha desta abordagem, pois, de acordo com Krasilchik (2000), o ensino de Ciências deve acompanhar a evolução econômica, cultural e social da sociedade.

Outra corrente metodológica que pode ser utilizada de maneira complementar em uma abordagem CTS é o uso da HFC. Unindo as duas abordagens espera-se que os envolvidos sintam a Física como uma Ciência em construção.

Nas palavras de Matthews (1995):

(...) paulatinamente, se reconhece que a história, a filosofia e a sociologia da ciência contribuem para uma compreensão maior, mais rica e mais abrangente das questões neles formuladas. Os tão difundidos programas de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), tanto nas escolas como nas universidades, representam uma abertura importantíssima para as contribuições histórico-filosóficas para o ensino de ciências(...) (pp. 165-166).

Sobre essa metodologia que tenta abordar aspectos históricos juntamente com impactos sociais estabelecidos pelas novas descobertas científicas é importante lembrar o que Auler (2003 apud Balthazar, 2008) enfatiza: segundo o autor, a ciência e a tecnologia são desenvolvidas não apenas para tornar a vida humana mais fácil, mas para melhorar a qualidade de vida da população, visando à preservação do planeta e da vida como um todo. Espera-se, assim, desenvolver nos alunos um senso de comunidade e de ligação com o todo, com a Ciência como elo central desta rede de relacionamentos.

Segundo Balthazar (2008), outro ponto importante que favorece a adoção de uma metodologia que use CTS como um dos eixos estruturadores é a discussão necessária sobre as crises ambientais e energéticas que afligem alguns países, devendo estas, segundo o autor, serem inseridas no currículo oficial das escolas para uma discussão mais aprofundada.

Ao abordar temas de interação entre CTS, o professor pode estimular os alunos a refletirem sobre temas importantes e desejados pelos PCNs, quando os imbuí de significado que os estudantes sintam como relevantes, intenção demonstrada pelos documentos, como pode ser identificado no trecho:

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 (p. 61).

Entende-se então que, ao abordar e discutir temas sobre a relação entre ciência, tecnologia e sociedade, os docentes desenvolvem o ensino proposto pelos PCNs, enquanto discutem temas de FMC e Física Clássica, aumentando o interesse dos alunos e ressignificando sua participação na tomada de decisões e em debates sobre a tecnologia e os conceitos físicos que os cercam. Por exemplo, ao serem instigados a discutir sobre os benefícios da construção de uma nova usina termonuclear em sua cidade, os alunos poderiam participar ativamente dos debates se tiverem tido contato com tópicos de FMC que envolvem Matéria e Radiação.

Desenvolver a noção de que a Física e a Ciência em geral influenciam o modo de vida de toda a sociedade é um papel do professor. Ao abordar temas de CTS, o docente recorre muitas vezes a situações presentes nos noticiários e na vida das grandes cidades, trazendo uma ideia de familiaridade para os assuntos a serem

abordados, facilitando sua compreensão e reflexão por parte dos discentes.

Aliar o ensino sobre CTS à HFC é uma sugestão do presente trabalho. Pretende-se com isso mostrar ao aluno a evolução das ideias e conceitos que lhe são apresentados na sala de aula e suas relações com os princípios vigentes da sociedade na qual tais conceitos estão sendo desenvolvidos. Um exemplo é a própria origem do movimento CTS: de acordo com Balthazar e Oliveira (2010), tal movimento surge pós-Segunda Guerra, quando os Estados Unidos fizeram um grande investimento em projetos de ciência para nível médio, em meados de 1960.

Para que tal metodologia seja utilizada, Balthazar e Oliveira (2010) sugerem que se execute uma abordagem utilizada pelo educador Paulo Freire, problematizando a partir de um tema gerador que consiga englobar vários aspectos a serem discutidos, inclusive aspectos históricos que levaram ao desenvolvimento do estado atual do tema escolhido.

2.1.2. História e filosofia da ciência no ensino médio

Um dos requisitos dos PCNs é que o ensino atual seja motivador e inovador, relacionando as diversas áreas do conhecimento, e se mostre útil aos envolvidos no processo ensino-aprendizagem. Para tanto propõe um ensino baseado na interdisciplinaridade; porém, tal metodologia, tão desejada pelos documentos oficiais, é um dos maiores desafios para os docentes dos diversos campos do saber. No caso da Física, como relacionar as diversas etapas da construção do conhecimento com as equações e conceitos expostos prontamente nos livros didáticos? Uma das possíveis respostas é o uso de uma abordagem que utilize HFC como meio para explorar ao máximo o potencial das aulas.

Inúmeros trabalhos incentivam o ensino baseado em uma abordagem que utiliza HFC: Morais e Guerra (2013), Loch e Garcia (2009), Balthazar e Oliveira (2010) e Sorpreso e Almeida (2010).

O uso de tal metodologia é indicado se o professor quiser mostrar ainda a relação entre conceitos de FC e FMC, através da evolução das ideias e conceitos

sobre alguns modelos. Os PCNs defendem que o docente discuta sobre a própria ideia de modelo, que é utilizada várias vezes na Física. A seguir, trecho dos PCNs sobre uma das competências que os alunos devem desenvolver ao longo do EM:

O conhecimento do sentido da investigação científica, de seus procedimentos e métodos, assim como a compreensão de que estão associados à continuidade entre eles e os métodos e produção tecnológicos, é algo que se desenvolve em cada uma das disciplinas da área e no seu conjunto. Isso se traduz na realização de medidas, na elaboração de escalas, na construção de modelos representativos e explicativos essenciais para a compreensão de leis naturais e de sínteses teóricas. A distinção entre modelo e realidade, entre interpretação e fenômeno, o domínio dos conceitos de interação e de função, de transformação e conservação, de evolução e identidade, de unidade e diversidade, de equivalência e complementaridade, não são prerrogativas desta ou daquela ciência, são instrumentos gerais, desenvolvidos em todo o aprendizado científico, que promovem, como atributo da cidadania, a competência geral de investigação e compreensão (BRASIL, 2002. pp. 24-25).

Segundo tal documento, é dever do docente incentivar a reflexão acerca do modo como o conhecimento é construído e sobre as variáveis que influenciam nesta construção, e uma abordagem que utilize a HFC pode contribuir para o cumprimento deste objetivo.

Outro ponto favorável à utilização de tal metodologia é que os alunos podem visualizar a construção e evolução de conceitos e do conhecimento humano ao longo da história, além de ver a Ciência como um processo gradual, mostrando que esse desenvolvimento muitas vezes esteve relacionado com as vontades e maneirismos dos cientistas envolvidos. Os estudantes também podem ter a oportunidade de discutir e perceber que as etapas para a evolução e consolidação dos modelos são um processo lento e cheio de falhas, influenciado pelas crenças pessoais e valores morais daqueles que fazem parte significativa desta construção.

Na aplicação do projeto, o uso de uma abordagem que use HFC foi incentivado uma vez que o tema de Física de Partículas foi abordado, e sobre este, como citam Balthazar e Oliveira (2010), muitas vezes a teoria precede a experimentação, em que a construção dos modelos é um dos pontos-chaves para a compreensão de determinados fenômenos sobre o tema. Perceber a evolução e reconhecer as falhas e sucessos na construção destes modelos pode ajudar os alunos a entenderem outras áreas da Física, através do diálogo e da reflexão

conjunta dos envolvidos no processo.

Outro ponto a ser destacado é levantado também por Balthazar e Oliveira (2010): os alunos podem mudar sua concepção de que a Ciência é algo pronto e imutável, humanizando-a e fazendo a aproximação entre os cidadãos que são diretamente beneficiados diariamente por ela. Os autores ainda deixam claro em seu trabalho que, para utilizar tal abordagem, o professor não pode cair no vício de simplesmente despejar inúmeras informações sobre os alunos, mas deve selecionar quais abordar e fazer os mesmos refletirem e irem construindo suas concepções sobre os modelos que lhe são apresentados gradualmente.

O ensino baseado em HFC pode, de acordo com Balthazar (2008), mudar a postura dos estudantes que estão acostumados a ter as respostas e conceitos prontos, transformando sua visão sobre a Ciência em geral e ajudando-os a desenvolver capacidades de argumentação e reflexão. Uma das formas de abordar tal metodologia segundo o autor é enfatizar a evolução da Ciência, sua relação com a religião e com dogmas de diferentes épocas, aproximando assim o aluno daquilo que parece primariamente algo distante e abstrato de sua realidade.

Para utilizar de tal abordagem, o professor deve priorizar em suas aulas conceitos e ideias que apresentem potencial para uma abordagem variada e interdisciplinar, visando a exploração de diversos pontos sobre o tema escolhido e gerando uma discussão e reflexão com seus alunos. Deve ainda lembrar o que ressalta Artuso (2006): que a escola é a mediadora entre os alunos e a vasta quantidade de informação à qual eles têm acesso, sendo um de seus papéis principais o de guiar o processo de ensino-aprendizagem para que os mesmos construam efetivamente o conhecimento desejado e se tornem cidadãos participativos na sociedade. Uma abordagem que discuta HFC pode auxiliar essa tarefa, ao mostrar a construção humana do conhecimento em evolução ao longo do tempo.

Porém, existem algumas dificuldades que devem ser discutidas ao refletir sobre o uso desta metodologia:

a) É comum, quando os docentes aplicam uma abordagem que use HFC, que isso se resuma a um conjunto de curiosidades e fatos em destaque (SORPRESO &

ALMEIDA, 2010).

- b) Os docentes devem ter cuidado para não utilizarem uma pseudo-história, sem contextualizá-la com a sociedade e cultura da época, pois, de acordo com Alchin, (2004 apud Moraes e Guerra, 2013), ao fazer isso, uma imagem equivocada da ciência e do processo de construção do conhecimento seria transmitida aos alunos.
- c) É dever do professor combater a ideia do cientista gênio e das ideias que aparentemente surgem do nada em diversos livros e abordagens de conceitos de Física, devendo mostrar as bases para a mudança e evolução destas (MORAIS & GUERRA, 2013).
- d) Despreparo docente para organizar sua metodologia de forma a englobar as características necessárias a uma abordagem que utilize HFC como um dos temas base da aula (BALTHAZAR & OLIVEIRA, 2010)
- e) Existem poucos materiais que contemplem uma abordagem HFC desenvolvidos (BALTHAZAR & OLIVEIRA, 2010)

O uso de uma metodologia que seja aliada à HFC no EM pode servir como eixo transmissor de conceitos de FMC, enquanto é possível promover uma discussão necessária sobre as potencialidades das descobertas físicas que serão abordadas nestes conceitos e de suas utilizações por parte dos alunos, direta ou indiretamente em sua vida cotidiana. Utilizar FMC em uma abordagem onde HFC é uma das ferramentas didáticas utilizadas pelos docentes pode vir a auxiliar no tocante à interdisciplinaridade desejada nos PCNs, que incentiva um ensino interdisciplinar e multifacetado, enquanto sugere que os profissionais se tornem mais críticos e reflexivos, como pode ser percebido no seguinte trecho:

O que se deseja, afinal, são professores reflexivos e críticos, ou seja, professores com um conhecimento satisfatório das questões relacionadas ao ensino-aprendizagem e em contínuo processo de autoformação, além de autônomos e competentes para desenvolver o trabalho interdisciplinar (BRASIL, 2000, p. 144).

Espera-se que ao utilizar HFC e abordar temas de CTS em conjunto, o docente possa desenvolver esta visão diferenciada sobre o complexo processo de ensino-aprendizagem, e elaborar e executar metodologias que visem a um maior

interesse e engajamento por parte de todos nas aulas de Física. Fica claro que para atingir este objetivo é necessária uma mudança do atual sistema educacional, pois de acordo com Terrazzan (2007, apud Siqueira 2012), “o mundo está mudando cada vez mais rápido e a educação, sobretudo a escolar, não pode ficar indiferente a esse processo”.

2.1.3. A importância do ensino de FMC

Um dos desafios dos docentes na atualidade é o de conseguir fazer com que os alunos se interessem pelas Ciências Naturais e, particularmente no caso da Física, conseguir manter os alunos interessados em conhecer os fenômenos e conceitos físicos que os cercam, promovendo um ensino de qualidade e que motive os discentes a participarem ativamente das aulas. Tal desafio pode ser facilitado se o professor optar por abordar, em sua metodologia, conceitos e ideias de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Utilizando-se de tal área da Física, que enquadra os conhecimentos e descobertas da Física desde o início do século passado até os dias atuais, pode haver uma contribuição real para uma evolução no processo ensino-aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio (EM).

A abordagem de FMC no EM é uma questão recorrente de algumas décadas atrás; porém, de acordo com Dominguinni, Maximiliano e Cardoso (2012), seu ensino foi deixado de lado nesse tempo. No ponto de vista de Rocha, Freire e Carvalho (1999), o debate sobre a adoção de uma metodologia de ensino que contenha conceitos de FMC é algo antigo, se estendendo desde a década de 80, em que os autores esclarecem que tal ensino é realidade em diversos países ao redor do globo, sendo objeto de estudos e aperfeiçoamentos. A problemática sobre o caso do Brasil, portanto, seria: se não há no país uma postura de adoção de uma metodologia que inclua tal área da Física, como serão feitas as avaliações e adaptações necessárias para que esta evolua agregada ao ensino como um todo?

O ensino atual ainda é predominantemente propedêutico, sendo a função principal desta modalidade de ensino a de preparar os mesmos para os exames de seleção para o Nível Superior: aqui, os alunos são apenas participantes passivos do

processo ensino-aprendizagem. Tal quadro deve ser mudado; numa sociedade predominantemente tecnológica e em constante mudança, os profissionais do futuro não precisarão da disciplina carregada de equações a qual estão acostumados, e sim de uma Física que os ajude a criticar as informações às quais têm acesso, a entender a evolução dos conceitos físicos e a estabelecer uma clara relação entre teoria e prática. Tal mudança pode acontecer sob um viés de ensino onde se estabeleça a importância de ensinar tópicos de FMC (MOREIRA, 2011).

De acordo com Menegotto e Filho (2008), o ensino ainda visa à memorização, causando um distanciamento entre o que é visto em sala de aula e o uso prático desses conhecimentos no cotidiano dos docentes, carecendo ainda, portanto, de uma atitude transdisciplinar por parte desses profissionais. Outro aspecto importante a ser levantado é discutido por Rezende Junior e Cruz (2009), que destaca que nesse sistema tradicional de ensino vêm se conseguindo formar físicos e engenheiros, devendo-se, porém, lembrar, de acordo com os autores, que o ensino médio é um lugar onde todos os envolvidos devem participar ativa e efetivamente.

O baixo nível do ensino brasileiro é algo preocupante. Para reverter esse quadro, devem-se buscar alternativas para que todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem apropriem-se dos conhecimentos e tenham noção sobre a caminhada da Ciência e da humanidade em busca de novos saberes. Tal fator alarmante é alvo de muitas discussões e, segundo Pereira e Aguiar (2002), os alunos apresentam um profundo desinteresse nas aulas de Física porque não veem conexão com seu cotidiano; com isso, os professores têm dificuldades em manter os discentes envolvidos em suas aulas. Segundo Oliveira, Viana e Gerbasi (2007), esta desmotivação é um reflexo de um currículo atrasado e de uma abordagem excessivamente formal, remontando a um ensino ultrapassado, descontextualizado da sociedade tecnológica e ativa atual.

O conhecimento — que, no passado, era dividido e isolado — atualmente, no contexto da sociedade da informação, se vê cada vez mais interligado e ultrapassando as fronteiras das disciplinas, transformando o modo como o homem compreende a si mesmo e ao mundo que o cerca. A escola deve estar a par de tais transformações, pois só assim conseguirá formar cidadãos preparados para uma sociedade cada vez mais dinâmica (MANTOAN, 2015).

O professor deve ser capaz de utilizar os novos recursos para combater a desmotivação presente nas aulas de Física. Formar um cidadão atuante e que tenha um conhecimento básico de Ciência e Tecnologia deve ser o objetivo dos docentes do século XXI, sendo esta condição umas das pressupostas pelos documentos norteadores da Educação Nacional, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs). Para isso, o professor deve instigar a curiosidade de seus alunos, com fenômenos que não podem ser explicados pela Física Clássica a qual estão acostumados, sugestão dada por Pinto e Zannetic (1999, apud Pena 2006), e que é utilizada na abordagem do presente projeto de pesquisa.

É crucial ao docente, então, repensar o contexto no qual está inserido e romper com metodologias ultrapassadas que remontam ao final do século XIX, tentando transformar a realidade de sua sala de aula e impedir que os alunos estejam sempre resolvendo apenas problemas de Física Newtoniana (PEREIRA E AGUIAR, 2002).

Segundo os próprios PCNs,

É preciso discutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos todos que, para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara. É sempre possível, no entanto, sinalizar aqueles aspectos que conduzem o desenvolvimento do ensino na direção desejada (BRASIL, 2000, p. 23).

Segundo Morais e Guerra (2013) este campo do conhecimento possui ampla gama de possibilidades devido à variedade de situações e contextos onde eventos do cotidiano dos estudantes podem ser utilizados para instigá-los e explicar fenômenos físicos. Há ainda uma série de desafios ligados à tecnologia que a sociedade atual usa diariamente. Fatores como o funcionamento de aparelhos, o acesso a recursos tecnológicos ou mesmo seus processos de funcionamento são pontos importantes que poderiam ser utilizados para a abordagem de FMC em sala de aula, visando a um aumento da percepção da presença de conceitos físicos em objetos e processos que permeiam o cotidiano dos alunos (PEREIRA E AGUIAR, 2002).

Os alunos muitas vezes recebem informações veiculadas pelos diversos tipos de mídia sobre conceitos de FMC, bem como sobre a produção científica atual. É imprescindível que conceitos desta área de Ensino sejam abordados, para que os discentes, ao se depararem com tais informações, tenham um processo de avaliação crítica e elucidada por conhecimentos e fatos sobre o conteúdo com o qual interagiram (RODRIGUES, SAUERWEIN E SAUERWEIN, 2014). Visando diminuir esta distância entre os conhecimentos vistos em sala e o cotidiano, é fundamental uma abordagem que englobe FMC em sua metodologia, pois, de acordo com Oliveira et al (2007, apud Balthazar 2008), o ensino de Ciências em geral deve acompanhar e esclarecer os desenvolvimentos científicos mais atuais; devido, porém, à complexidade de se fazer tal abordagem, é preciso uma preparação maior por parte do docente, e muitos não o fazem por carecer de uma formação inicial que os preparasse basicamente para ministrar uma aula neste contexto.

Na sociedade contemporânea as informações são transmitidas muito rapidamente. Os conceitos desenvolvidos pela humanidade são hoje de fácil acesso aos estudantes, e é tarefa dos docentes guiar os alunos para que essa gama de conhecimentos e informações seja processada por eles de forma satisfatória, tentando com isso desenvolver conceitos de Física Clássica e FMC de maneira complementar (BALTHAZAR E OLIVEIRA, 2010). As informações apresentadas acabam fazendo parte de um processo que se torna banal, pois, de acordo com Artuso (2006), a época que estamos vivenciando passa por um acelerado processo de desenvolvimento tecnológico, o que acaba por fazer os estudantes perderem a noção de continuidade e interdependência entre conceitos apresentados a eles. Segundo o autor é papel do docente evidenciar a diferença entre informação e conhecimento, ajudando os alunos a selecionar informações relevantes à construção do seu processo ensino-aprendizagem. Tal postura foi sugerida por um dos documentos que constituem a base legal da Educação Nacional: as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs), encontradas em Brasil (1999) e reforçadas pelos PCNs. O trecho a seguir expõe tal pensamento:

(...) O ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média (BRASIL, 2000. p. 60).

A própria Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96), em seu artigo segundo, aponta o que se espera do ensino brasileiro: preparar o cidadão para exercer sua cidadania ao mesmo tempo que o qualifica para o mundo do trabalho.

Assim, as dificuldades da inserção de uma metodologia que contemple conceitos e tópicos de FMC são variadas:

- Os livros trazem os conteúdos e tópicos da Física Clássica separados uns dos outros, dando a impressão de que são conteúdos isolados e independentes, contribuindo para a construção da ideia de descontinuidade e fazendo com que os alunos não vejam a Ciência como uma construção gradual e interdependente em vários aspectos (ROCHA, FREIRE & CARVALHO, 1999);
- Carga horária reduzida em muitas escolas. O professor dispõe, assim, de menos aulas, e deve dar ênfase na sequência de conteúdos, privando assim a turma de um aprofundamento em questões cruciais que poderiam motivá-los ainda mais (ROCHA, FREIRE & CARVALHO, 1999); (MOREIRA, 2011);
- Pressão dos pais e da sociedade para o ingresso dos jovens no Ensino Superior. O docente então se vê refém de uma metodologia na qual deve muitas vezes apresentar os conteúdos de forma rápida e mecânica para a resolução de exercícios e questões voltadas ao vestibular (ROCHA, FREIRE & CARVALHO, 1999); (MOREIRA, 2011).
- Dificuldade dos discentes em interpretar e compreender símbolos e operações matemáticas que são expostas e trabalhadas quando abordados conceitos tanto de FC quanto de FMC (PARENTE, SANTOS E TORT, 2014);
- A falta de preparo dos educadores para abordar tal área da Física no EM. Os docentes carecem de uma formação inicial que contemple aspectos metodológicos de como abordar FMC ao longo desta etapa de ensino (MORAIS E GUERRA, 2013);
- Há a necessidade do desenvolvimento de materiais que complementem a metodologia escolhida pelo professor para abordar tópicos de Física Moderna em suas aulas (MORAIS E GUERRA, 2013);
- Algumas escolas não possuem infraestrutura adequada, carecendo laboratórios

que poderiam auxiliar na demonstração de experimentos que relacionem FC e FMC (PEREIRA E AGUIAR, 2002);

- O acesso às novas tecnologias por parte dos docentes, muitas vezes, se mostra difícil; tais recursos podem auxiliar o professor em sua metodologia para demonstrar ideias e conceitos de FMC aos discentes (PEREIRA E AGUIAR, 2002);

- A avaliação destes conteúdos: se o docente não pode ter uma abordagem matemática formal, como ocorreria tal etapa fundamental do processo ensino-aprendizagem? (PIETROCOLA, 2009 apud SIQUEIRA, 2012).

Ainda sobre as dificuldades acerca desta abordagem, uma pesquisa sobre como os livros didáticos abordam os temas de FMC foi feita por Dominguni, Maximiano e Cardoso (2012), em que os autores concluem que muitos livros ainda mantêm a Física Moderna como algo suplementar às aulas regulares, devido ao seu pouco uso nos vestibulares e mesmo no Exame Nacional do Ensino Médio; tais fatores parecem favorecer a estagnação do processo de mudança de metodologias que visem inserir FMC no EM. Espera-se que, se os docentes utilizarem mais frequentemente uma abordagem que englobe aspectos de FMC, os livros didáticos se adaptem e facilitem a transposição didática.

Para diminuir tais dificuldades em um cenário local, a princípio é necessário um engajamento dos docentes e do núcleo gestor da escola, pois uma das atitudes a serem tomadas para tentar sanar tais problemas é a de reestruturação curricular. Para auxiliar os profissionais que desejam adotar um currículo flexível, alguns trabalhos, como o de Rocha, Freire e Carvalho (1999); Rodrigues, Sauerwein e Sauerwein (2014); Balthazar e Oliveira (2010); Siqueira (2012) sugerem que o professor aborde os temas de FMC incluídos em diversos estágios do currículo, ou seja, uma abordagem fragmentada que comportaria, durante os anos do EM, a relação entre os conceitos de FC e FMC. Porém, ao se deparar com esta necessidade de mudança, é necessário definir o que é currículo, de acordo com Coll (2000 apud Minetto 2012):

Entendemos o currículo como o projeto que preside as atividades educativas escolares, define suas intenções e proporciona guias de ação adequadas e úteis para os professores, que são diretamente responsáveis pela sua execução. O currículo proporciona informações concretas sobre o

que ensinar, quando ensinar, como ensinar e o que, como e quando avaliar. Um currículo é uma tentativa de comunicar os propósitos educativos de tal forma que permaneça aberto à discussão crítica e possa ser efetivamente transladado em prática (pp. 29-30).

Utilizando uma metodologia diferenciada, que vise à abordagem de tópicos interessantes e presentes na vida dos alunos, o professor é capaz de tentar superar o desafio da evasão e do desinteresse dos mesmos pelas aulas de Física. Fazendo assim, combatem o que Balthazar e Oliveira (2010) apontam como grandes desafios dos docentes na atualidade: garantir a permanência dos alunos na escola e um ensino de qualidade para eles.

Sabe-se que qualquer mudança que envolva uma proposta pedagógica que rompa paradigmas é algo lento. Espera-se que com o presente projeto os docentes que quiserem possam ter subsídios para mudar sua postura e refletir sobre sua metodologia, pois, de acordo com Marcelo (1998, apud Siqueira 2012), quando o educador possui algum tipo de assessoria há muito mais segurança durante a tentativa do processo de inovação por parte deles.

Utilizar uma metodologia que contemple conceitos de FMC pode, além dos benefícios citados anteriormente, desenvolver o que alguns autores chamam de alfabetização científica (ROCHA, FREIRE & CARVALHO, 1999); (RAMOS & SÁ, 2013).

Segundo Chassot (2002),

A ciência pode ser considerada como uma linguagem construída pelos homens e pelas mulheres para explicar o nosso mundo natural. Compreendemos essa linguagem (da ciência) como entendemos algo escrito numa língua que conhecemos (por exemplo, quando se entende um texto escrito em português) é podermos compreender a linguagem na qual está (sendo) escrita a natureza (p. 91).

Portanto, a alfabetização científica seria uma capacidade de compreender a linguagem através da qual a natureza pode ser explicada, pois, com isso, o aluno consegue interagir melhor com o mundo, entendendo melhor seu lugar nele e abrindo a possibilidade de transformá-lo. Um dos motivos de se tentar inovar com o ensino tradicional é o desejo de combater essa deficiência na alfabetização científica dos jovens e adultos que compõem o EM. Faz-se necessário, porém, de acordo com Terrazan (1992), lembrar que nem todos os alunos seguirão carreira acadêmica na área de Ciências Naturais, e para muitos o EM será o único período onde terão um

profissional capaz de elucidar tais conceitos que os mesmos veem veiculados nas diversas mídias.

A continuidade do método tradicional que ainda predomina nas escolas deve ser questionada, pois, de acordo com Leonel e Souza (2009, apud Dominguni, Maximiano e Cardoso, 2012), tal prática docente dificulta a alfabetização científica. Buscar metodologias que visem complementar seus procedimentos atuais e instigar os alunos deve ser algo desejável pelos professores de Ciência em geral, mas não somente isso. Há um amplo campo de variáveis a se considerar, e que são deixados à margem do processo de ensino. De acordo com Vilanova e Martins (2008, apud Ramos e Sá, 2013),

Durante a década de 1970, temas como ética, degradação ambiental, qualidade de vida e as implicações sociais da produção científica e tecnológica passaram a integrar as discussões sobre os caminhos da ciência em nossa sociedade, refletindo um processo histórico em que se configura uma economia globalizada e o aumento das desigualdades entre países centrais e periféricos. A noção de que o desenvolvimento da ciência e da tecnologia leva ao desenvolvimento social passa a ser questionada, e, como consequência, os objetivos do ensino de Ciências são revisitados, no sentido de responder a uma demanda por um ensino que contemple as questões e implicações sociais da ciência (p 335).

Para tanto, é sugerido no presente projeto uma abordagem que utilize Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), aliada a uma metodologia que aborde História e Filosofia da Ciência (HFC) para que tal característica seja adquirida por todos no processo ensino-aprendizagem.

É papel do docente manter a curiosidade que seus alunos despertam para os temas de FMC, discutindo novas descobertas e modelos teóricos ainda em desenvolvimento. Tal curiosidade pode ajudar os alunos a seguirem carreira científica e se envolverem mais nas aulas. Por exemplo, no trabalho de Kalmus (1992 apud Ostermann e Moreira, 2000), o autor faz um levantamento com alunos universitários e os questiona sobre o motivo principal de terem escolhido a carreira acadêmica na área das Ciências Naturais. A maioria revela que ao escolher o curso algum conhecimento ou fato envolvendo tópicos de FMC foram determinantes.

2.2 A EDUCAÇÃO INCLUSIVA

Segundo o censo escolar do Ministério da Educação, o número de matrículas de alunos com deficiência visual vem progressivamente aumentando ao longo dos últimos anos. É necessário, então, que o docente esteja preparado para enfrentar a realidade da presença de alunos com necessidades especiais em sua sala de aula.

De acordo com Souza, Costa e Studart (2008), a definição de cegueira é encontrada na análise do documento Proposta Curricular para Deficientes Visuais do Ministério da Educação:

ausência total de visão ou acuidade visual não excedente a 6/60 pelos optótipos de Snellen (0,1) [fileiras de letras ou figuras com tamanhos cada vez menores] no melhor olho após a melhor correção óptica e campo visual igual ou menor a 20 graus no maior meridiano do melhor olho (p. 13).

Outra definição pode ser encontrada no trabalho de Bianchetti, Da Ros e Deitos (2000, p. 43), em que considera-se cego aquele que possui "perda da visão em ambos os olhos" e que "a cegueira representa a perda total ou resíduo mínimo da visão".

Nas palavras de Costa (2012):

O termo deficiência visual refere-se a uma situação irreversível de diminuição da resposta visual, em virtude de causas congênitas ou hereditárias, mesmo após tratamento clínico e/ou cirúrgico e uso de óculos convencionais.

A questão da deficiência visual vem sendo alvo de diversos trabalhos (VIVEIROS & CAMARGO, 2006); (MACHADO, 2010). Tal questão está dentro da modalidade de ensino conhecida como educação inclusiva e é motivo de discussões em diversos países há algumas décadas. Segundo Miranda (2003) só a partir da década de 90 essa reflexão começou a ser difundida no país. De acordo a autora, tal processo vem na contramão do paradigma da integração, até então adotado em grande escala no território nacional.

Os indivíduos com deficiência foram alvos de diversas formas de preconceito e exclusão ao longo da história. Em seu trabalho, Costa (2012) levanta a problemática dessa questão, abordando desde as civilizações antigas que

chegavam a sacrificar os deficientes até a sociedade atual, em que ainda existe um processo velado de segregação social. Segundo o autor, uma das primeiras instituições criadas para tratar das pessoas com necessidades especiais surgiu na Bélgica, no séc. XIII, onde as pessoas com algum tipo de deficiência intelectual ficavam separadas do resto da população.

Analisando a história da deficiência visual e o modo como diversos países lidaram com a necessidade de desenvolver programas e ações visando a uma melhoria na qualidade de ensino dos sujeitos que se enquadram nesta categoria, pode-se perceber uma mudança no modo como os alunos cegos eram tratados a partir da Revolução Francesa na década de 1780, segundo Bianchetti, Da Ros e Deitos (2000). No Brasil, um dos primeiros passos rumo ao desenvolvimento das ideias inclusivas ocorreu em 1824, através da Constituição Federal que estipulou que o ensino básico é gratuito para todos os indivíduos. Analisando a segregação produzida pela diferença de classes na Europa, ainda segundo Bianchetti, Da Ros e Deitos (2000), na cidade de Paris no ano de 1784, muitos alunos com deficiência visual conseguiam receber um certo nível de instrução utilizando-se das possibilidades de uma metodologia baseada na linguagem oral, e muitos alcançavam sucesso em uma formação acadêmica, alguns até atingindo o grau de professores da instituição que se chamava Instituto dos Jovens Cegos de Paris. Porém, os que conseguiam eram poucos e estes possuíam condições financeiras e sociais favoráveis para receberem esse nível de instrução. A grande maioria dos jovens cegos, por outro lado, era marginalizada, pois não possuía os recursos necessários para serem instruídos, existindo assim um processo de segregação, em que apenas alguns que se destacavam por alguma habilidade artística eram escolhidos para receberem uma educação formal na instituição.

No Brasil, segundo Costa, Queiroz e Furtado (2011), em 1854, o Estado começa a mostrar sinais de preocupação com políticas para os alunos com deficiência ao fundar o Imperial Instituto dos Meninos Cegos, hoje chamado de Benjamin Constant, no Rio de Janeiro, embora na época não houvesse uma preocupação a nível nacional sobre a aprendizagem dos indivíduos com deficiência, pois esta só viria a ser escrita na legislação a partir de 1961, através da LDB da Educação Nacional, onde tais alunos ganham direito à educação, que deveria ocorrer preferencialmente em classes comuns; porém, o que se constata ao analisar

o período é que poucas instituições regulares recebiam tais alunos. No ano de 1932, de acordo com Costa (2012), ocorre um marco na educação inclusiva em nível nacional: a psicóloga russa Helena Antioff funda em Minas Gerais a Associação Pestalozzi, que cuidava de crianças com necessidades especiais, tendo sedes em dezesseis estados da Federação. Esta associação contribuiu efetivamente para a formação de profissionais para trabalhar com Educação Especial pelas próximas décadas.

Em 1988, ainda de acordo com Costa, Queiroz e Furtado (2011), o Estado passa a estipular a igualdade ao acesso às escolas por todos os indivíduos, porém tal quadro só começa, efetivamente, através da LDB 9394/96 onde os alunos com deficiência visual passam a estudar com os alunos videntes em espaços comuns. Tal lei foi incentivada, de acordo com Machado (2010), pelas ideias expostas na Declaração de Salamanca, um documento promulgado pela UNESCO em 1994 que sugeria que os alunos com deficiência deveriam estudar em classes regulares. De acordo com Costa, Queiroz e Furtado (2011) outro fator determinante para tal medida acontece em 2001, quando a legislação prevê como crime o ato de não matricular alunos com necessidades especiais em escolas regulares. A partir de então começa a haver um aumento real no número de matrículas destes em ambientes comuns. Segundo Costa, Queiroz e Furtado (2011), a Educação Superior somente foi afetada quando a resolução CNE/CP nº1 definiu que, na formação inicial dos professores, os mesmos deveriam estar preparados para lidar com uma realidade em que haveria a presença de alunos com necessidades especiais, e em 2008, através do Decreto 6.571 (Brasil, 2008), o Estado garante, através da Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva, que todos os alunos com necessidades educacionais especiais sejam matriculados em escolas regulares. No ano de 2006, foi realizada, pela Organização das Nações Unidas, a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência, de acordo com Mantoan (2015):

(...) ratificada no Brasil, como Emenda Constitucional, pelos Decretos Legislativo n. 186/2008 e Executivo n. 6949/2009, estabelece que os países signatários devem assegurar um sistema educacional inclusivo em todos os níveis de ensino, em ambientes que maximizem o desenvolvimento acadêmico e social das pessoas com deficiência, compatível com a meta de inclusão plena. (p. 42)

Ainda, segundo a autora, surge em 2007 o Plano de Desenvolvimento da Educação, através do Decreto n. 6.094/2007, que consolida uma série de ações que favorecem o acesso e a garantia da pessoa com deficiência no ensino regular. O financiamento de tais estratégias é oriundo do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação.

Através do Decreto n. 6571/2008, programas de acessibilidade, formação profissional e disponibilização de recursos tecnológicos são estabelecidos para assegurar a oferta do atendimento aos alunos com necessidades especiais.

Mantoan (2015) ainda levanta a questão da importância da institucionalização das “Diretrizes Operacionais Para O Atendimento Educacional Especializado Na Educação Básica, Modalidade De Educação Especial”, através da Resolução CNE/CEB n. 4/2010, em que há a previsão de mudança dos planos políticos pedagógicos das escolas para se adaptarem ao Atendimento Educacional Especializado, através de salas multifuncionais ou locais específicos para complementar a escolarização dos alunos com necessidades especiais. Nota-se que a maioria das políticas e diretrizes adotadas pelo Estado para uma postura mais inclusiva da Educação são recentes no contexto histórico. De acordo com Minetto (2012), o primeiro mestrado na área de Educação Especial surgiu no Brasil somente na década de 70. Refletindo acerca desta realidade, conclui-se que ainda é cedo para as mudanças serem sentidas em um panorama mais amplo.

As mudanças na legislação vigente e a criação de políticas públicas de atendimento à pessoa com deficiência no país começam gradualmente a refletir-se nas salas de aulas pelo país, como pode ser visto na figura a seguir, que demonstra as matrículas realizadas em um período recente, de 2007 a 2013 em nível nacional.

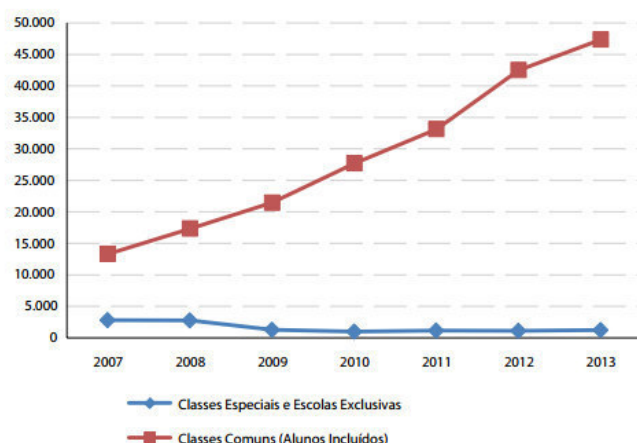


Figura 1: Matrículas de Alunos com necessidades especiais no Ensino Médio, de 2007 a 2013. Fonte: http://download.inep.gov.br/educacao_basica/censo_escolar/resumos_tecnicos/resumo_tecnico_censo_educacao_basica_2013.pdf

Segundo Camargo, Nardi e Verastzo (2008), desde a promulgação da LDB 9394/96, é percebido um aumento do número de matrículas em classes comuns de alunos com deficiência visual, e a queda de matrículas em classes especiais, o que pode ser constatado na Figura 1.

Na figura 2, estão discriminados os números totais e as modalidades de ensino:

Rede	Ano	Matrículas de Educação Especial		
		Total	Classes Especiais e Escolas Exclusivas	Classes Comuns (Alunos Incluídos)
Privada	2007	244.325	224.112	20.213
	2008	228.612	205.475	23.137
	2009	184.791	163.556	21.235
	2010	169.983	142.887	27.096
	2011	163.409	130.798	32.611
	2012	178.589	141.431	37.158
	2013	178.876	139.794	39.082
	Δ% 2012/2013		0,2	-1,2
Pública	2007	410.281	124.358	285.923
	2008	467.087	114.449	352.638
	2009	454.927	89.131	365.796
	2010	532.620	75.384	457.236
	2011	588.896	63.084	525.812
	2012	641.844	58.225	583.619
	2013	664.466	54.627	609.839
	Δ% 2012/2013		3,5	-6,2

Fonte: MEC/Inep/Deed.

Nota: 1) Não inclui matrículas em turmas de atendimento complementar e atendimento educacional especializado (AEE).

Figura 2: Número de matrículas por rede de ensino, de 2007 a 2013. Fonte:

Percebe-se nas figuras 1 e 2 que é crescente o número de matrículas de alunos com necessidades especiais, tanto nas redes públicas como nas redes privadas de ensino, em classes comuns. Se apenas o perfil da escola pública for analisado, é fácil perceber que mais de 300 mil alunos nessa categoria ingressaram no EM por todo o território nacional. É necessário então que os docentes reflitam sobre tal quadro e busquem possíveis alternativas para lidar com esta nova realidade. Segundo Camargo et al. (2008) e Bazon (2012), o número de matrículas é crescente e significativo; os autores, porém, levantam a questão da ocorrência efetiva da inclusão, ressaltando que é necessário um trabalho contínuo para garantir tal processo. O aumento de matrículas, se não acompanhado de uma série de medidas e reflexões sobre as mudanças que a realidade escolar sofrerá somente resultará em uma inclusão precária, que dificultará o trabalho docente e não desenvolverá os educandos, perpetuando o quadro de segregação. Segundo Stainback e Stainback (1999), tal quadro no passado era evidente, pois a sociedade tentava controlar os indivíduos que não eram classificados como normais, para que estes não atrapalhassem o desenvolvimento dos cidadãos comuns e para isso existiam locais específicos para cada grupo e havia um consenso da sociedade sobre a segregação de tais indivíduos. Tal processo de segregação, de acordo com Mantoan (2015), era reforçado pelo paradigma da normalização, onde todos os indivíduos deveriam ser vistos como regulares e indistintos pela sociedade. Segundo Stainback e Stainback (1999), tal sentimento de controle para com este grupo de indivíduos foi pouco a pouco sendo substituído pelo desejo de ajudar tais pessoas, e um dos fatores para tal foi a troca mais facilitada de informações da sociedade humana como um todo, onde diferentes culturas eram vivenciadas. Tal quadro oportunizou o surgimento de ambientes inclusivos.

A igualdade não deve ser a referência para o ensino inclusivo nas escolas, e sim a diferença, indo contra os processos de normalização comuns à realidade escolar, desconstruindo a ideia de igualdade de oportunidades e discutindo as ideias de reconstrução e valorização do ambiente escolar (MANTOAN, 2015).

A educação especial se mostrou confusa ao longo de seu desenvolvimento, funcionando mais como um mecanismo legal para o currículo do que para auxiliar a emancipação efetiva dos deficientes, auxiliando-os a conviver em sociedade (MANTOAN, 2003 apud COSTA, 2012).

Sobre a importância do fato de o docente se apropriar de conceitos e bases legais que envolvam a educação inclusiva, Minetto (2012) discorre:

(...) a busca constante de conhecimento e a formação continuada tornarão o professor mais crítico e assim mais capacitado a tomar decisões e posicionar-se diante as mudanças da atualidade. Conhecer a legislação dará mais capacidade de ação ao professor, além de esclarecer que existem muitas interfaces que permeiam as ideias inclusivas. (p. 29)

Saber diferenciar os conceitos de integração e inclusão é o passo inicial para o docente entender mais sobre o processo do qual participará ao se deparar com a realidade da presença de alunos com necessidades especiais em sua sala de aula. Segundo Santos (2002), tais conceitos possuem suas diferenças e certa complementaridade. A autora analisa em seu trabalho vários artigos em que os conceitos eram discutidos. No trabalho de Werneck (1997, apud Santos 2002), por exemplo, o autor esclarece que a integração não força a mudança da escola, não causa uma reestruturação em nível fundamental no funcionamento da mesma, enquanto que, para ele, a inclusão exige que a escola busque alternativas onde certamente aconteceriam rupturas conceituais e paradigmáticas no cerne do ambiente escolar. De acordo com Carvalho (1998, 2000 apud Santos 2002), tais conceitos são partes complementares do mesmo processo em que são construídos valores democráticos e humanistas, sendo importante então a discussão sobre seus significados. Santos (2002) levanta a discussão sobre o uso de tais termos na declaração de Salamanca (UNESCO, 1994), em que se percebe seu aspecto complementar entre as sentenças em que tais termos aparecem ao longo do seu texto. A própria declaração, em sua versão inglesa, de acordo com a autora, explicita a diferença entre os termos discutidos:

Uma questão geral que surgiu dizia respeito à necessidade de se achar uma definição aceitável de educação inclusiva e distingui-la da integração ou mainstreaming. Foi sugerido que um elemento essencial do conceito de inclusão se referia a mudanças sistêmicas no nível da escola e do distrito onde se localiza a escola, bem como no planejamento de oferta educacional no nível do governo local e central. Em contraste, mainstreaming se referia a indivíduos ou pequenos grupos dentro do sistema atual, sem nenhuma assunção necessária de que este sistema deveria ser mudado para tornar a inclusão possível para outras crianças (UNESCO, 1994, p. 33).

De acordo com Santos (2002), a inclusão abrange e ressignifica o conceito de integração, não o limitando ou superando. Para a autora, a questão da inclusão e

as alternativas que se discutem para que ela ocorra dependem de que tipo de sociedade quer se preparar para o futuro. Já as questões relacionadas ao conceito de inclusão e a como redefinir o processo educacional dependem de pressupostos sociais, políticos e econômicos da sociedade como um todo.

Para Dutra (2003, apud Lippe e Camargo, 2009):

Inclusão postula uma reestruturação do sistema de ensino, com o objetivo de fazer com que a escola se torne aberta às diferenças e competente para trabalhar com todos os educandos, sem distinção de raça, classe, gênero ou características pessoais (p.46).

Percebe-se que a inclusão é um processo muito mais complexo no que se refere à análise de todas as suas especificidades e consequências no ambiente escolar e para além deste. Ao tentar estabelecer uma metodologia inclusiva, o professor está transformando o modo como ele e os outros participantes do processo ensino-aprendizagem encaram e interagem com o mundo e o modo como estes se veem perante a importância do papel da interação constante com o diferente, ressignificando o próprio processo educacional.

Um dos maiores desafios a serem enfrentados pelos educadores sobre a dificuldade de trabalhar sob uma ótica inclusiva é, de acordo com Glat (2007), apud Lippe e Camargo (2009), a grande quantidade de alunos em cada sala de aula. Tal fato faz com que, muitas vezes, segundo o autor, os alunos com necessidades especiais acabem abandonando a escola, pois estes se deparam com um ambiente construído para alunos sem deficiências e algumas escolas justificam tal quadro alegando não estarem preparadas para receber tais alunos, o que configura assim um processo de exclusão.

Ao encarar uma realidade com a presença de alunos com necessidades especiais, o professor deve buscar um ensino inclusivo, em que todos os alunos tenham oportunidades de aprender e participar efetivamente do processo ensino-aprendizagem. De acordo com Camargo et. al (2008), a participação efetiva é um dos parâmetros para classificar se realmente há inclusão. O docente não deve esperar que condições ideais sejam alcançadas para que haja inclusão, e sim deve buscar alternativas e métodos para que esta ocorra, a fim de evitar criar ou perpetuar ambientes segregativos de ensino (CAMARGO & NARDI, 2007).

Os documentos oficiais alternam entre terminologias diferentes como os termos “especial” ou “inclusiva”, porém o tratamento é o mesmo para ambas. A LDB 9394/96, em seu artigo 58, fala que “entende-se por educação especial, para os efeitos desta Lei, a modalidade de educação escolar, oferecida preferencialmente na rede regular de ensino, para educandos com necessidades especiais”.

Tal artigo foi modificado pela lei número 12.796 de 2013, modificando-se o termo necessidades especiais por “educandos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação”.

Um dos desafios a serem enfrentados pelos professores é o de desenvolver uma metodologia que contemple tais alunos, em que diferentes necessidades são expressas de maneira mais clara em sala de aula. Segundo Rodrigues (2003, apud Camargo et. al, 2009), a ideia de envolver tais alunos no ambiente escolar é o que deve nortear a metodologia dos docentes. Qualquer que seja a terminologia utilizada, segundo Costa (2012), é necessário que se entenda que esta nunca será abrangente o suficiente para contemplar todos os aspectos imbuídos deste grupo de indivíduos, sendo necessária, portanto, uma profunda reflexão para que a terminologia adotada pelo orador tenha ideias de solidariedade e respeito com o grupo à qual este se refere.

Segundo Oliveira (1998, apud Azevedo e Santos, 2014), as concepções que os indivíduos têm do mundo que os cerca se manifestam de modo majoritariamente visual e oitenta por cento de toda informação adquirida pelo ser humano advêm de recursos visuais. O reflexo disso pode ser percebido ao analisar o sistema de ensino atual que apresenta livros e materiais didáticos com um forte apelo visual. Tal característica, segundo Sá, Campos e Silva (2007), está presente na sociedade em diversas esferas, como, por exemplo, quando se avaliam as formas de comunicação, ou mesmo a linguagem e expressão artísticas contemporâneas; ou seja, um mundo prioritariamente visual. Faz-se necessário, então, buscar formas de mudar essa concepção nos alunos e nos próprios docentes, para que todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem participem plenamente do mesmo. Para tanto deve-se buscar uma metodologia diversificada, pois, ao se falar de equivalência de oportunidades para pessoas com deficiência, segundo Reyli (2004, apud Bazon, 2012), comete-se o erro de pensar que tal objetivo será atingido oferecendo o mesmo tratamento para todos os alunos. Porém, estes alunos

precisam de um ensino que alcance suas potencialidades, um ensino multifacetado, como é colocado por Stainback e Stainback (1999). Tal forma de ensino é justificada na análise de Laburú, Zompero e Barros (2013):

Caso a aquisição de conhecimentos fique circunstanciada somente a uma representação, isso costuma tornar a aprendizagem frágil, posto que o pensar permanece encapsulado. Frequentemente, a aprendizagem dos conceitos se dá dessa forma na escola, ainda que isso não exclua uma forma de compreensão pelos alunos. Assim, a compreensão limitada à monorrepresentação é um entrave instrucional. A maioria dos alunos, ao sair das fronteiras e do contexto da representação semiótica estudada, entrando em uma situação desconhecida, é incapaz de aplicar os conhecimentos adquiridos. Deixa de realizar, portanto, transferências para novas semióticas, e reconfigurações representacionais do mesmo conteúdo se tornam verdadeiros obstáculos (p. 14).

De acordo com Dickmann e Ferreira (2008, apud Machado 2010), só quando o docente se depara com tal realidade complexa é que se interessa em pesquisar sobre as discussões que cercam o tema educação especial. E, quando tentam realizar a transposição didática, segundo Viveiros e Camargo (2006), esta é dificultada devido ao fato de tais profissionais terem sido ensinados a partir de referenciais estritamente visuais e estarem inseridos em uma realidade que está vinculada prioritariamente a padrões visuais.

Uma dificuldade que existe em relação à prática inclusiva é a influência das concepções que os professores possuem sobre os alunos com deficiência, bem como sobre a deficiência em si. De acordo com Monteiro e Manzini (2008), tais concepções influenciam as atitudes sociais destes e estão relacionadas a um processo histórico, ligadas às crenças e valores de cada um. O ideal a se fazer ao se deparar com uma nova realidade no ambiente escolar — como, por exemplo, a presença de alunos com necessidades especiais pela primeira vez — é sugerido por Mendes (2001 apud Monteiro e Manzini 2008), que estimula a cautela e enfatiza que o professor deve tentar evitar radicalismos. Para Melo e Martins (2004 apud Monteiro e Mazini 2008), assim como para Minetto (2012), o docente apresentar insegurança e até mesmo medo de tratar com alunos com alguma deficiência diante de uma realidade inclusiva a que venha enfrentar é algo natural e advém da falta de conhecimento, assim como de ideias preconcebidas sobre a deficiência e sobre as pessoas que a apresentam. Segundo Camargo (2011), ao analisar a opinião dos alunos de licenciatura sobre a deficiência visual, o autor percebe que ainda existe

uma crença sobre tais indivíduos, de que estes são muito diferentes e que muitos futuros professores não conseguiriam se sentir à vontade em uma realidade onde houvesse a necessidade de uma metodologia inclusiva. De acordo com Minetto (2012), mesmo que o docente tenha a intenção de adotar uma metodologia e uma postura inclusivas, suas concepções sobre o tema podem ser segregativas, na contramão do que ele quer alcançar, ressaltando a importância de mais trabalhos sobre o tema educação inclusiva serem desenvolvidos e disseminados para serem refletidos pelo maior número possível de educadores.

Se os docentes conseguirem perceber a diversidade como condição humana, uma das condições necessárias à inclusão seria alcançada, segundo Saad (2003, apud Monteiro e Manzini 2008). Além disso, quando da presença dos alunos com deficiência haverá uma contribuição para o desenvolvimento de um regime de colaboração entre os envolvidos e uma construção de valores de respeito e identificação da natureza humana através da diversidade e da percepção heterogênea dos envolvidos, ajudando a desenvolver uma sociedade menos excludente no futuro (CARVALHO; MONTE, 1995 apud CAMARGO 2012). Sobre esta diversidade e o papel do professor ante a ela Silva (2006 apud Costa 2012) ressalta:

(...) vale ressaltar que as crianças cegas são como quaisquer outras. Este é o postulado principal a ser compreendido por todos os educadores que trabalhem com deficientes visuais. Elas têm, basicamente, as mesmas necessidades emocionais, intelectuais e físicas relativas a todo ser humano. Portanto, cabe ao professor perceber essa similitude sem esquecer-se da individualidade de cada uma (...) (p. 117).

É necessário discutir a importância da formação inicial e continuada dos docentes, pois para que seja desconstruído o paradigma da normalização e desenvolvida uma nova ótica para a educação através de uma pedagogia inclusiva, os ambientes escolares devem sofrer mudanças significativas em seu interior que devem refletir na dinâmica da escola e do processo educacional como um todo, em que se deve buscar desenvolver uma preocupação coletiva com este processo (OLIVEIRA, 2002 apud LIPPE & CAMARGO, 2009).

Para Siqueira (2012), quando o professor se propõe a adotar uma nova metodologia, existem vários fatores para determinar o sucesso ou fracasso de sua tentativa: os projetos escolares, os valores pessoais de cada profissional e os

conhecimentos adquiridos por estes. Ou seja, o autor levanta aqui a reflexão acerca do engajamento e dos valores pessoais de todos no ambiente escolar, se estão dispostos ou não a encarar um desafio de mudança na metodologia que costumeiramente empregam; aqui também se questiona a problemática da formação inicial e continuada desses profissionais, que pode dá-los subsídios teóricos para começar e levar adiante tal mudança. Bueno (1998 apud Lippe e Camargo, 2009) enfatiza que os cursos de formação docente deveriam discutir sobre a pluralidade para com isso ajudar a construir um sistema educacional inclusivo. No trabalho de Lima e Castro (2012), ao ministrar uma disciplina optativa sobre Ensino de Física e inclusão, os autores, ao entrevistar os licenciados que participaram desta, concluíram que deve haver uma mudança nos currículos das licenciaturas para tornar disciplinas como esta obrigatórias, visto que os entrevistados por eles alegaram mudanças em suas concepções sobre a deficiência visual e sobre o deficiente, relatando uma nova postura reflexiva sobre o tema da educação inclusiva. Segundo Minetto (2012), os cursos de formação têm, devido aos seus currículos, tratado das dificuldades encontradas pelos docentes no processo ensino-aprendizagem somente em sua parte final, o que ocasiona uma falta de aprofundamento, apresentando assim uma discussão superficial de assuntos importantes para o futuro dos educadores.

De acordo com Mantoan (2015), os professores esperam que o processo de formação os permita aplicar esquemas de trabalho pedagógico diretamente relacionados às suas aulas, algo que atue como solução para os problemas que os mesmos enfrentam diariamente; porém, de acordo com a autora, este não é papel da formação porque esta deve ressignificar o papel da escola, da Educação e dos próprios professores no processo de construção de uma sociedade cada vez mais humana e heterogênea.

Há ainda a necessidade da defesa de um currículo flexível, o que, de acordo com Minetto (2012), apresenta uma maior necessidade de planejamento e adaptação por parte dos profissionais que farão uso dele, porém com a vantagem clara de se adaptar às especificidades intrínsecas do processo inclusivo. Para isso, ainda segundo a autora, o currículo deve estar em consonância com o plano político pedagógico e os objetivos educacionais da escola, sendo classificado como agente de mudança da realidade escolar e tendo o dever de ser construído através de uma

visão não-linear pelos participantes do ambiente escolar e de possibilitar uma relação dialética entre as partes que o compõem. O currículo inclusivo deve levar em conta, além de habilidades e competências, a capacidade de se conviver em grupo e buscar desenvolver o respeito mútuo entre os participantes do ambiente escolar, criando uma sociedade mais humana (STAINBACK & STAINBACK, 1999).

Para Costa (2012), adaptar o currículo não quer dizer simplesmente reduzir ou limitar os objetivos, e sim refletir sobre como tais objetivos podem ser alcançados por todos os alunos, quer eles possuam ou não algum tipo de deficiência.

Outro desafio docente ante ao processo inclusivo é o de refletir sobre a avaliação. Como proceder? Segundo Stainback e Stainback (1999), é necessária uma discussão ampla sobre o que é importante e deve ser alcançado por todos, esclarecendo um objetivo primário, além de discutir e implementar uma metodologia que permita abordar diversos aspectos importantes do cotidiano escolar em uma avaliação. De acordo com Coll et al. (2002 apud Minetto 2012), sobre esta questão,

ampliar o objeto de avaliação implica, necessariamente, ampliar os procedimentos de avaliação, já que muitos dos elementos a serem avaliados não são passíveis de medidas normativas, são de metodologia qualitativa (p. 85).

De acordo com Camargo e Nardi (2006), é dever do docente refletir sobre a avaliação e encará-la como um processo crítico que, sem o devido cuidado, pode estigmatizar o aluno deficiente como anormal e acabar limitando a ação docente no processo educacional. Para Mantoan (2015), ao refletir sobre a educação o professor deve tentar suprimir seu caráter classificatório enquanto busca novas formas de avaliar seus alunos, procurando ter uma visão mais investigativa sobre este processo, levando em conta toda a construção diária e avaliando seu aluno ante situações-problema, em vez de simplesmente atribuir uma nota para suas capacidades de memorização e reprodução de conhecimentos não compreendidos.

Segundo Cunningham (1997, apud Viveiros e Camargo, 2006), os estudantes sofrem preconceito por parte dos professores e dos próprios familiares ao se depararem com novos desafios, pelo fato de não serem considerados capazes de realizar a tarefa. A deficiência visual é frequentemente associada a uma baixa capacidade cognitiva do indivíduo e é dever dos educadores, de acordo com Souza,

Costa e Studart, (2008), desvincular tais significados através de um maior conhecimento sobre o tema, para tratar seus alunos cegos e de baixa visão apenas como indivíduos que requerem uma preparação diferenciada para se sentirem envolvidos no cotidiano da sala de aula. Segundo Neves et al (2000 apud Camargo et al 2008), ao analisarem-se as concepções alternativas de alguns alunos com deficiência visual sobre determinados conceitos físicos, os autores perceberam que os padrões de resposta eram análogos aos dos alunos que não sofriam de deficiência visual. É um dever conjunto da escola e do Estado trabalhar com os pais dos alunos com deficiência para que seus filhos se engajem no processo ensino-aprendizagem de forma plena. Saraiva e Levandoski (2015) discutem sobre tal quadro quando levantam uma reflexão sobre o papel dos pais no processo inclusivo. Segundo os autores, muitos pais, ao ter um filho com deficiência no lugar de um filho que seria considerado normal, não sabem como lidar com a situação e subestimam as capacidades cognitivas desses indivíduos. É necessário, portanto, segundo Stainback e Stainback (1999), que os pais se conscientizem de que tais características são inerentes a seus filhos e de que todos devem aprender a conviver com elas, e de que os filhos devem ser encorajados pelos pais a enfrentar as múltiplas dificuldades cotidianas. Os autores deixam claro, porém, que é dever dos pais não proteger demais seus filhos, correndo o risco de enfraquecer os elos que eles devem desenvolver com os colegas e a sociedade em geral. Tal postura parental é justificada por Minetto (2012) ao enfatizar que, ao se deparar com o novo, o indivíduo apresenta insegurança e medo, em oposição à sensação de segurança e conforto proporcionada pelo lidar com algo já conhecido e bem estabelecido. Esclarece ainda que o conhecimento pode mudar tal visão ao proporcionar uma reflexão adequada sobre tais temas.

O docente deve ter a capacidade de se colocar no lugar do outro, segundo Camargo e Silva (2006) e Bianchetti (2002 apud Costa 2012), pois só assim será capaz de propor mudanças reais em seu ambiente cotidiano, que refletirão em seu modo de ensinar e no modo como os educandos aprendem e interagem entre si, transformando o ambiente escolar.

É preciso ter cuidado com a ideia que se tem sobre tolerância e respeito ao outro quando se analisa o paradigma da inclusão, segundo Mantoan (2015), pois, se tais sentimentos dão uma ideia de que o indivíduo que é diferente deve permanecer

classificado como deficiente, e acha-se que este não pode evoluir suas relações com os colegas e como pessoa na comunidade escolar na qual está inserido, devem tais percepções ser substituídas por conceitos mais éticos em que as diferenças sejam compreendidas, e não somente respeitadas ou toleradas.

Para tentar diminuir as desigualdades existentes no processo educacional enquanto tenta promover a inclusão, é papel do professor, segundo Bazon (2012), usar recursos diferenciados para favorecer o que Vygotsky (1997) chama de processo de compensação, que não se liga somente ao aspecto biológico do indivíduo, mas principalmente ao desenvolvimento humano e cultural do mesmo, minimizando as limitações que a sociedade lhe impõe em relação à sua deficiência.

A teoria sociointeracionista de Vygotsky acredita que o processo educacional acontece de maneira mais efetiva se houver um parceiro mais capaz para mediar seu desenvolvimento; ao considerarmos o ambiente escolar, o professor assume este papel. Tal parceiro, através de ações mediadoras, guiará o desenvolvimento dos outros indivíduos envolvidos no processo; os discentes, porém, também interagem entre si e com o meio que os cerca durante a construção do seu conhecimento, em um processo mais amplo chamado de interação social, indispensável para que ocorra a aprendizagem, de acordo com Vygotsky.

Analisando a obra de Vygotsky (1997), Camargo (2012) discorre sobre a cegueira e levanta a questão do modo como os deficientes visuais se percebem como pessoas inseridas em uma sociedade predominantemente visual. O autor afirma que, para os alunos cegos, esta condição é natural, e ele só passam a se sentir defeituosos ou incompletos quando, através de conflitos sociais, tais ideias são transmitidas a eles. Franco (2008 apud Lima e Castro 2012) relata que “a deficiência apresenta-se como um fenômeno construído socialmente e, assim sendo, ser ou estar 'deficiente' é quase sempre relativo a outras pessoas que são consideradas sem 'deficiências’”.

Analisando a teoria de Vygotsky, ao acreditar na ideia de que o sujeito é produto de interações sociais e históricas, é possível fazer uma leitura da deficiência também como produto social (BIANCHETTI, DA ROS & DEITOS 2000). Para exemplificar, segundo Vygotsky (1989 apud Bianchetti, Da Ros e Deitos 2000):

A cegueira por si só não faz de uma criança uma pessoa com defeito, não é uma deficiência, isto é, uma insuficiência, uma disvalia, uma enfermidade. A cegueira se converte em uma deficiência somente em certas condições existenciais da existência do cego. A cegueira é o signo da diferença entre sua conduta e a conduta das demais pessoas (p. 43).

Para Vygotsky, o fato de não poder ver como as outras pessoas não o torna uma pessoa deficiente, e sim o modo como o indivíduo que não pode enxergar é tratado pelos outros. Segundo Bianchetti, Da Ros e Deitos (2000), o ensino pode atuar como uma forma de compensação à medida que combate a ideia de que os deficientes são pessoas improdutivas e indesejáveis à sociedade. O defeito em si, para os indivíduos que o possuem, é secundário; o que eles percebem são as dificuldades resultantes deste, expressas pelo outro, marcadas numa sociedade em que ideias de preconceito e desigualdade são sentidas por eles em seu cotidiano.

Para desmistificar o preconceito que ainda existe contra os deficientes visuais, eis um trecho retirado do trabalho de Almeida et. al (2005):

(...) uma pessoa cega pode tornar-se cientista e criar uma nova teoria, mais perfeita, sobre a natureza da luz, embora a experiência sensível que ela possa ter da luz seja tão pequena quanto aquela que uma pessoa vidente tem sobre velocidade, frequência e comprimento de onda da luz (p. 11).

De acordo com Vygotsky (1989, apud Bianchetti, Da Ros e Deitos 2000), é papel do docente planejar suas aulas e educar as crianças cegas em conjunto as crianças videntes, sendo papel fundamental desta educação formar o aluno cego e o aluno vidente de forma plena no aspecto social e eliminar a palavra e o conceito de “deficiente” em sua aplicação ao cego.

Cabe ao professor lutar pela diversidade e pela inclusão de todos os alunos, utilizando a escola como veículo para sobrepujar a ideia de que as diferenças sejam nocivas ao processo educacional, para que o que é afirmado no trabalho de Vygotsky (1989, apud Bianchetti, Da Ros e Deitos 2000) aconteça:

a humanidade triunfe sobre a cegueira mais cedo ou mais tarde. Será vencida no plano social e pedagógico antes do plano biológico e medicinal. Então, desaparecerá, também, o próprio conceito, o signo, justo do nosso próprio defeito. (p. 44)

Sobre a importância da linguagem no processo de inclusão, Camargo (2012), elenca três estruturas empíricas fundamentais que devem ser conhecidas

pelos docentes, a saber: estruturas visuais, táteis e auditivas. O professor deve ser capaz de identificar quais são as melhores estruturas a serem trabalhadas durante a tentativa da transposição didática, levando em conta que significados vinculados a representações visuais podem ser trabalhados com alunos com e sem deficiência visual a partir de outros tipos de percepção. O autor destaca, por exemplo, a importância de se discutir que alguns fenômenos físicos não podem ser observados empiricamente, ou seja, a visão ou qualquer outro sentido não contribui diretamente para a compreensão destes; como exemplo disso, o autor cita o conceito de carga e campo elétrico. A comunicação adequada proporciona um enorme potencial para a efetiva participação dos discentes com deficiência visual no cotidiano escolar. O papel da linguagem é enfatizado por Camargo (2011) não somente no tocante à necessidade de uma relação dialógica entre professor e aluno durante as aulas — pois, segundo o autor, é imprescindível que o discente com deficiência visual discuta sobre suas concepções e sobre o que está aprendendo ao longo do processo — mas também como a linguagem utilizada pelo docente enquanto ministra suas aulas e tenta realizar seu processo de transposição didática. O docente deve manter esta relação dialógica de uma forma direta e aberta, sem receio de constranger o aluno ao fazê-lo interagir durante a aula, pois suas opiniões e questionamentos podem ajudar o docente a conduzir seu processo de construção do conhecimento, pois o aluno cego, de acordo com o autor, constrói seu conhecimento, mesmo que de maneira incompleta, à medida que interage com os outros e o meio que o cerca, concluindo-se que o principal desafio para o educador nesta metodologia será o de guiar esta construção quando o discente apresentar dificuldades sobre determinados temas.

O autor, porém, sugere ainda uma reflexão acerca do uso da comunicação e do seu potencial para se tornar um dos maiores obstáculos para a participação efetiva dos alunos com deficiência nas aulas. O educador deve evitar transmitir durante suas aulas significados indissociáveis da visão, pois de acordo com Vygostky (1997, apud Camargo et. al, 2008) estes não serão acessíveis para os alunos com cegueira congênita.

De acordo com Camargo (2012), se um dos receptores do processo comunicativo tiver inacessibilidade a um dos meios utilizados para tal, a comunicação não ocorre. Portanto, é de interesse do docente, frente a um ambiente

inclusivo, pesquisar sobre formas diferenciadas de transmissão de conhecimento, visando à efetividade do processo comunicativo com os alunos cegos. De acordo com Mortimer e Scott (2002 apud Camargo 2012), o docente deve buscar utilizar-se de um discurso interativo e dialógico, pois, de acordo com os autores, é necessária a participação de discentes e do docente na aula, através da análise de várias opiniões e pontos de vista sobre determinados temas a serem abordados pelo professor. Segundo Camargo (2012) o educador deve sempre que possível utilizar-se de uma linguagem baseada em significados vinculados às mais variadas representações: não visuais, sociais, históricas, tecnológicas. Isso porque, como ressalta Camargo (2011), os fenômenos físicos podem ser constituídos de múltiplos significados, ou seja, é dever do docente utilizar-se do máximo de significados possíveis ligados ao fenômeno abordado. Nas palavras de Camargo e Silva (2006):

... as situações de ensino de Física a alunos com deficiência visual necessitam estar organizadas de maneira que o citado discente use ao máximo todas as suas possibilidades (táteis, olfativas, auditivas, sinestésicas) e fale sobre sua experiência perceptiva. A postura do docente mediante seu aluno com deficiência visual deve ser aquela em que o vidente se posiciona frente ao deficiente visual, ouvindo-o (acompanhando o que ele faz nas diferentes situações), contribuindo no que for possível para que ele encontre seus próprios meios de agir e superar seus obstáculos (p. 167).

Sobre a condição do aluno que está presente em uma aula ministrada prioritariamente através de significados visuais interdependentes à linguagem auditiva utilizada pelo professor, Camargo (2012) diz:

Alunos com deficiência visual participantes de uma aula em que a presente estrutura empírica é aplicada encontram-se numa “condição de estrangeiro”, pois recebem códigos auditivos que por estarem associados aos visuais são desprovidos de significado. Linguagens com a mencionada estrutura empírica são demasiadamente empregadas nos processos de veiculação de informações em sala de aula. (...) Nesse ambiente social, a condição do discente é semelhante à de um estrangeiro em um país de língua desconhecida (. 259).

É importante então, que o docente reflita sobre a importância do uso de uma linguagem adequada, bem como do potencial desta em suas aulas, sob uma ótica inclusiva. Segundo Camargo (2011), o docente, ao discursar para alunos com deficiência visual, deve explorar significados que muitas vezes são triviais para alunos videntes em seu processo comunicativo, exigindo um planejamento

diferenciado para que o mesmo ocorra de forma satisfatória.

A relação entre pensamento e linguagem deve ser refletida pelo professor, pois, de acordo com Laburú, Zompero e Barros, (2013), essa associação é interdependente e é a responsável pela criação de representações de natureza multimodal, as quais são desejadas no ensino inclusivo. Ainda de acordo com os autores, um ensino baseado em uma combinação de várias formas de representações semióticas pode auxiliar de modo mais efetivo na construção e desenvolvimento de conceitos a serem abordados em sala de aula. Segundo Kim et. al (2011 apud Laburú, Zompero e Barros, 2013), o pensar é um ato onde o indivíduo envolve, além de esferas mentais, aspectos físicos; segundo os autores, os próprios gestos dos educandos são uma forma de pensamento. Portanto, o docente deve utilizar o movimento, o aspecto tátil, para estimular seus alunos com deficiência visual.

Sobre a importância da linguagem no processo educacional, Bini (2005 apud Menegotto e Filho, 2008) ressalta:

O professor precisa 'aprender' que a qualidade de seu ensino está na qualidade de sua comunicação. Paradoxalmente, não são os alunos que não sabem aprender, mas os professores que não sabem ensinar. Um professor pode conhecer muito sobre sua matéria, mas a forma de como ela é transmitida é que faz a diferença. O que tem de acontecer é uma poderosa sintonia entre professor e aluno (p. 306).

Percebe-se então a importância do uso de uma linguagem que seja acessível aos alunos, apresentem eles ou não algum tipo de deficiência. Refletir sobre a importância de uma linguagem adequada em sala de aula é fundamental para todos os educadores.

O uso de materiais especiais que permitam aos alunos com deficiência visual registrar, fazer observações sobre a aula e ao mesmo tempo calcular se faz necessário de acordo com Camargo et al. (2012), pois, segundo os autores, a linguagem comumente usada pelos alunos cegos, o *braille*, durante a execução de problemas que envolvam linguagem matemática acaba atrapalhando a consolidação dos saberes envolvidos no processo por parte do aluno, pelas próprias características mecânicas de como esta linguagem é escrita, pois o discente escreve na folha especial virada ao avesso para que esta fique com marcas em alto relevo

que correspondem aos signos em braille no primeiro momento, para depois retirar a régua marcadora, virar a folha, ler as informações escritas, e só depois voltar à posição original para escrever novamente. Segundo Camargo et. al. (2008), no ensino da Física tal linguagem ainda apresenta uma dificuldade quando o aluno encontra um exercício de um numeral com potência, pois segundo o autor, o termo “elevado” em braille é uma notação horizontal, perdendo um pouco do seu sentido para os alunos com deficiência visual, o que reforça a importância da construção de equipamentos multissensoriais, que sirvam para alunos com e sem deficiências.

Um exemplo de material diferenciado é encontrado no discurso de Tato (2009 apud Camargo, 2012):

Ele criou um dispositivo tátil (células táteis) que permite ao discente com deficiência visual a organização e manipulação dos números e variáveis de forma simultânea. São células com códigos Braille registradas previamente e a disposição do usuário. Esse, por sua vez, escolhe um conjunto de células de acordo com o seu interesse, organiza-as sobre uma placa de metal e manipula a posição delas. Para melhor fixação das peças, elas são imantadas (p. 260).

De acordo com Bianchetti, Da Ros e Deitos (2000), é importante que os equipamentos especiais que ajudem no processo educacional sejam usados pelos alunos que possuem deficiência. Tais equipamentos, porém, são de custo elevado ou não acessíveis por decisões políticas e questões econômicas relacionadas ao investimento na área de Educação Especial, o que acaba deixando o alunado sem acesso a essas tecnologias. A importância do desenvolvimento de materiais específicos para auxiliar numa metodologia inclusiva é explicitada quando se discute com os professores que irão interagir com esta nova realidade em sala, pois muitos se sentem inseguros para tal, e a falta de materiais adequados só reforça a ideia de despreparo, segundo Costa, Neves e Barone (2006).

Os alunos com deficiência visual interagem com o mundo que os cerca de maneira prioritária através do tato. Sobre esta relação, Ochaita e Rosa (1995 apud Azevedo e Santos 2014) ressaltam:

O tato é a principal fonte de informação sobre a representação mental de um objeto para aqueles sem estimulação visual. Há diferenças entre a percepção e o processamento da informação adquirida pelo tato daquela adquirida pela visão. A aquisição da informação através do tato é mais demorada em comparação com aquela adquirida pela visão, além de ter um

cunho sequencial, gerando uma maior carga na memória de trabalho (p. 4402-4).

É fundamental, então, ao se trabalhar com materiais táteis, adotar uma metodologia que contemple estes aspectos sobre as capacidades de processamento de informação dos alunos com deficiência visual. O professor deve explorar o material de maneira a utilizar toda a potencialidade desta interação no benefício da construção e modificação das concepções acerca do assunto abordado. Ainda sobre os cuidados do professor ao lidar com a presença de alunos com deficiência visual em seu ambiente escolar, Camargo (2007) afirma:

Em primeiro lugar, é preciso criar ou adaptar equipamentos que emitam sons ou que possam ser tocados e manipulados. Isto é necessário para que o aluno consiga observar o fenômeno físico a ser estudado. Em segundo lugar, o professor deve evitar o uso de gestos, figuras e fórmulas que somente podem ser vistos. Isso significa que o professor deve usar materiais de apoio em braille, gráficos em relevo, calculadora falante e quando preciso, tocar nas mãos dos alunos para apresentar-lhes alguma explicação (p. 01).

Cabe ao docente, então, o dever de modificar sua metodologia durante as aulas e evitar expressões descritivas que estejam ligadas a aspectos visuais apresentados aos alunos, descrevendo ao máximo suas anotações e atividades, segundo Azevedo e Santos (2014). Percebe-se que tal metodologia exige um maior planejamento e esforço por parte dos educadores, porém, devemos lembrar o que afirmam Carvalho e Monte (1995 apud Camargo e Nardi, 2007): que a inclusão é uma prática em que deve haver a valorização da heterogeneidade, a aceitação individual de todos os envolvidos no processo educacional, de acordo com as necessidades especiais de cada um, ou seja, para haver inclusão é necessária uma transformação do cotidiano escolar, que reflita no modo como os discentes interagem entre si e com o meio que os cerca durante a construção de seus conhecimentos.

Quando o professor lidar com uma realidade inclusiva, serão necessários alguns cuidados e adaptações em diversas esferas do ambiente escolar, a fim de promover um ensino que venha a contemplar todos os seus alunos. A seguir são elencadas algumas sugestões que, de acordo com Cunningham, (1997); Kumar, Ramasamy e Stefanich, (2001); West Virginia University-EUA, (2005 apud Viveiros e Camargo 2006), podem auxiliar o docente em relação a atitudes, acessibilidade e

motivação:

- a) a conversação direta entre o deficiente e o professor deve ocorrer de forma espontânea, em um tom normal de voz;
- b) Orientar os alunos com deficiência visual sobre o espaço que o cerca e compõe o ambiente escolar, mesmo que este use algum dispositivo para auxiliá-lo a se locomover;
- c) Escolher um local estratégico para que o aluno com deficiência possa ocupar, possibilitando uma interação maior entre este e seus colegas durante a execução de atividades;
- d) Incentivar que um aluno, ao longo da execução de algum procedimento durante a aula, auxilie o colega com deficiência visual se o professor não puder fazer este papel;
- e) estabelecer, sempre que possível, contato entre material tátil desenvolvido para as atividades da aula e o deficiente visual, guiando-o no processo.

Ainda sobre algumas orientações, agora de cunho didático-pedagógico, de acordo com Beck-Winchatz e Ostro (2003); Grady et al. (2003); Gardner, (1996 apud Viveiros e Camargo 2006), são destacados alguns pontos importantes:

- a) Quando for possível, utilizar algum material que grave as aulas, para que o deficiente possa posteriormente revisar conceitos apresentados em sala, e construir um arquivo com estes materiais, gerando um portfólio;
- b) Todos os recursos a serem utilizados, como textos, figuras e maquetes, tenham identificação em braille sempre que possível;
- c) Utilizar-se de modelos táteis e tridimensionais sempre que possível;
- d) Utilizar cores fortes ao tingir os materiais;
- e) Preparar gráficos e tabelas em alto-relevo, através do uso de diferentes materiais como superfícies de metal ou plástico, utilizando softwares e hardwares específicos para este fim.

Ainda de acordo com Schleppenbach (1996); Kucera (1996); Kumar, Ramasamy e Stefanich (2001 apud Viveiros e Camargo 2006), seguem algumas orientações em relação a uso de materiais alternativos e específicos no ensino

inclusivo:

- a) é necessário o uso de softwares de voz para auxiliar o aluno em aulas de matemática e química, por exemplo;
- b) a utilização de programas que convertam o texto e as equações matemáticas para o braille;
- c) transformar mapas, gráficos e imagens complexas em seus equivalentes táteis, imprimindo-os através do uso de materiais específicos para isso;
- d) Quando representar átomos ou moléculas utilizar modelos tridimensionais, com a utilização da identificação em braille, sendo que seu uso deve ser guiado por um monitor capaz ou o próprio docente.

O professor deve, também, além das recomendações acima, de acordo com Camargo (2012):

- a) conhecer a história visual do aluno, se este é um cego congênito, ou se é uma deficiência adquirida;
- b) deve sobretudo articular e ser capaz de realizar atividades comuns aos alunos com e sem deficiência visual, utilizando-se de materiais de interfaces táteis-visuais, fazendo-os interagir com o material e entre si;
- c) saber que alguns significados não podem ser dissociados da visão e refletir sobre como e quando usá-los.

Estas são algumas das recomendações; seu uso deve ser refletido e possivelmente utilizado se a realidade do ambiente escolar do docente o permitir, visando assim a uma melhoria no processo de construção do conhecimento e no processo de interação social entre os envolvidos no ambiente escolar.

As questões levantadas sobre o ensino inclusivo são importantes e devem continuar a ser debatidas. Espera-se que o presente projeto contribua com o desenvolvimento de estratégias e metodologias para capacitar o docente e aperfeiçoar o processo ensino-aprendizagem sob uma ótica inclusiva.

2.3. FÍSICA NUCLEAR

A mídia costuma veicular informações sobre Física Nuclear e Radioatividade geralmente relacionadas à possibilidade de acidentes e tragédias, possivelmente motivada por eventos recentes na história da humanidade em usinas geradoras de energia. A falta de informação sobre o tema é uma das causas do preconceito das pessoas em geral contra a palavra “nuclear”. Hewitt (2009) considera tais preconceitos semelhantes aos temores apresentados pela sociedade em relação à eletricidade um século atrás. A aversão a qualquer aspecto relacionado à simples menção do termo “nuclear” ainda é lembrada pelo autor ao enfatizar uma técnica de escaneamento magnético que a Medicina utiliza, hoje conhecida como imageamento por ressonância magnética; segundo ele, porém, inicialmente essa técnica era chamada de imageamento por ressonância magnética nuclear, e, devido ao preconceito contra essa palavra houve a alteração.

Na história recente, existem episódios que são comumente lembrados quando se fala a palavra “nuclear”. Na Ucrânia, há exatos trinta anos, em 1986, aconteceu o maior acidente envolvendo materiais radioativos da história da humanidade, quando um dos reatores da usina nuclear de Chernobyl explodiu devido a superaquecimento. No Brasil, por exemplo, houve um incidente com material radioativo em 1987, em Goiânia, ocasionando algumas mortes diretas pela exposição prolongada ao elemento Césio-137, e diversas complicações indiretas para dezenas de pessoas ao longo dos anos subsequentes. Em 2011, o Japão foi palco de um novo acidente envolvendo tecnologia nuclear, quando, na usina de Fukushima, um dos reatores explodiu devido a uma falha no resfriamento.

O conhecimento do homem sobre o núcleo atômico apresenta uma história de descobertas acidentais e muito esforço. Em menos de 100 anos, as pesquisas sobre o núcleo atômico e suas propriedades ajudaram no desenvolvimento da tecnologia dos materiais, no estudo aliado à Medicina quando se trata dos diversos tipos de câncer. A possibilidade de detectar e utilizar energia de materiais radioativos encontrados na natureza também é estudada pela área da Física chamada de Física Nuclear. Abordaremos um pouco sobre ela, suas descobertas no último século e, por fim, como elas podem ser aplicadas no cotidiano.

Os pensadores da Antiguidade, através de métodos de raciocínios

dedutivos, concluíram que todas as coisas que existem são feitas de pedaços menores e indivisíveis, aos quais chamaram de átomos. A própria palavra vem do grego e significa indivisível. A teoria de que toda a matéria era constituída de átomos indivisíveis foi predominante por muitos anos, e em 1803 o inglês John Dalton (1766-1844), descreve esta ideia em uma teoria atômica, afirmando que os elementos que existem são formados por combinações de átomos a razões de números inteiros. Este quadro só muda quando outro inglês, J.J. Thomson (1856-1940), em 1897, descobre o elétron ao fazer experimentos com raios catódicos, que nada mais são do que feixes de elétrons produzidos no interior de tubos com gás rarefeito. Quando seus polos são submetidos a uma diferença de potencial elétrico, tais aparatos foram chamados tubos de Crookes, em homenagem ao seu inventor. Antes da experiência acreditava-se que tais raios faziam parte do espectro eletromagnético, porém Thomson percebera que eles viajavam muito mais lentamente se comparados à luz. Continuando seus estudos sobre o interior do átomo, no ano de 1899, Thomson mediu a relação entre a carga e a massa do elétron, ganhando por suas pesquisas o prêmio Nobel de Física em 1906.

A ideia que se tinha sobre o átomo então muda com Thomson, quando em 1904 ele propõe um modelo onde uma nuvem de carga positiva é incrustada por elétrons. Esta ideia foi modificada quando o neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937), em 1909, supervisionava a execução de um experimento designado pelo alemão Hans Geiger (1882-1945), que mais tarde viria a construir um detector de radiação que hoje leva seu nome, e outro neozelandês, aluno de graduação na época, Ernest Marsden (1889-1970), na Universidade de Manchester. A experiência deles consistia em bombardear uma fina folha de ouro com um feixe de partículas alfa, que nada mais são do que núcleos atômicos de Hélio (fato não conhecido na época). Através da análise da passagem de tais partículas pela folha, Rutherford foi capaz de perceber as falhas no modelo atômico de Dalton, ao verificar que a maioria das partículas continuava sua trajetória, chegando a uma camada de sulfeto de zinco colocada atrás de folha de ouro, que brilhava quando atingido pelas partículas alfa. Algumas delas, porém, eram desviadas em ângulos muito maiores do que o esperado, concluindo que a massa do átomo deveria estar concentrada em uma pequena porção do espaço ocupado por ele. Rutherford então constrói um novo modelo com base em suas análises, propondo que o núcleo denso e diminuto do

átomo seria localizado no centro deste e os elétrons girariam ao seu redor, tais quais os planetas ao redor do Sol. De acordo com Rooney (2013), na época não se sabia exatamente se o núcleo atômico tinha carga positiva ou negativa. Rutherford, em 1920, concluiu que a carga positiva presente no núcleo se dá pela presença de uma partícula mais densa que o elétron e a chama de próton (palavra oriunda do termo grego protos, que significa primeiro). Atualmente sabe-se que o núcleo atômico contém aproximadamente 99 por cento da massa atômica, sendo o átomo composto em sua maior parte de espaço vazio.

Pode-se dizer que o início dos estudos sobre radioatividade começou quando os raios X foram descobertos, mas segundo Rooney (2013), o alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1854-1923), não fora o primeiro a observar tais raios, que haveriam sido observados por um dos inventores do tubo de Crookes, onde se investigavam os raios catódicos. Röntgen trabalhava com estes mesmos raios analisando-os com um tubo de Crookes, quando percebeu um brilho esverdeado em uma tela de platinocianeto de bário que estava próxima ao tubo, percebendo que algum tipo de raio advindo do tubo a estava estimulando. Röntgen nomeou esta radiação de raios X. Depois da descoberta desse misterioso tipo de raio, vários artigos e livros foram escritos sobre o assunto, na tentativa de analisá-lo. A Física Nuclear dá em 1896 outro passo importante em sua história, quando o francês Henri Becquerel (1852-1908), que trabalhava com materiais fosforescentes, descobriu que cristais de sulfeto de potássio de urânio causavam manchas escuras em chapas fotográficas, mesmo que este seja recoberto para não receber luz devido à sua sensibilidade, concluindo que descobrira um novo tipo de radiação que não necessitava de estímulo externo e tinha uma capacidade alta de penetração nos materiais. Radioatividade é o nome que se atribuiu aos processos, como este, de emissão espontânea de radiação como aconteceu no urânio de Becquerel (JEWETT JR. & SERWAY, 2012).

Após o ocorrido, Becquerel realizou estudos envolvendo outros sais e sua capacidade de sensibilização de outros materiais. Por tais pesquisas foi laureado com o prêmio Nobel de Física em 1903, acompanhado do casal de cientistas, a polonesa Marie Sklodova Curie (1867-1934) e o francês Pierre Curie (1859-1906), que se interessaram pelo trabalho de Becquerel e descobriram dois novos elementos em 1898, que tinham propriedades parecidas com a do urânio: o polônio

e o rádio. De acordo com Rooney (2013), Pierre poderia estar sofrendo de sintomas de doença provocada pela exposição à radiação quando morreu em um acidente em 1906, e Marie morreu de leucemia devido à prolongada exposição aos materiais radioativos.

De acordo com Hewitt (2009), os elementos que possuem núcleos instáveis são os que devem ser considerados radioativos. Tais elementos possuem números atômicos maiores que 82 (chumbo), e eventualmente seus núcleos se rompem, emitindo partículas energéticas ou radiação eletromagnética de alta frequência. Estes mecanismos constituem o processo de decaimento radioativo.

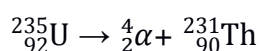
A radiação emitida por tais núcleos pode ser de três tipos distintos, em homenagem as primeiras letras do alfabeto grego: α (alfa), β (beta) e γ (gama). Para entender melhor como estes processos ocorrem convém adotar uma terminologia para classificar os componentes atômicos.

Considere o átomo X; o índice A representará o número de massa, e o índice Z refere-se ao número atômico.



Onde A representa a soma das quantidades dos constituintes do núcleo atômico (prótons e nêutrons) que são chamados de núcleons, e Z representa o número de prótons presentes no núcleo. São chamados de isótopos, nome, que, segundo Rooney (2013), foi criado pelo inglês Frederic Soddy (1877-1956) parceiro de Rutherford em alguns experimentos envolvendo decaimentos radiativos, para designar dois elementos que compartilham o mesmo número de prótons, mas diferentes números de nêutrons.

A seguir, tem-se um exemplo de emissão de partículas alfa:

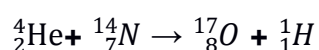


Nesse caso, o núcleo de Urânio (U), tem, após a emissão, seu número de massa diminuído em quatro unidades, configurando a estrutura atômica de outro elemento: o tório (Th). Partículas alfa são um conjunto de dois prótons e dois nêutrons ejetados do núcleo atômico, têm pouco poder de penetração e ao colidirem com a maioria dos materiais não causam danos.

As partículas beta são elétrons ou pósitrons que são ejetados do núcleo

atômico, possuem um poder de penetração maior que as partículas alfa e ao colidirem com um material são geralmente absorvidos por este. Quando este decaimento específico foi estudado a princípio, os cientistas não estavam convencidos de que a energia na reação de sua produção poderia ser conservada. Para explicar tal fato supunham a existência de outras partículas envolvidas no processo além do próton e do elétron, mas foi somente em 1930 que o austríaco Wolfgang Pauli (1900-1958) propôs a existência de uma partícula nova chamada neutrino que também era emitida na reação, balanceando a mesma. A princípio estimava-se que a massa desta partícula era nula para ajustar o *déficit* de energia percebido. Hoje se sabe através de diversos experimentos que sua massa é muito pequena, mas não é nula. Tal partícula misteriosa de Pauli só viria a ser observada experimentalmente muito mais tarde, em 1956, pelo americano Frederick Reines (1918-1998), que foi laureado pelo Nobel em 1995 por este trabalho. (JEWETT JR. & SERWAY, 2012).

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2012), o decaimento B pode ser de dois tipos: b- (onde um elétron e um antineutrino são emitidos pelo núcleo) ou b+ (onde um pósitron e um neutrino são emitidos pelo núcleo). Quando tais processos de decaimento ocorrem, eles alteram o número de núcleons dos átomos e um novo elemento é formado. Este processo é conhecido como transmutação, e pode ocorrer de duas maneiras: natural ou artificial. O método natural ocorre espontaneamente desde os primórdios quando um núcleo instável precisa liberar energia para se estabilizar, como na transmutação do Urânio em Tório vista anteriormente. A transmutação artificial é produzida em laboratório quando se bombardeiam os núcleos instáveis, como, segundo Hewitt (2009), fez Rutherford ao fazer colidir partículas alfa com nitrogênio gasoso em 1919, quando este transmutava nitrogênio em oxigênio, com a liberação de um próton ao final da reação.



No decaimento gama, ao contrário dos outros processos, não há emissão de partículas, só radiação eletromagnética de alta frequência, e, por conta disso, altamente energética. Por suas características ela pode viajar pelo vácuo e possui elevado poder de penetração nos materiais, só não atravessando materiais altamente densos. Este tipo de decaimento geralmente acontece quando há

emissão de partículas alfa ou beta, quando o núcleo atômico está se reorganizando e tentando se tornar estável.

Tais processos ocorrem naturalmente desde a formação dos planetas, e, de acordo com Hewitt (2009), faz parte da vida de todos, como a presença do Sol e da chuva; ainda segundo o autor, a radioatividade é um dos fatores responsáveis pela manutenção do ciclo da vida no planeta.

Com o passar do tempo, os elementos instáveis (radioativos), vão perdendo parte dos seus núcleons. Um parâmetro bastante utilizado para estudar tal decaimento é a meia-vida. Segundo Jewett Jr. e Serway (2012, p. 316) "...é o intervalo de tempo durante o qual metade de um dado número de núcleos radioativos decai". Ou seja, os núcleos emitem esta taxa constante de radiação ao longo do tempo, permitindo estimar quantas vezes este processo ocorreu através de uma análise em laboratório. Tal técnica é a base da datação por carbono 14 utilizada comumente para análises de substâncias orgânicas, como, por exemplo, fósseis ou até mesmo alguns minerais.

Em 1920, Rutherford prevê a existência de outro constituinte atômico: o nêutron. Este foi descoberto em 1932, pelo inglês James Chadwick (1891-1974), fato pelo qual recebe o prêmio Nobel de Física em 1935. Chadwick participou do desenvolvimento das bombas atômicas lançadas durante a segunda guerra mundial. A importância do nêutron para as reações nucleares é evidenciada quando o italiano Enrico Fermi (1901-1954), decide usá-lo para experimentação, pelo fato de este não sofrer desvios devido à força eletromagnética. Tais estudos viriam consistir a base do entendimento do processo de fissão nuclear, e seu histórico começa quando, segundo Peruzzo, Potker e Prado (2014), dois físicos italianos, Emilio Segrè (1905-1989) e Enrico Fermi, bombardeavam átomos de urânio com nêutrons, tentando obter ao fim das reações elementos mais pesados. Seus resultados, de acordo com Peruzzo, Potker e Prado (2014) não foram aceitos pela química alemã Ida Noddack (1896-1978), que contradizia o resultado que os italianos pressupunham ter achado: o elemento atômico de número 93. Para Noddack tal processo de bombardeamento viria a provocar a quebra do urânio em elementos menores, porém, mesmo após estes questionamentos, a dupla não mudou seu posicionamento. Em 1938, na Alemanha a física austríaca Lise Meitner (1878-1968), acompanhada dos químicos alemães Otto Hahn (1879-1968) e Fritz Strassmann (1902-1980), ao fazerem reagir

nêutrons e sais de urânio tentando produzir materiais mais pesados, perceberam que havia liberação de energia e um dos produtos da reação foi detectado como sendo o elemento Bário, que tem cerca de metade da massa atômica do urânio. O questionamento seria: como explicar a formação deste composto mais leve, advindo da interação dos nêutrons com a amostra de urânio? A explicação veio da análise de Lise Meitner e seu sobrinho, o austríaco Otto Frisch (1904-1979), ao concluir que o núcleo ao reagir no processo se dividira em duas partes iguais. Segundo Bodanis (2001 apud Peruzzo, Potker e Prado 2014), o termo fissão foi empregado pelos dois como uma alusão ao processo de divisão bacteriana. A descoberta da fissão pôs a origem do termo grego átomo à prova, e por esta importante descoberta, influenciada por questões políticas segundo Peruzzo, Potker e Prado (2014), em 1944, somente Otto Hahn é laureado com o prêmio Nobel de Química.

A grande liberação de energia detectada na fissão nuclear é atualmente usada no processo de geração de energia elétrica das usinas term nucleares, possuindo um alto rendimento energético. Resumidamente, nesse processo a água é aquecida pela proximidade com o combustível nuclear que sofre a fissão, e através de um sistema de variação da pressão transfere energia para os geradores. Os benefícios desse tipo de usina são inúmeros: a grande abundância de energia gerada através da alta eficiência, preservação de combustíveis fósseis e a redução da eliminação de gases causadores do efeito estufa na atmosfera. Uma das desvantagens a serem observadas na escolha deste tipo de usina é a manutenção do chamado lixo nuclear ou atômico, pois mesmo depois que o material não emitir energia suficiente para iniciar o processo de geração de energia na usina, ele continua emitindo radiações menos energéticas durante muitos anos (Hewitt, 2009).

Outro tópico a ser discutido ao se falar em fissão nuclear e geração de energia são os casos de acidentes nucleares, como o de 1979 acontecido nos Estados Unidos, segundo Peruzzo, Potker e Prado (2014), na usina nuclear de *Three Mile Island*, onde houve um vazamento da água que resfriava o reator, ocasionando a fusão de algumas amostras de combustível nuclear e sua consequente liberação no interior do edifício. Segundo o autor, a população da área ao redor da usina foi evacuada, a área isolada e nenhuma morte registrada por este incidente, porém os Estados Unidos e muitos outros países, desde o desastre de Chernobyl em 1986, não construíram mais reatores nucleares.

Outro processo, inverso ao acontecido na fissão é o de união de núcleos leves para formar um único núcleo mais pesado e estável. Tal processo é chamado de fusão nuclear. Porém, nesta reação, o valor da massa total do elemento formado é ligeiramente menor que a soma das massas dos núcleos leves tomadas separadamente. Como explicar esse déficit? A justificativa para tal fato é encontrada analisando-se a equivalência massa-energia de Einstein. Segundo Bodanis (2001, apud Peruzzo, Potker e Prado 2014), a equação que mudou o mundo:

$$E = mc^2 .$$

Acima, na equação equivalência massa-energia, percebe-se, segundo Einstein, que massa e energia se relacionam e podem ser transformadas uma na outra. Na fusão o déficit de massa apresentado é eliminado se analisado sob esta ótica, pois se transformou em energia que é liberada durante a reação. Para que ocorra a fusão é necessário que se vença a repulsão eletrostática e isso demanda altas velocidades (HEWITT, 2009). A repulsão eletrostática é equilibrada pela força nuclear forte, que existe somente entre os núcleons e em distâncias pequenas a nível atômico para manter os núcleos coesos. Qualquer alteração na estrutura nuclear deve levar em conta essas duas forças fundamentais e sua interação.

Este processo ocorre naturalmente, por exemplo, nas estrelas, quando existem altas temperaturas envolvidas. Segundo Peruzzo, Potker e Prado (2014), Hans Bethe (1906-2005), físico americano nascido na Alemanha, foi um dos primeiros a propor que a fusão nuclear era a origem da energia do Sol, que a cada instante transforma toneladas de hidrogênio em hélio. Estudou ainda o processo conhecido como nucleossíntese estelar, em que são formados muitos dos elementos que nos cercam.

A maior parte da radiação recebida pelo corpo humano advém de meios naturais, segundo Hewitt (2009), porém, dependendo do tempo de exposição às diversas fontes, e do tipo de radiação incidente, o indivíduo pode desenvolver mutação ou câncer. Geralmente a radiação é medida em rads. 1 rad equivale a 0,01 J de energia absorvida por quilograma. De acordo com o autor, as células humanas podem se recuperar de danos moleculares caso o intervalo de tempo seja prolongado e a radiação não for muito intensa; se isto não ocorre, as células sofrem mudanças em suas estruturas genéticas e vão se replicando com estas alterações. Este processo chama-se mutação.

As aplicações da Física Nuclear e da Radioatividade nas atividades humanas são inúmeras. Alguns exemplos são citados por Peruzzo, Potker e Prado (2014):

- a) Traçadores radiativos: utilizados na Medicina para auxiliar na visualização do comportamento de animais e seu padrão migratório, metabolismo etc., quando estes ingerem elementos emissores de radiação e são acompanhados por detectores para medi-la.
- b) Controle de pragas: segundo os autores, alguns animais, como insetos, podem ser bombardeados por determinados tipos de radiação e ter seu metabolismo alterado de tal maneira que se tornem estéreis sem morrerem no processo.
- c) Indústria: áreas que se beneficiariam seriam a engenharia, analisando as radiações recebidas e emitidas pelos materiais, examinando desgaste e inspeções delicadas, por exemplo. Outro exemplo seria a área petrolífera através do uso para detecção de petróleo em determinadas regiões, por exemplo.
- d) Datação radioativa: técnica já citada anteriormente que consiste em analisar a idade de determinado material baseando-se na taxa de decaimento da amostra, utilizando informações como a meia-vida de seus constituintes.
- e) Preservação de alimentos: incidindo radiação sobre determinados alimentos é possível tentar reduzir a ocorrência de doenças próprias dos mesmos. Os autores ressaltam que é uma técnica em desenvolvimento e não pode ser usada em todos os tipos de alimento.

Percebe-se que são inúmeros os benefícios de compreender esta rica área da Física. Examinando suas possibilidades e suas dificuldades entendemos um pouco mais sobre a estrutura da matéria que compõe o Universo ao nosso redor, enquanto tenta-se informar a população e combater o preconceito à palavra “nuclear”.

2.4. FÍSICA DE PARTÍCULAS

Recentemente algumas notícias veiculadas pela mídia chamaram atenção a esta área da Física, quando da construção e utilização do Grande Colisor de Hádrons, em inglês Large Hadron Collider (LHC), para a descoberta do famoso Bóson de Higgs, a chamada “partícula de Deus”. Nesta seção serão destacados detalhes sobre a classificação e descoberta das inúmeras partículas até então conhecidas e de como funcionam aparatos como o LHC, chamados aceleradores de partículas, bem como sua repercussão na vida e possibilidades para aplicações futuras do que é pesquisado através de sua utilização.

Este domínio da Física é uma área que pode causar estranheza a princípio, pois faz parte de um campo da Ciência que rompe com conceitos tradicionais geralmente estudados de maneira predominante durante o ensino Médio, como, por exemplo, a própria ideia de que o átomo não é a menor unidade de matéria, a quantidade de outras partículas a serem estudadas e o seu papel na formação e desenvolvimento da estrutura do Universo.

Para entender melhor sobre o modelo atômico aceito atualmente e suas implicações nas diversas áreas da Ciência e como estas podem trazer benefícios à humanidade, será abordada uma área de pesquisa na Física, ainda em desenvolvimento, chamada de Física de Partículas.

No início do século passado, acreditava-se que só existiam três partículas elementares na natureza: os prótons, os nêutrons e os elétrons. Entretanto, através da colaboração de cientistas que começaram a observar os chamados raios cósmicos, que nada mais são do que partículas altamente energéticas oriundas do espaço, e ao estudar como tais raios interagiam com materiais da Terra, os pesquisadores conseguiram descobrir novas partículas, surgindo então esta nova área de pesquisa na ciência: a Física de Partículas. (PERUZZO, POTKER E PRADO, 2014).

Segundo Moreira (2011), é importante que o docente que abordará conceitos de Física de Partículas debata sobre o uso e o significado do termo “partícula elementar”, pois, no estudo de FMC, as informações e conhecimentos a serem construídos muitas vezes são contraintuitivos. É importante ainda estabelecer

a importância da construção dos modelos na Física, pois, como destaca Balthazar e Oliveira (2010), os modelos são estruturas em que o maior número de informações e conhecimentos que a humanidade possui tentam ser organizados; à medida que novas descobertas são feitas, os modelos são modificados ou substituídos. Por exemplo, ainda tratando da ideia de partícula elementar, de acordo com Peruzzo, Potker e Prado (2014), até o início do século XX, o número de partículas que se acreditava serem as constituintes elementares do Universo começa a mudar quando, em 1932, o pósitron é descoberto e nos anos seguintes novas partículas vão sendo detectadas e o número de partículas elementares aumenta de maneira significativa.

Desde a Antiguidade, o homem busca entender de que é feito o mundo que o cerca, os princípios que regem as leis naturais dos fenômenos observados corriqueiramente. A fim de explicar como a matéria é formada, alguns pensadores conjecturavam no campo das ideias sobre as possibilidades. Historicamente destaque se dá a dois nomes: os gregos Leucipo e Demócrito, que através do uso da lógica e de experimentos mentais sugerem que todas as coisas que existem são feitas de partes primordiais e minúsculas que não podem ser divididas: tem-se então o conceito de átomo. Ao passar do tempo a humanidade, segundo Ostermann (1999), praticamente abandona seus questionamentos sobre o atomismo e se concentra em uma relação filosófica voltada à religião. Segundo a autora, somente depois de 1543, ou seja, após um enorme lapso temporal, as questões sobre o atomismo são retomadas com fervor após a quebra dessa linha filosófica, iniciada pela ideia do Heliocentrismo de Copérnico. Durante esse período, conhecido na Europa como Renascença Italiana, ressurgiu o interesse do homem em pensar sobre como funcionam os mecanismos que regem os fenômenos naturais que o cercam; ainda de acordo com Ostermann (1999), outros grandes nomes da Física surgem durante este período e contribuem para este avanço intelectual: Copérnico, Newton e Galileu.

A ideia de átomo dos gregos só veio a sofrer mudanças significativas quando, em 1808, o químico inglês John Dalton (1766-1844), propôs o modelo atômico, após, segundo Ostermann (1999), perceber que toda a matéria existente observada por ele era formada pela combinação de apenas alguns elementos. Esta percepção, segundo a autora, perdura por muitos anos, e começa a mudar quando

os estudos do químico russo Dmitri Mendeleev (1834-1907) o levam a elaborar uma classificação para os elementos estudados, criando a tabela periódica. Mendeleev percebe que alguns elementos apresentam características semelhantes, o que permite classificá-los em grupos. Graças a este feito, foi possível começar a desvendar as propriedades que viriam a ser conhecidas como número atômico e desenvolver modelos sobre as camadas de valência.

O modelo atômico adotado pela comunidade científica é modificado após as experiências do inglês J. J. Thomson e suas atividades com o Tubo de Crookes cujos resultados, ao serem analisados por ele, permitem a elaboração de um modelo em que o átomo é constituído de um núcleo positivo cercado por partículas negativas incrustadas nele, modelo conhecido popularmente como “pudim de passas”, segundo Rooney (2013). Segundo a autora, o físico japonês Hantaro Nagaoka (1865-1950), propôs um modelo que discordava do descrito por Thomson, em 1904. Ele acreditava em um modelo baseado no planeta Saturno e seus anéis, onde os elétrons viriam a girar ao redor do núcleo através de interação eletromagnética. Nagaoka teria proposto este modelo ao conhecer o trabalho de Boltzmann e Maxwell, sobre a teoria cinética dos gases e a estabilidade dos anéis saturnianos, respectivamente. Porém, segundo Rooney (op. cit), em 1908, Nagaoka abandona esta teoria. O modelo atômico vem sofrer mudanças após o experimento realizado por Rutherford, em 1909, utilizando uma lâmina de ouro, tal como descrito anteriormente. Ao analisar seus resultados, este propõe um novo modelo, no qual os prótons se localizam no núcleo do átomo e os elétrons orbitam ao seu redor, tal como os planetas do sistema solar.

Com os modelos atômicos citados anteriormente pensava-se saber tudo sobre a estrutura atômica, porém, o modelo de Rutherford possuía uma falha, de acordo com os trabalhos do escocês James Clerk Maxwell (1831-1879). Partículas carregadas eletricamente ao serem aceleradas irradiam constantemente radiação eletromagnética. Tal fato faria com que constantemente perdessem energia e colapsassem com o núcleo que as atraía. A explicação para tal fato só vem em 1913, quando o dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), modifica o modelo planetário de Rutherford, sugerindo que os elétrons só podem ocupar determinadas regiões específicas para se mover, tendo determinados níveis de energia para cada região, ou seja, são quantizadas, impondo, para o movimento dos elétrons, a condição de

que eles devem ganhar ou perder a diferença de energia entre os níveis para se mover através dessas camadas.

Uma das maneiras de se classificarem as partículas é exemplificada por Halliday, Resnick e Walker (2012). Tal classificação toma como base uma propriedade intrínseca da matéria, o *spin*, característica relacionada ao momento angular das partículas. Aquelas que possuem *spin* de valor inteiro são chamadas de bósons (homenagem ao físico indiano Satyendra Nath Bose 1894-1974, que trabalhando com Einstein descobriu modelos matemáticos para explicar o comportamento dessas partículas); já as que possuem valor semi-inteiro são chamadas de férmions (em homenagem ao italiano Enrico Fermi 1901-1954, que junto a Paul Dirac explica através de modelos matemáticos o comportamento de tais partículas). Outra diferença entre elas é que o primeiro grupo não obedece ao princípio da exclusão de Pauli, que define que duas partículas não podem ocupar o mesmo estado quântico, e o segundo grupo obedece, ou seja: os bósons podem ser encontrados aglutinados na natureza, os férmions não.

Na década de 30, os físicos acreditavam que os átomos eram as unidades fundamentais da matéria e indivisíveis, constituídos de três partículas: prótons, nêutrons e elétrons. Tal quadro começa a mudar na década de 40, com o desenvolvimento de novos experimentos envolvendo colisões altamente energéticas entre as partículas, resultando na descoberta de uma nova gama de partículas que pouco a pouco vão dando forma a um modelo mais geral sobre a Física Atômica. Tais partículas possuem meias-vidas muito curtas e são muito instáveis, o que dificulta sua observação. (JEWETT JR. & SERWAY, 2012).

Mas tal modelo ainda trazia alguns questionamentos, como enfatizado por Ostermann (1999):

O aprofundamento destas idéias culmina, a partir de 1928, na chamada Teoria Quântica Moderna, desenvolvida por Schrodinger (1887-1961), Heisenberg (1901- 1976), De Broglie (1892-1987), entre outros. Mal esta teoria havia sido estabelecida e algumas perguntas relacionadas a estabilidade do núcleo atômico já inquietavam os físicos como, por exemplo: por que o núcleo (carregado positivamente) não “explode” já que a pequenas distâncias a repulsão coulombiana entre os prótons é enorme? (p. 416).

Para entender mais sobre como o núcleo permanece coeso, é necessário conhecer as chamadas interações fundamentais ou forças fundamentais: nuclear

forte, nuclear fraca, eletromagnética e gravitacional. As partículas que mediam estas interações são os bósons (PERUZZO, POTKER E PRADO, 2014).

Segundo Jewett Jr. e Serway (2012), a primeira teoria sobre a natureza da força nuclear foi proposta pelo japonês Hideki Yukawa (1907-1981). Ele supôs que os núcleons utilizavam de alguma partícula para mediar a força nuclear. Essa partícula seria chamada de méson (do termo grego *meso* que significa meio), porém tal partícula só foi detectada muitos anos mais tarde, em 1947, com a colaboração do físico brasileiro César Lattes (1924-2005) no pico de Chakaltaya, nos Andes Bolivianos. Yukawa recebe por suas contribuições o prêmio Nobel de Física em 1949.

A força nuclear forte, de acordo com Peruzzo, Potker e Prado (2014), foi explicada pela teoria proposta pelos físicos norte-americanos David Gross, David Politzer e Frank Wiczek, feito pelo qual receberam o Prêmio Nobel de Física de 2004. São chamadas de hádrons as partículas que interagem através dessa força. A teoria deles explica como os núcleons interagem entre si através de partículas chamadas glúons. Essa força tem um alcance muito curto de interação, da ordem de 10^{-15} m, e é a mais intensa das quatro. A força eletromagnética existe entre todas as partículas que possuam momento magnético ou sejam carregadas eletricamente. Sua partícula mediadora é o fóton, seu alcance é virtualmente infinito e ela é cerca de 137 vezes mais fraca do que a força nuclear forte. A interação nuclear fraca é de curto alcance e é responsável por processos de decaimento radioativo, podendo ser mediada por hádrons e léptons. Seu alcance é de aproximadamente 10^{-18} m, sendo mediada por três bósons: $+W$, $-W$ e Z^0 (partículas descobertas no CERN em 1983). A força gravitacional é sempre atrativa e é a mais fraca das quatro, sendo perceptível apenas quando se trata de massas significativas, sendo considerada, portanto, irrelevante para a Física de Partículas. Seu alcance é infinito e sua partícula mediadora ainda não foi detectada através de experimentos e se chama gráviton (PERUZZO, POTKER E PRADO, 2014).

O alcance de interação das partículas mediadoras é, segundo lembra Moreira (2011), inversamente proporcional à massa das mesmas; por exemplo, o fóton e o gráviton não possuem massa, então seu alcance é infinito. A tabela 1 mostra um resumo sobre interações fundamentais e suas partículas mediadoras.

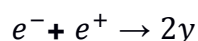
Tabela 1 - Interações e Partículas Mediadoras

Interação Fundamental	Partícula Mediadora
Forte	glúon
Eletromagnética	fóton
Fraca	+W, -W, Z0
Gravitacional	gráviton

Fonte: o próprio autor

Os estudos de Dirac, ao analisar os estados de energia dos elétrons, na década de 1920, a partir de uma descrição que utilizava aspectos da teoria Quântica e da Relatividade de Einstein, culminaram no desenvolvimento do conceito de antipartículas para firmar sua teoria, vindo a primeira delas a ser observada em laboratório somente em 1932, quando o físico americano Carl Anderson (1905-1991), detecta o pósitron (a antipartícula do elétron), ganhando por isso o prêmio Nobel de Física em 1936. Com o advento dos aceleradores de partículas, mais antipartículas são detectadas: em 1955, por exemplo, Emilio Segré (1905-1989) e Owen Chamberlain (1920-2006), detectam o antipróton. As antipartículas possuem a mesma massa de suas contrapartes, mas possuem carga elétrica oposta; existem casos de antipartículas sem carga que diferem por outras propriedades, como o spin (JEWETT JR. E SERWAY, 2012).

Quando uma partícula encontra sua antipartícula, ocorre um processo chamado de aniquilamento, onde ocorre liberação de energia. Um exemplo é o caso do contato entre o elétron e o pósitron (anti-elétron) resultando na criação de dois fótons de energia, como visto a seguir, onde γ representa o fóton:



Segundo Peruzzo, Potker e Prado (2014), em 1955, foi produzido o primeiro antiátomo no CERN, utilizando gás xenônio que era atingido por antiprótons, produzindo-se o anti-hidrogênio, no qual foi observado um antipróton no núcleo sendo orbitado por um pósitron. Os pósitrons são utilizados atualmente, por exemplo, segundo Rooney (2013), em uma técnica de diagnóstico na Medicina chamada de tomografia por emissão de pósitron.

Outra classificação divide as partículas em dois grupos, com a exceção dos

fótons: os hádrons e os léptons. São inúmeras partículas que compõem o que é chamado de Modelo Padrão, que engloba o entendimento atual sobre a estrutura da matéria, nas palavras de Moreira (2009):

... o Modelo Padrão é, na história, a mais sofisticada teoria matemática sobre a natureza. Apesar da palavra “modelo” em seu nome, o Modelo Padrão é uma teoria compreensiva que identifica as partículas básicas e especifica como interagem. Tudo o que acontece em nosso mundo (exceto os efeitos da gravidade) resulta das partículas do Modelo Padrão interagindo de acordo com suas regras e equações (p. 58).

Os hádrons são partículas que não podem ser consideradas elementares e interagem através da força nuclear forte, e são divididos em dois grupos, de acordo com seu spin e suas massas: os mésons e os bárions. Mésons são hádrons que possuem massa geralmente entre o valor do elétron e do próton e possuem spins inteiros. Os bárions (do termo grego *barys*, que significa pressão) têm massas iguais ou superiores à do próton e possuem spin semi-inteiro. Os hádrons são formados por partículas chamadas *quarks*. Os léptons sofrem a interação fraca, tem *spin* $\frac{1}{2}$ e são em seis. Os dois grupos, hádrons e léptons, possuem suas respectivas antipartículas (PERUZZO, POTKER & PRADO, 2014).

As partículas que compõem os hádrons são chamadas *quarks* e foram propostas inicialmente e de forma independente, de acordo com Peruzzo, Potker e Prado (2014), pelos físicos americanos Murray Gell-Mann (1929 - ~) e George Zweig (1937 - ~), em 1963. O nome *quark* foi proposto, segundo Rooney (2013), por Gell-Mann ao encontrar a palavra em uma obra do escritor irlandês James Joyce. No modelo inicial, os *quarks* eram divididos em sabores de três tipos: u, d e s, das palavras em inglês *up* (que significa “para cima”), *down* (traduzido como “para baixo”) e *strange* (da palavra “estranho”; segundo Moreira (2007), nome oriundo do estranho longo tempo de existência desta partícula ao ser observada). Os *quarks* apresentam carga elétrica fracionária: o *quark up*, por exemplo possui $\frac{2}{3}$ da carga fundamental do elétron, o *quark down* possui $-\frac{1}{3}$, assim como o *quark strange*. Suas combinações fornecem o total de carga elétrica que o hádron possui. Os bárions são formados de combinações de tríades de *quarks* ou de *anti-quarks*, e os mésons são constituídos de um *quark* e um *anti-quark*. Embora se saiba que os hádrons são formados de *quarks*, ainda não foi observado um *quark* isolado; segundo Ostermann (1999), a menor carga elétrica identificada isoladamente é a do

elétron. Em 1969, M. Gell-Mann recebe o prêmio Nobel de Física. O modelo até então ainda previa a existência de outros tipos de *quarks* para explicar algumas interações e a estrutura de algumas partículas mais complexas.

O quarto *quark*, chamado de *c*, da palavra em inglês *charm* (ou charme, em português), foi descoberto indiretamente. Na década de 70, havia sido observado pelos físicos, segundo Peruzzo, Potker e Prado (2014), a existência de uma partícula chamado *psi*, um méson, que era constituída por um novo *quark* (*c*) e sua respectiva antipartícula.

Em 1977, o quark *b*, da palavra em inglês *bottom* (ou “base”), foi detectado no Laboratório Nacional Fermi, que fica nos Estados Unidos; o sexto *quark*, chamado de *top* (em português “topo”), foi detectado também neste laboratório em 1995. Segundo Moreira (2011), a equipe responsável pela descoberta do *quark* *t* continha alguns brasileiros, o que ressalta o trabalho em regime de parceria de diversos países nas instituições de pesquisas internacionais. Percebe-se ainda, segundo Moreira (2011), um intervalo relativamente longo de 30 anos entre a proposta de Gell-Mann e Zweig, em 1964 até a descoberta do último quark (*t*), em 1995. A tabela 2 resume os quarks e estabelece a relação entre eles e a carga elementar *e*.

Tabela 2- Quarks em razão de sua carga elétrica.

Quark	Carga Elétrica
u	2/3
d	-1/3
s	-1/3
c	2/3
b	-1/3
t	2/3

Fonte: o próprio autor

Aos *quarks* foi atribuído uma nova característica, a carga cor, para resolver um problema teórico que persistia até a década de 60, relativo a combinações de férmions e ao princípio da exclusão de Pauli. Tal propriedade foi proposta pelo americano Oscar Wallace Greenberg (1932-), convencendo-se três cores para os

quarks: vermelho, azul e verde. Tais cores possuem anti-cores e ajudam a entender a combinação de quarks e antiquarks que formam as inúmeras partículas detectadas nos aceleradores. Na década de 70, surge a teoria conhecida como Cromodinâmica Quântica, que explica melhor a interação entre os *quarks* (BALTHAZAR & OLIVEIRA, 2010).

Analisando a constituição dos hádrons em relação à massa, percebe-se um déficit de massa em relação às somas das massas individuais dos quarks constituintes. Tal fato advém da relação explicada pela equivalência massa-energia de Einstein. Os quarks colidem a altas velocidades, formando novos *quarks* e antiquarks, que novamente se transformam em energia, sempre obedecendo à equação 1.

Os léptons (termo de origem grega que significa leve) são partículas consideradas elementares e possuem massa relativamente pequena, com exceção do lépton tau, que possui uma massa equivalente a aproximadamente o dobro da massa do próton. Podem ou não possuir carga elétrica, como é o caso do neutrino, por exemplo. São seis: o elétron, o múon, o tau, e os neutrinos (do elétron, do múon e do tau). Cada um com sua respectiva antipartícula. (Moreira, 2011).

A tabela 3 mostra tais partículas em razão da carga elétrica elementar e:

Tabela 3 - *Léptons em razão de sua carga elétrica.*

Lépton	Carga Elétrica
Elétron (e)	-1
Múon (u)	-1
Tau (T)	-1
Neutrino do e (ν_e)	0
Neutrino do u (ν_u)	0
Neutrino do T (ν_T)	0

Fonte: o próprio autor.

Para ajudar a detectar todas estas partículas, importantes experimentos foram desenvolvidos, e muitos deles usaram aceleradores de partículas. O mais conhecido é o LHC, que possui cerca de 27 km de extensão e é o maior experimento construído na história da humanidade. O LHC fica no CERN, na fronteira entre Genebra e Suíça, e desde sua inauguração, em 2008,

constantemente são veiculadas nas diversas mídias informações sobre suas dificuldades ou descobertas. Suas instalações estão localizadas a cerca de 100 metros abaixo do solo. Seu funcionamento consiste basicamente em acelerar dois feixes de hádrons fazendo-os colidir frontalmente entre si, utilizando campos magnéticos intensos e regiões modificadas de vácuo, na tentativa de recriar, por exemplo, as condições iniciais de formação do Universo de acordo com a hipótese do Big Bang. (BALTHAZAR & OLIVEIRA, 2010).

Em 2013, o LHC volta a ser destaque na mídia quando da descoberta do bóson de Higgs, nome dado em homenagem a um de seus idealizadores, a dupla formada pelo belga François Englert e o britânico Peter Higgs, os ganhadores do prêmio Nobel de Física de 2013. A dupla idealizara o bóson há várias décadas, e só em 2013 um aparato criou as condições necessárias para sua detecção. O bóson de Higgs vem responder uma pergunta que intrigou os cientistas durante décadas; entre outros aspectos, analisá-la é entender porque algumas partículas possuem massa e outras não.

De acordo com Tipler e Mosca (2006), desde a década de 50, diversos países investem enormes quantias de dinheiro para a construção de aceleradores, alguns em regime de colaboração, como é o caso do próprio LHC, onde trabalham diversos cientistas e colaboradores de diversos países. No trabalho de Balthazar e Oliveira (2010), pode-se encontrar um exemplo de como a tecnologia empregada para a manutenção destes aparatos revolucionou a forma como a civilização humana se organiza: é o desenvolvimento da internet. Esta foi desenvolvida por cientistas do CERN para se comunicarem de forma mais eficiente. Além desta grande contribuição existem diversos fatores que podem influenciar a sociedade atual e merecem investimento e compreensão. No trabalho de Balthazar e Oliveira (op. cit), são elencados alguns benefícios diretos de investimentos desenvolvidos a partir de pesquisas realizadas no CERN:

...terapia contra o câncer; incineração de resíduos nucleares; geração de energia; imagem médica; World Wide Web; física de partículas; imagem na Ressonância Magnética Nuclear, sem contar tecnologias ligadas à energia civil, eletrônica, computação, ultravácuo, materiais supercondutores etc. (p. 29).

Exemplo de como os conceitos abordados anteriormente ainda podem ser impactantes na vida da sociedade atual é analisar alguns investimentos que vêm

sendo realizados nestes campos da Física. Por exemplo, segundo o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais, foi anunciada em 2015 a construção de um novo acelerador de partículas brasileiro, chamado de Sirius, como parte do projeto do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, que fica em São Paulo. No Brasil, está em construção atualmente, uma usina termonuclear chamada de Angra 3, em Angra dos Reis, no Rio de Janeiro, pela intercessão da empresa mista Eletronuclear, uma subsidiária da Eletrobras, que é a empresa responsável pelo setor de energia elétrica nacional.

Para tentar resumir as diversas partículas estudadas, é sugerido o uso de uma ferramenta chamada mapa conceitual, como sugerido no trabalho de Moreira (2004). Tal mapa, que pode ser visto na figura 3, tem o intuito de organizar e proporcionar uma visão geral sobre os temas estudados no capítulo.

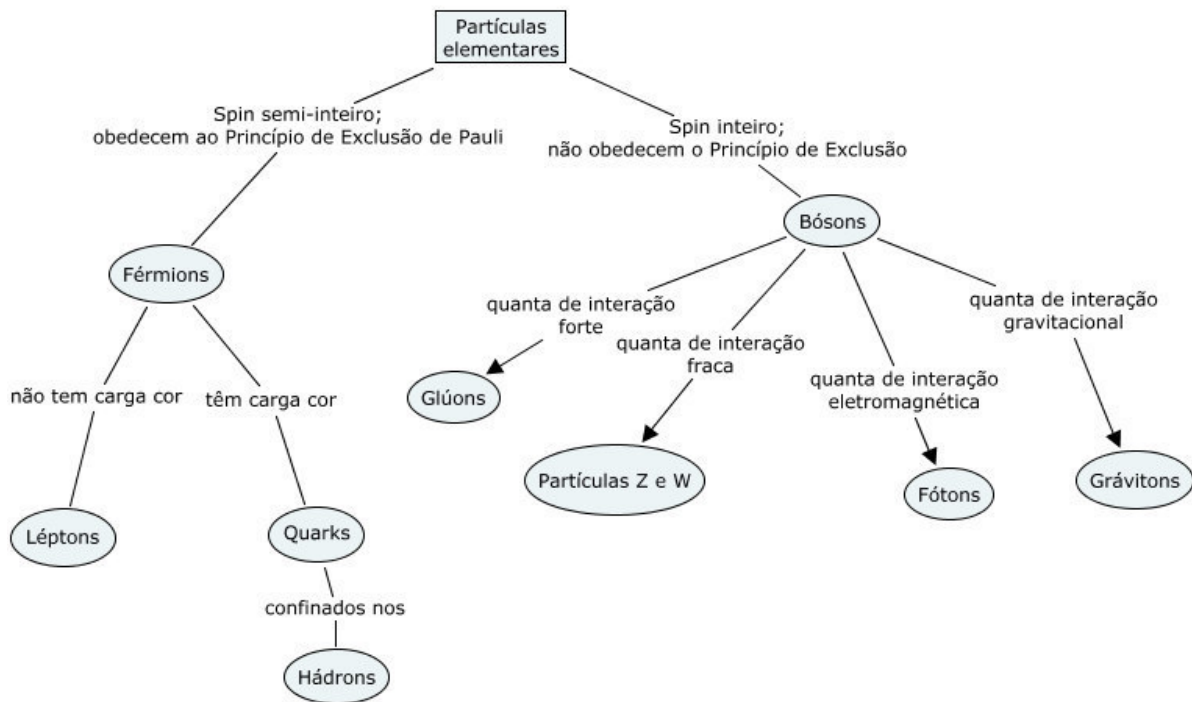


Figura 3 - Mapa conceitual para partículas elementares

Estudar sobre Física de Partículas é mais do que tentar entender sobre a estrutura da matéria: é perceber que, na Física e na Ciência em geral, como é lembrado no trabalho de Moreira (2011), existe uma relação muito clara entre teoria e prática, sendo papel do docente exaltar tal relação, e mostrar a interdependência entre essas duas facetas, mostrando como a Ciência é construída e reconstruída progressivamente.

3. METODOLOGIA

Este capítulo versa sobre as etapas da aplicação do presente projeto, assim como explicita algumas características do mesmo. Maiores detalhes sobre a montagem dos instrumentos utilizados e um guia para sua reprodução serão fornecidos no produto final deste trabalho em forma de folheto explicativo (Apêndice).

A presente pesquisa foi aplicada em uma turma de Ensino Médio, na Escola Estadual Governador Adauto Bezerra, localizada em Fortaleza, com aproximadamente 40 alunos e que conta com a presença de alunos com deficiência visual total ou parcial, na qual foram construídos materiais táteis-visuais para complementar a metodologia abordada nas aulas ministradas sob um enfoque CTS e HFC, e baseada na teoria sociointeracionista de Vygotsky.

O referencial metodológico do referido projeto que mais se enquadra no perfil desejado é o qualitativo, que possui capacidade de permitir uma relação dialógica mais franca, onde o pesquisador, segundo Camargo (2005), pode ter uma noção melhor sobre vários aspectos do objeto de estudo, estabelecendo uma ênfase na interação entre os envolvidos para que sejam discutidos os temas pertinentes da aplicação do projeto, sendo, além disso, capaz de comparar, segundo Bogdan e Biklen (1994, apud Camargo 2005), os dados colhidos com a realidade existencial dos indivíduos e identificar os significados transmitidos por estes que foram socialmente construídos no processo.

Foram ministrados os conteúdos e atividades do projeto em dois encontros de cinquenta minutos cada. Ao final desses encontros, alguns alunos, com e sem deficiência, foram convidados a responder um questionário através de um diálogo aberto realizado através de entrevistas semiestruturadas, o que, de acordo com Trivinos (1987 apud Siqueira 2012), permite iniciar uma conversa partindo de alguns conhecimentos básicos e algumas teorias do entrevistado sobre o assunto abordado, em que seus discursos podem ir ao longo da entrevista sofrendo alterações com certo grau de liberdade. Tal tipo de entrevista possibilita que os alunos sintam-se mais à vontade, permitindo uma valorização maior de suas falas. Ao final da aplicação do projeto, seus discursos foram gravados, mediante autorização, para posterior transcrição e análise.

O material tátil-visual (o produto educacional) utilizado contempla aspectos de ambos os encontros. No primeiro encontro será abordada a Física Nuclear, e no segundo a Física de Partículas. Foi utilizado também um texto de apoio, adaptado da obra de Balthazar (2008), que resume alguns pontos abordados nos dois encontros. O material pode ser encontrado nos anexos.

3.1. O PRODUTO EDUCACIONAL

3.1.1. Fissão Nuclear

No primeiro encontro, a finalidade do material foi demonstrar a fissão nuclear, e dar uma ideia de como é uma reação em cadeia. Os materiais para desenvolver este primeiro objeto de estudo do kit tátil-visual sobre fissão nuclear foram inspirados no trabalho de Pupo et al. (2011), são:

- a) 1 m de linha de náilon;
- b) 3 conjuntos de miçangas (contas com diâmetro aproximado de 0,8 cm) de cores e texturas diferentes;
- c) 4 raios de bicicleta (arame quase rígido);
- d) 4 cubos de madeira com aproximadamente 10 cm de aresta.

O objetivo deste material é fazer com que os alunos com deficiência visual movam a partícula (um nêutron), representada por uma das miçangas escolhidas, e levem-na a colidir com um núcleo instável, onde, sendo guiados pelo docente perceberão que existem três contas livres que representariam o início da reação em cadeia, ou seja, os nêutrons liberados, e os subprodutos da reação de colisão que se formam após a fissão nuclear.

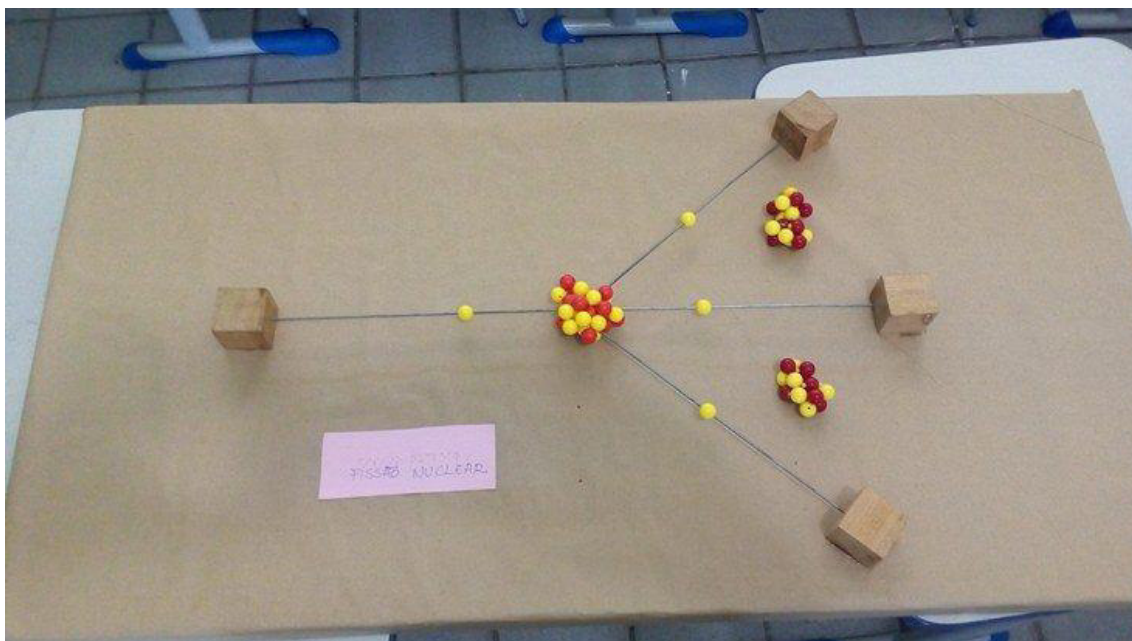


Figura 4 - Modelo para Fissão Nuclear. Fonte: o autor.

Para confeccionar este material, primeiro deve-se unir as miçangas utilizando o fio de náilon. Se as miçangas forem idênticas no formato e aparência, faz-se necessário diferenciá-las para manipulação tátil, tornando um tipo destas mais áspero do que o outro. Para isso, sugere-se pintar ou aplicar gotículas de cola de isopor e, após cobrir com uma camada deste material, utilizar areia, que aderirá e formará uma crosta áspera facilitando a diferenciação tátil. Para garantir maior firmeza e auxiliar na mobilidade do modelo, este foi construído sobre um bloco de isopor, recoberto com papel madeira. Mais detalhes sobre a montagem dos conjuntos táteis-visuais são encontrados no apêndice.

3.1.2. Fusão Nuclear

Este modelo foi idealizado para que os alunos possam ter uma noção de como acontece a fusão nuclear, assunto abordado durante o primeiro encontro que trata de Física Nuclear. Para tanto, são necessários os seguintes materiais:

- a) 2 conjuntos de massa de modelar.
- b) 1 rolo de papel toalha.
- c) 2 ímãs pequenos.

Primeiramente, deve-se manipular a massa de modelar até que esta adquira um formato esférico. Logo após isso, os ímãs devem ser inseridos nas esferas. Têm-se assim, duas esferas, inicialmente. Em seguida, uma folha de papel toalha deve envolver cada esfera.



Figura 5 - Manipulação modelo de Fusão Nuclear. Fonte: o autor.

3.1.3. Modelos atômicos

Este material visa fornecer uma visão geral da evolução dos modelos atômicos a serem utilizados na aula de Física de Partículas. Para construí-lo, são necessários os seguintes materiais:

- a) 1 esfera de isopor de aproximadamente 15 cm de diâmetro.
- b) 4 esferas de isopor de aproximadamente 10 cm de diâmetro.
- c) 9 esferas de isopor de aproximadamente 3 cm de diâmetro.
- d) 1 tubo pequeno de cola de isopor.
- e) 6 palitos para dente.
- f) vários tubos de tinta para artesanato de cores diferentes.
- g) 2 tubos de cola em relevo de cores diferentes.
- h) 10 folhas de papel 40 kg.
- i) 1 pincel.
- j) 1 pacote de 25g de algodão hidrófilo.
- k) 2 folhas de E.V.A. (etil, vinil e acetato) com cores diferentes.

l) uma tesoura.

m) 1 conjunto de alfinetes idênticos.



Figura 6 – Materiais utilizados na aula de Física de Partículas. Fonte: o autor.

Os modelos atômicos a serem representados são os de Dalton, Thomson, Rutherford-Bohr e Schrödinger. Assim como podem ser vistos na figura 6 apresentada anteriormente, o primeiro modelo é construído pintando uma esfera maior, uma intermediária e três menores com uma mesma cor e as colocando uma dentro da outra. O segundo modelo é produzido após colarem-se as extremidades de uma esfera de isopor intermediária e pintá-la, quando se fixam diversos alfinetes em sua superfície. O terceiro e o quarto modelos são construídos após uma escrita prévia em *braille*, em que se recortam pedaços de E.V.A. em formato circular de cores diferentes, representando os núcleons, e no caso do terceiro modelo as camadas eletrônicas são representadas utilizando-se cola em relevo. No último modelo, seguem-se passos similares ao modelo anterior sem o uso da cola em relevo, onde o algodão que é colado na folha representa a probabilidade de se encontrar os elétrons ao redor do núcleo. Na figura 6, percebe-se ainda o texto de apoio em *braille* que foi utilizado no segundo encontro. Na figura 7, a seguir, veem-se alunos manipulando o material:



Figura 7 – manipulação dos modelos por alunos

3.2. APLICAÇÃO DO PRODUTO

O projeto foi aplicado em dois momentos, com duas aulas de cinquenta minutos cada. Participaram destes encontros, além dos alunos videntes, três alunos com deficiência visual, sendo que, destes, um possui deficiência parcial e os outros possuem deficiência total da visão.

3.2.1. O primeiro encontro

Durante este momento inicial, o tema abordado foi o de Física Nuclear e Radioatividade. Buscou-se, durante a aplicação do projeto, seguir a linha proposta no referencial teórico de aliar uma abordagem HFC com uma metodologia CTS. Para tanto, durante a explanação teórica, foi abordada a evolução dos conhecimentos humanos sobre os processos radioativos, desde a descoberta dos raios-x até o problema da crise energética e o funcionamento das usinas nucleares. No decorrer do processo, os alunos foram apresentados aos procedimentos básicos de funcionamento de uma usina termonuclear, ao problema dos rejeitos radioativos e aos acidentes nucleares registrados na história da humanidade, além das possibilidades de aplicação dos conceitos estudados e desenvolvidos em Física Nuclear para a população. Discutiu-se ainda o uso de tal tecnologia para uso bélico.

O material tátil-visual para o primeiro encontro visava facilitar a compreensão

e visualização dos fenômenos de fissão e fusão nuclear.

No momento final da segunda aula deste primeiro encontro, foi organizada uma divisão da turma, para que uma atividade na forma de debate se desenrolasse com temas relativos aos conteúdos vistos previamente. Desse debate participariam três grupos e a questão principal girava ao redor da instalação de uma usina termonuclear no Estado do Ceará. Um grupo seria a favor da instalação, representando agentes do Governo Federal, empresários que financiariam e especialistas na área; outro grupo seria de ativistas contrários à obra. Esses dois grupos tentariam convencer o terceiro grupo, que representou a população local da área a ser afetada pela construção da usina, a concordar com seus pontos de vista. O último grupo decidiria sobre o destino da disputa.

Após a divisão dos grupos, foi dado um tempo para que os mesmos debatesses pontos importantes a serem defendidos, ou perguntas a serem feitas, e então o debate ocorreu. Vale salientar que mesmo os alunos que não falaram em algum momento do debate contribuíram no momento de discussão inicial e auxiliavam os colegas nas respostas a algumas perguntas no desenrolar da atividade.

Os alunos com deficiência visual escolheram participar do grupo de controle, sendo parte da população que escolheria a instalação ou não desta usina. Cinco alunos deste grupo foram escolhidos como representantes da comunidade que decidiram por voto majoritário o desfecho do debate. Os trechos gravados são transcritos no próximo capítulo.

3.2.2. O segundo encontro

Este momento ocorreu durante duas aulas de cinquenta minutos, e abordou o tema Física de Partículas.

Antes do início da aula, um texto de apoio, encontrado nos anexos, adaptado da obra de Balthazar (2008), foi disponibilizado aos estudantes. Para os alunos com deficiência visual tal material foi disponibilizado em *braille*.

Utilizando uma metodologia HFC, fez-se alusão à ideia de átomo e ao próprio conceito de modelo, mostrando sua importância para a Física e para a

Ciência em geral. A origem da teoria atômica foi abordada no primeiro momento deste encontro, onde a visualização da evolução dos modelos atômicos foi a proposta inicial da abordagem do material tátil-visual.

Foram discutidos ainda muitos temas sobre FMC, como as partículas elementares e o Modelo Padrão da Física de Partículas, em que os diferentes tipos de quarks foram apresentados aos participantes, com suas características e período de sua descoberta. Durante a explanação sobre os *quarks*, os alunos puderam manipular o material tátil-visual para perceber os *quarks* constituintes dos prótons e nêutrons com os quais entraram em contato através da folha apresentada na figura 6, em um momento anterior da aula.

Após apresentar as características das diversas partículas conhecidas no modelo Padrão, o tema escolhido para finalizar o segundo encontro foi o de aceleradores de partículas, abordando particularmente o funcionamento e importância do LHC em linhas gerais e reforçando a importância do trabalho em cooperação, os avanços dos últimos anos e algumas perguntas sem respostas que ainda existem na Física de Partículas. Foi também discutida sua importância na descoberta do Bóson de Higgs, que fez seus idealizadores ganharem o prêmio Nobel de 2013.

Ao final deste segundo encontro, cinco alunos foram entrevistados separadamente, respondendo algumas questões relativas aos dois dias de aplicação do projeto. Tais questões se referiam à abordagem do material, a conceitos vistos em aula e à importância dos temas visualizados no projeto. Os discursos foram gravados e alguns trechos serão transcritos para análise no próximo capítulo.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo serão analisados alguns trechos gravados durante os dois encontros. O objetivo desta análise, entretanto, não é o de apontar o grau de conhecimento adquirido e sim o de discutir sobre dificuldades e viabilidades encontradas no processo ensino-aprendizagem dos envolvidos.

Primeiramente, foram analisados trechos considerados fundamentais para relacionar alguns discursos da atividade que ocorreu ao final do primeiro dia de aplicação do projeto, em que o tema Física Nuclear e Radioatividade foi abordado. Neste momento os alunos debateram sobre a construção/implantação de uma usina termonuclear no Estado do Ceará.

Os alunos participantes desta análise primária serão identificados por números variando de 1 a 11, sendo divididos em três grupos: A (a favor da construção/implantação), B (contra) e C (população que decidirá o resultado da proposta de implantação). Os grupos são divididos de acordo com a tabela 4:

Tabela 4: *Divisão dos participantes da atividade de debate (usina termonuclear)*

Grupo	Alunos
A	1,2,3
B	4,5,6
C	7,8,9,10,11

Fonte: o autor.

A seguir segue o trecho inicial do aluno 1:

“Primeiro, meus clientes afirmam que o Ceará tem a maior reserva de Urânio não explorado em toda a América Latina, e além da instalação de uma Usina Nuclear no nosso estado isso daria um aumento de pesquisas científicas relacionados ao tema.”

E de seu companheiro de equipe, o aluno 2:

“A gente tem a usina... nuclear, e poderia pegar os químicos e físicos da própria Ufc e da Uece e mandar lá pra ser um método de estudo. E também nós estamos num grave período de crise hídrica e não vale a pena usar usinas hidrelétricas e é muito bom usar outras.”

Percebe-se nos trechos destacados acima a preocupação dos dois alunos do grupo A em tentar convencer a população (grupo C), apontando benefícios indiretos que seriam obtidos se a construção da usina ocorresse. Pode-se perceber no discurso do aluno 1 uma alusão feita a um conhecimento demonstrado na aula, quando se falou de Energia Nuclear no Brasil; aqui, o discente utilizou a informação dada sobre o potencial de exploração de material do município de Santa Quitéria, que se localiza no interior do Estado, na tentativa de convencer os colegas. O aluno 2, por sua vez, apontou uma preocupação que remete à abordagem CTS vista durante a aula, quando fala de “...grave período de crise hídrica...”.

Segue a fala inicial do aluno 4, do grupo B:

“...nós temos um sistema educacional que apresenta um déficit nas matérias que realmente tratam diretamente da questão nuclear: Física, Química, isso ainda acontece na Educação Brasileira levando em consideração isso, nós percebemos que pode acarretar numa mão de obra desqualificada por não termos conhecimento básico e até inclusive, demorar muito mais no processo de... Educação pra tratar disso... Agora, nós vamos fatores geográficos. Existem outras formas de conseguir energia: nuclear, tem vários problemas e tal, nós temos a energia solar, nós estamos no estado do Ceará né, aqui o calor é só o que não falta, estamos em baixas latitudes considerada a linha do Equador né G. (outro aluno da equipe) é, e também podemos explorar a energia eólica já que estamos num estado litorâneo da alta quantidade das nossas...vale lembrar que essa energia é renovável, e em larga escala ela acaba tornando-se mais rentável para o Estado e nós não precisaríamos usar os resíduos do negócio lá... eólico... ou nuclear.”

Nesse trecho inicial, o aluno 4 mostra uma preocupação com a opinião pública e a respeito do processo de produção de uma usina desse tipo, além de fornecer outras formas de obtenção de energia renováveis, mesmo após alguma confusão — como pode ser percebido em sua fala ao abordar o conceito de calor, provavelmente ligando-o ao índice de irradiação solar durante o ano. O aluno conclui citando um dos maiores problemas da energia nuclear a longo prazo, que é o dos resíduos radioativos, chamados comumente de lixo atômico.

O grupo A, então, é perguntado sobre o destino dos resíduos radioativos. Assim responde o aluno 2:

“Sim, seriam nos locais próximos mesmo, concretos e caixas, nos locais com total contenção do jeito que é feito dos resíduos que nem a União Soviética usou, no solo mesmo.”

Perguntados sobre o medo da população acerca da instalação de uma usina em cujo nome haja a palavra “nuclear”, o aluno 2, do grupo A, responde novamente:

“Seria bom mesmo, tocando já nesse ponto, conhecendo, ter sim...instituições educacionais de o que é, e o dano que realmente causa, caso aconteça alguma coisa, e claro mostrar a total segurança que a gente possui para conter, nós sabemos que a radioatividade é algo ruim quando chega ao ser humano pois pode até modificar o DNA, causar câncer, tratada com muito cuidado, ela pode sim, ser usada como fonte de energia... E do ensino fundamental, realmente Física e Química no ensino fundamental são realmente abordadas em escolas particulares, e na parte de segundo ano na parte de Físico-Química da Química entramos na área da radioatividade, que é uma área recorrente no vestibular, e é estudada pelo aluno que ele quer passar no vestibular e quer alcançar a faculdade, chegando lá eles, os alunos de Física e Química ainda estudam essa área ainda mais, é uma área que ele não vê direto. Inclusive se ele quer passar, chegar na faculdade ele tem que ver.”

O aluno 2 expõe argumentos interessantes nesta fala. Primeiramente, fala sobre um processo que poderia auxiliar na desmistificação da população acerca do termo “nuclear”, que é a educação, quando fala que deveriam existir instituições que se prestem a este papel de esclarecer. Em seu discurso, pode-se perceber ainda um temor sobre a radioatividade, quando este fala sobre alteração do DNA e de câncer (vale salientar que a radioatividade é um processo natural e auxilia a manutenção da vida na Terra há milhares de anos). A parte final de seu discurso mostra como ele encara a obtenção de novos conhecimentos: percebe-se claramente no discurso do aluno a presença forte da ideia de aprender para ingressar no Ensino Superior, para ter êxito nos exames vestibulares.

Ainda sobre a preocupação com a opinião da sociedade acerca da pretensa instalação da usina, a aluna 5 diz:

“...o G (referente ao aluno 2) falou que a gente precisa conscientizar a população, e desde o ensino fundamental, desde a população mais nova, elas tem medo de uma usina nuclear, e isso vai demorar muito tempo, e visando que a nossa crise hídrica é agora, e visando conscientizar a população vai demorar muito, dez anos, e pra construir uma usina vai demorar ainda mais, e nós temos sim usinas eólicas e solares no estado

são de pequenos portes sim, mas com o desenvolvimento que a gente já tem pode aumentar e não vai precisar conscientizar a população, que isso vai demorar muito mais.”

Percebe-se no discurso da discente uma preocupação com o tempo para promover uma reflexão profunda da população acerca do tema, além de citar que uma usina desse tipo levaria muito tempo para ser construída. Aqui, a aluna pode estar fazendo alusão ao progresso de construção da usina nacional Angra 3, como visto durante a aula antes do debate, cujas obras tiveram início oficial em 2010, e até agora somente cerca de 2/3 estão concluídos.

Posteriormente outra aluna, integrante do grupo A, faz uma fala sobre o medo da população e a postura que seu grupo defende:

“...se a gente não aprender a reeducar as pessoas com novas possibilidades, a gente nunca vai sair. Só por causa de acidentes em outros lugares, não é porque pode causar aqui, isso aconteceu um acidente, não é porque aconteceu um acidente em determinado lugar que pode acontecer aqui, a gente tem que ter a consciência que tipo assim, se aconteceu nesse lugar, talvez não venha acontecer isso...aqui também pode causar uma coisa boa, a gente não pode ficar colocando só na coisa ruim, se a gente ficar pensando na coisa ruim, nunca vai tentar novas oportunidades aqui, se não der certo, a gente vai atrás de novas possibilidades, o medo da população é só isso: o medo, o medo, o medo, através do medo só veem coisas ruins pra gente, nunca pensa nas possibilidades de coisas boas.”

Nota-se que, em seu discurso, a aluna enfatiza a iniciativa de se tentar instalar algo novo, e cita em sua fala os acidentes na história da humanidade como o fator que causa medo na população. Finalizando o posicionamento do grupo A, o aluno 1 discorre:

“... há perigo de acidentes, mas no Brasil nós temos usinas nucleares há muito tempo, mais de 30 anos e nunca houve um acidente, nossa posição geográfica é a mais favorável do mundo, nós não temos terremotos, tsunamis ou qualquer tipo de catástrofe natural que venha a atingir o nosso estado do Ceará, e além disso a empresa de energia nuclear do Aduardo Bezerra, tem excelentes engenheiros que vão fazer todo o plano de precaução para que não haja vazamento de resíduos.”

Finalizando a argumentação a favor da construção, o aluno 1 expõe características favoráveis da geografia local, e explana sobre o histórico de

exploração deste tipo de energia no Brasil, citando que há décadas já é utilizado e nenhum acidente aconteceu. Convém lembrar que um incidente ocorreu, em Goiânia, em 1987, com o elemento Césio-137: esta informação não foi citada pelo grupo de ativistas, mesmo tendo sido discutida na aula prévia.

Em resposta à fala citada acima, o aluno 4 finaliza os argumentos do grupo B:

“...A conscientização tem que vir, ela vai ter que existir, e vai muitas coisas na sociedade, mas a questão do medo ele é presente, e... tipo, nós precisamos de soluções pra hoje, não para dez anos... daria pra energia solar que o camarada falou, a população não sente um receio disso e daria super certo que nós já temos aqui no Brasil e tal, sobre a questão da usina nuclear... nós temos há 30 anos, nós temos... porque a população ainda tem esse medo? Porque não foi pensado há 30 anos fazer essa conscientização...”

O aluno 4 expõe sua preocupação com a urgência da aquisição de novas fontes, além de levantar a questão de reeducação da população acerca do uso dessa usina, já que o país já usa esta tecnologia e, segundo ele, a população ainda a encara com reservas.

Ao final deste debate, o grupo de controle escolheu cinco representantes para votar sobre a decisão da comunidade quanto à instalação da usina. Participaram deste grupo todos os alunos com deficiência visual, enumerados de 7 a 9. Os alunos 7 e 8 possuem deficiência visual total e o aluno 9 possui deficiência visual parcial.

Perguntados sobre qual lado eles apoiariam, o aluno 7 foi o primeiro a se pronunciar:

“Acho que a segunda opção é o melhor (contra a construção)... eu concordo muito com o que eles falam, eles falam muito certo, assim... desde o ensino fundamental eles tem que ter uma pessoa assim... já pra conscientizar né, e quem não conhece a Física, quem não viu né no caso de quem enxerga né, quem não vê de perto, acha que isso é normal né...você só construir uma usina que não vai acontecer nada, mas não é bem assim não... é mais pela questão da população tem que ter mais cuidado quando for fazer uma obra, tem que ter a infraestrutura, tem que ter uma pessoa competente que saiba construir né com mais cautela.”

Nessa fala notam-se alguns pontos: primeiro, a preocupação do aluno com a

conscientização da população e a educação sobre os temas, que, segundo ele, deveria ocorrer desde o ensino fundamental. Em segundo lugar, quando o aluno fala “... quem não conhece a Física, quem não viu né no caso de quem enxerga né, quem não vê de perto, acha que isso é normal né...você só construir uma usina que não vai acontecer nada, mas não é bem assim não...”, provavelmente o aluno se refere ao problema de que quem não conhece o potencial da tecnologia utilizada pode não ter real consciência dos riscos que ela pode representar. Nota-se que o aluno usa a expressão “... no caso de quem enxerga...” para designar um grupo social, percebendo-se como deficiente visual. Portanto, tal ideia pode, de acordo com Vygotsky (1989, apud Bianchetti, Da Ros e Deitos (2000), ter sido socialmente construída sobre a diferenciação do indivíduo nesse sistema de diferenciação.

A aluna 8, perguntada sobre sua opinião, fala:

“o modo da argumentação deles, principalmente o que aquela menina falou do medo, sempre quer botar o medo nas coisas negativas, a gente nunca vê o modo que vai dar certo, das coisas positivas, ai pelo modo da argumentação eu me cativei mais no lado a favor, por isso.”

No discurso desta aluna, percebe-se um otimismo frente ao desconhecido; mesmo com suas dificuldades diárias decorrentes da deficiência visual, a aluna se propôs a enfrentar o desconhecido e decidiu apoiar a instalação da usina.

Agora, o discurso do aluno 9:

“eu sou contra, ainda que a usina nuclear, ela ocupe menos espaço, ela é mais perigosa do que se você usar a energia solar e a eólica, elas podem até ocupar mais espaço, mas é mais seguro, a gente sabe que tem, não requer tantos cuidados, quanto uma usina nuclear, algo assim complicado.”

O discente deixa bem claro sua preocupação maior, o medo de que aconteça algum incidente com a usina. Percebe-se isso claramente quando ele cita “...não requer tantos cuidados...”, optando por outras formas de obtenção de energia.

O aluno 10 expõe:

“Eu sou a favor, porque eu acho que devido, o modo como ela for

construída, se for tomado as devidas precauções pelo profissional que vai construir ela, ela vai trazer muitos benefícios pro nosso estado, do espaço e tudo mais, e a questão por exemplo da energia eólica, além dos problemas apresentados pela equipe, tem a questão da movimentação das dunas né, que causa um desequilíbrio total na natureza, e essas coisas assim também.”

Nota-se, no discurso acima, ao apoiar a instalação da usina, que o aluno demonstra que uma das outras formas de obtenção de energia sugeridas também apresenta dificuldades em sua implantação e manutenção, enaltecendo os benefícios trazidos pela usina termonuclear.

O aluno 11 com o voto decisivo, discorre: *“Do ponto de vista econômico, acho que ela seria interessante a implantação da usina, mas do ponto de vista ambiental talvez não seja interessante. Eu sou a favor.”* Um posicionamento sucinto, que deixa claro que o aluno pensa sobre as viabilidades e dificuldades do projeto. Com a contagem de votos na atividade, a usina foi aceita pela população.

Ao final do segundo dia de atividade, ocorreram as entrevistas que serão transcritas aqui. Os alunos entrevistados foram cinco, designados aqui pelas letras S, E, R, M e V. Os alunos S, E, e R possuem deficiência visual; S e R possuem deficiência total e E deficiência visual parcial. O primeiro questionamento era acerca da constituição do Universo na opinião dos entrevistados.

Segue a resposta da aluna S: *“Eu tenho... pra mim, é de tudo um pouco, os objetos de construção essas coisas. De tudo um pouco assim.”*. A aluna pareceu pouco à vontade ao começo deste segundo momento de entrevistas, em que, ao contrário do dia anterior, foi entrevistada de forma isolada. Percebe-se em sua fala que esta considerou o mundo macroscópico com a qual pode interagir como constituindo tudo o que a cerca. Perguntada sobre a importância de refletir sobre a estrutura do universo, a aluna responde:

“É bom assim pro meu... pra mim evoluir mais, é bom a gente se interessar por tópicos de matérias assim que no futuro vá ajudar a gente naquilo que a gente for se interessar naquela área.”

Demonstra nesse discurso uma ideia sobre a utilização posterior do conhecimento, por exemplo, ao escolher carreira acadêmica.

A aluna E, em sua fala, diz: *“Pequenas partículas... os átomos.”*

Demonstrando também certo grau de nervosismo, a discente respondeu apenas com essa sentença. Nota-se uma alusão ao conceito de teoria atômica apresentado na aula que ocorreu antes da entrevista. Perguntada sobre por que ela precisaria entender mais sobre o átomo, ela responde: *“Pra entender do que as coisas são feitas.”*, completando a sua resposta inicial.

Sobre o primeiro questionamento, o aluno R fala: *“Tudo assim, de objetos, animais, plantas.”*. Ao ser perguntado se tais coisas possuem algo em comum, ele completa: *“Eles fazem parte né do Universo, já uma coisa em comum, fazem parte, diferença vai ter, lógico né.”*. A fim de desenvolver esta ideia, o aluno é questionado sobre a importância de se estudar a estrutura atômica, respondendo então: *“Você aprende a ter uma ideia de modelo das coisas.”*. Acredita-se que seja uma alusão ao conceito de modelo apresentado durante a aula, e que é abordado em uma pergunta subsequente.

A aluna M, ao responder sobre a constituição do Universo, disse:

“O Universo é constituído de átomos, com partículas extremamente pequenas e que... não só pra saber como se dá a criação do Universo, mas pra saber como se forma o próprio corpo humano, a própria natureza, pra saber o que eles precisam, o que eles tem, é importante, o que eles podem nos ajudar, o que eles não podem nos ajudar.”

Ao ser perguntada sobre a importância do estudo desse tema, ela completa:

“Eu acho que é bom pra gente saber como as coisas se formam e também, o Universo entende? A gente vai dar uma olhada no Universo e saber como a gente chegou aqui até hoje e como a gente, até aonde a gente ainda pode ir.”

No discurso da aluna, nota-se uma alusão à teoria atômica e uma visão crítica sobre a importância e função de estudar esta teoria, qualificando a abordagem adotada CTS.

O último entrevistado, o aluno V, em seu discurso, diz:

“Bem, o Universo ele é constituído não somente por átomos, ele é constituído por diversos tipos de partículas, constituído por... e essas partículas constituem outros corpos maiores como planetas e estrelas, asteroides e etc. E além dessas partículas fundamentais nós temos as ondas, as ondas eletromagnéticas, as ondas mecânicas que estão aí no

Universo.”

O discente, então, ao ser perguntado sobre a importância de se conhecer mais sobre o átomo, responde ainda: *“A importância de você estudar o átomo é você conhecer a matéria, é você conhecer como é... se forma a matéria, como a matéria é constituída.”* O aluno V, aborda de maneira geral sobre temas discutidos em sala, e mostra alguns conhecimentos prévios ao falar: *“...além dessas partículas fundamentais nós temos as ondas, as ondas eletromagnéticas, as ondas mecânicas que estão aí no Universo”*. Percebe-se também, além destes conhecimentos prévios, informações sobre a teoria atômica.

Analisando o discurso dos cinco entrevistados sobre o primeiro questionamento, percebe-se que três dentre os cinco citaram a teoria atômica em algum momento de suas falas; conclui-se, até aqui, que a metodologia utilizada os ajudou a refletir sobre a estrutura atômica.

A segunda questão referia-se a descrever, em palavras gerais, o que o aluno lembraria sobre os processos de funcionamento de uma usina nuclear, tema abordado no primeiro dia de aplicação do projeto.

A aluna S respondeu: *“Um benefício pra população”*. A aluna entrevistada pode ter confundido o termo processo com o termo propósito, porém, como não aparentava estar muito à vontade, optou-se por manter essa resposta, sem interrompê-la ou corrigi-la, já que o propósito realmente é o apresentado.

A aluna E, no entanto, não quis responder a pergunta, e antes que ela pudesse ficar constrangida, a entrevista teve prosseguimento.

O aluno R discorre:

“Funciona com energia elétrica. Aí você tem uns equipamentos né... que eles usam, que eles usam né, os materiais, o Urânio, radioativo também né, uma porção de coisa.”

Está presente neste discurso um dos aspectos mecânicos de funcionamento, que é a energia elétrica e percebe-se a citação do combustível radioativo, que é o Urânio. Vale salientar que, mesmo o aluno apresentando deficiência visual total, ele constrói, de acordo com o que ouviu em sala durante a explanação sobre as usinas, uma imagem de como deve ser a estrutura interna das

mesmas, percebe-se tal fato no trecho “...uns equipamentos...” e na expressão mais genérica “...uma porção de coisa.”

A aluna M, ao responder sobre o tema, diz:

“Uma usina nuclear, ela é feita para poder produzir mais energia de uma forma maior em grandes quantidades para que a gente possa... é, para uma área grande tipo o Brasil, o Brasil precisa de uma energia e essa energia nuclear ela vai nos proporcionar essa energia, lógico que poderia ser usada outro tipo de usina, mas a usina nuclear ela vai ser algo diferente pra ser usado. Acho que ela traz uma facilidade maior pro dia-a-dia das pessoas, porque... tipo, o raio-x, eu acho que se a gente não tivesse o raio-x hoje, a gente tivesse outros problemas, isso é um avanço tecnológico, então ajuda muito pra gente saber olhar as coisas de forma diferente.”

Embora no discurso a aluna misture alguns conceitos, como o raio-x, e os ligue com os propósitos e benefícios da usina nuclear, percebe-se que a intenção desta era de expor as vantagens em investir nessa tecnologia.

O aluno V, ao falar sobre este tema discorre:

“A usina nuclear, ela funciona da seguinte maneira: o reator de Urânio, ele aquece... ele é aquecido, e produz calor, para resfriar o calor produzido pelo reator, utiliza-se água de um corpo hídrico, pode ser um rio ou um mar, essa água gera vapor, o vapor roda as turbinas e essas turbinas são conectadas a um gerador de energia, e assim gera-se energia elétrica a partir de uma usina nuclear.”

Percebe-se que V descreve com propriedade parte do funcionamento de uma usina termonuclear. Tal mecanismo havia sido explanado na aula sobre Física Nuclear e Radioatividade.

Uma das questões girava em torno da opinião dos discentes sobre a importância, para eles e para a sociedade em geral, de se estudar FMC, e outra sobre a importância de se estudarem temas tão específicos como os vistos em FMC, duas perguntas complementares. A aluna S relata:

“Acho que é a mesma coisa que eu falei no anterior, acho que é uma coisa que a gente aprendendo, a gente evolui, um entendimento maior pra gente.”

Percebe-se no discurso de S uma preocupação com a formação geral ao estudar tal área da Física. Ao ser perguntada sobre algo que a chamou atenção durante a aula anterior, ela continua: *“Foi o que o senhor tava fazendo aquelas divisões, do material acessível pra gente”*. A aluna demonstra, aqui, portanto, reconhecimento das possibilidades de aprendizado que podem ser alcançadas com o uso do referido material.

A aluna E, ao ser perguntada sobre a importância da FMC, respondeu: *“Pra entender o Universo”*. Nota-se nessa sentença um dos propósitos da Ciência em geral. A aluna discursa sobre ele, e, mesmo não tendo aulas frequentes que cumpram o papel do estudo da FMC, deixa clara essa função da ciência.

O aluno R resume sua opinião sobre o tema no discurso seguinte:

“Pra nós, assim é que você conhece mais a Física não é só a parte teórica, ninguém vê, tem que pegar o tato né, a parte tátil.”

Possivelmente, R, ao discorrer sobre a importância de estudar FMC, esteja se referindo no trecho *“...ninguém vê...”* à Física de Partículas, e quando complementa falando sobre a parte tátil, o aluno pode estar se referindo ao material tátil-visual criado para demonstrar os diferentes modelos atômicos abordados na aula. Sobre a importância de estudar temas específicos, como Bóson de Higgs e anti-matéria, ele respondeu:

“Pra gente conhecer melhor, pra gente ter uma noção mais pra frente, se você for fazer um trabalho numa faculdade aí você já faz né, você já sabe como é que funciona. As vezes quem não conhece pensa de uma maneira diferente, acha estranho né.”

A aluna M, quando responde, deixa clara sua postura reflexiva sobre a origem e evolução do Cosmos, como pode se ver:

“Eu acho que é bom pra gente saber como as coisas se formam e também, o Universo, entende? A gente vai dar uma olhada no Universo e saber como a gente chegou aqui até hoje e como a gente pode, até aonde a gente ainda pode ir.”

Esse aspecto de conhecer o mecanismo de funcionamento do Universo é citado também na fala de V:

“A importância é que um conhecimento que explica e que fala de o Universo em geral, mas como de outras coisas, que interage com outras matérias, e que não é conhecido, e que não é visto na grade curricular do Ensino Médio como deveria, ou seja, é um conhecimento que muitas vezes é esquecido de ser passado aos alunos, e não por isso, não deixa de ser um conteúdo importante, a ser aprendido para a pessoa entenda o funcionamento das coisas do Universo.”

No trecho anterior, percebe-se que o aluno promove uma reflexão acerca de como a FMC é vista por ele e seus semelhantes ao longo do EM, valorizando ainda a ligação desta com outras disciplinas, e ressaltando a importância de seu estudo.

Sobre a importância de se conhecer temas específicos, M e V respondem, respectivamente:

“Porque dessa forma, a gente vai saber da onde se forma, da onde se formou, é o Universo e da onde ele pode acabar, já que o anti... a antimatéria ela pode se juntar conosco, ela tem uma pequena possibilidade de fazer com que a gente deixe de existir e seja apenas a energia né.”

“Porque além de serem conteúdos interessantes... é... tudo isso explica o funcionamento do Universo, é algo que deve ser mostrado sim, nas aulas de Física do Ensino Médio não somente no Superior, para que as pessoas entendam como funcionam as coisas.”

O próximo tópico perguntado aos discentes referia-se a um dos conceitos abordados quando se falou do LHC na aula de Física de Partículas: qual seria a razão e o modo como os cientistas faziam as partículas colidirem entre si? Logo após essas perguntas, a opinião dos alunos sobre a importância de se estabelecer o vácuo nos tubos do colisor também foi questionada. Sobre tais questionamentos, a aluna S falou: *“Acho que é tendo força, mantendo força agindo”*, e referindo-se à importância do vácuo ela completa: *“Nessa parte aí, eu ainda tô um pouco meio que complicada ainda”*. Percebe-se que a aluna S, embora tenha assistido à aula sobre Física de Partículas, não conseguiu formular uma explicação para as questões apontadas. Sugere-se que, se de alguma maneira, for construir ou simular essa colisão em sala de aula, alunos como S sejam chamados para ajudar a desenvolver um modelo conceitual acerca dos assuntos referidos.

A aluna E, em seu discurso sobre tais questões, fala: *“Pra se formarem*

outras. E detectarem". Questionada sobre a importância do vácuo, a discente preferiu não responder, e prosseguir com a entrevista.

O aluno R, entretanto, perguntada sobre estes temas, falou: *"Pra romper uma barreira né, pra grudar, aquela quantidade de energia né, se for de uma forma mais lenta vai se aproximando. A chegada da energia"*, e sobre o questionamento acerca do vácuo, ele fala: *"Pra não dificultar muito a chegada da energia pra absorver melhor né, a absorção"*. O discente apresenta noções abordadas na aula de física nuclear acerca da fusão dos núcleos, e, quando discorre sobre o vácuo, relaciona que tal condição serve como garantia de melhor absorção da energia nas colisões. Mesmo apresentando um grau de confusão acerca de como explicitar tais fatores, o aluno com deficiência visual total R demonstrou se lembrar de conceitos discutidos nas aulas anteriores.

A aluna M, sobre essas questões, diz: *"Eles fizeram isso para que eles pudessem observar melhor os átomos e as partículas que eles possuem."* Sobre o vácuo, completa: *"Acho que pra não misturar, porque se você não retirar esse vácuo vai misturar com essas partículas que já estão no espaço."*

O último entrevistado, V, fala:

"A razão é para descobrir novas partículas, que são teorizadas mas não foram comprovadamente descobertas para que as teorias científicas se concretizem."

Sobre o vácuo, ele diz:

"É... eu acredito que o vácuo seja pra evitar a propagação de calor, a propagação da energia resultante das colisões."

Nota-se, no discurso de V, uma preocupação acerca da motivação dos cientistas de efetuarem as colisões. Sua opinião sobre o vácuo é de que este é uma salvaguarda para que a energia não se dissipe após as colisões, como ele diz, na forma de calor.

O momento seguinte questionava sobre quais eram os menores constituintes do Universo, e o que chamara mais a atenção do aluno durante a execução do projeto, porém estes questionamentos não objetivavam saber sobre o grau de memorização dos alunos sobre as inúmeras partículas, e sim detectar fatores que poderiam ser usados como temas geradores.

A aluna S optou por não responder sobre tais questões. O discurso da aluna E resumiu-se a “Átomos”, e sobre o segundo questionamento ela disse: “A parte da internet chamou atenção”. A aluna E, mesmo de forma sucinta, responde às duas perguntas, se mostrando interessada no fato explanado durante a aula sobre o surgimento da internet.

O aluno R fala:

“Tinha os ... as partículas alfa, beta, os gama... os quarks... léptons, eu acho que são os léptons. Se eu for descrever no geral, é porque assim, tem aquela parte né, que você mostrou, a parte menor né, que um tem a parte menor, os dois tem coisas menores, as partículas, mas só que tem mais ainda, é menor ainda, é menor que o tamanho do nosso dedo da mão vamos dizer assim.”

No discurso de R, nota-se que este lembrou de conceitos vistos durante os dois dias de aplicação do projeto, fato percebido quando este se recorda de alguns nomes específicos como quarks e léptons. O que chamou mais sua atenção, de acordo com sua fala, foi o tamanho destas partículas, como se percebe no trecho: “... é menor que o tamanho do nosso dedo da mão vamos dizer assim”.

A aluna M, em seu discurso, diz:

“São os estranhos, aqueles bichinhos lá né, aqueles que estão dentro dos prótons né... isso, os quarks. Os nomes chamaram atenção com certeza.”

O que a chamou atenção foram os estranhos nomes das subpartículas; nota-se que a aluna lembra que os quarks são constituintes dos prótons.

O discente V responde:

“Bem, os constituintes além dos átomos que são a menor partícula da matéria, nós vamos ter as partículas que formam os átomos que podem ser: os quarks, os léptons, os bósons, e além de outras partículas menores como por exemplo os neutrinos que estão num nível ainda menor do que o átomo e todas elas constituem o Universo.”

Percebe-se, no discurso de V, que este não enuncia algo que o chamou atenção, mas se concentra em listar as diversas partículas estudadas durante a aula. O aluno lista com precisão as partículas do Modelo Padrão, mesmo que em sua fala pareça que os neutrinos não se enquadrem nas categorias de partículas que ele citara anteriormente.

As duas últimas questões referem-se à opinião dos alunos sobre dois tópicos: primeiro, o que os mesmos entenderam por modelo e sua importância para a Ciência, e segundo, o que eles acharam do material utilizado na aplicação do projeto, suas críticas ou sugestões. A aluna S respondeu: *“Do que você amostrou pra gente né?... Acho que é um tipo de... amostra pras pessoas. De algo que eles estão usando”,* e falando sobre os materiais conclui: *“Não, assim... nada assim pra falar em relação pra melhorar em relação a algum não, os materiais que foram usados eu gostei de todos...”*.

A aluna E respondeu: *“Alguma coisa pra representar, representar um... modelo, vamos supor, um modelo de um átomo, de uma molécula, pra entendermos”*. Acerca dos materiais, ela fala: *“Foi bom, muito bom, bem útil, acho que se a maioria dos professores utilizasse isso seria bem melhor.”*

O discente R, fala: *“Modelo é uma noção de como você vai fazer uma coisa, um objeto, alguma coisa assim do tipo. Vai modelar uma massa, alguma coisa né.”* e sobre os materiais ele completa: *“Positivos todos, dá pra você ver melhor, assim né, pra pegar né, no caso da gente...”*

A aluna M, em sua fala diz:

“Modelo é algo que, é tipo uma representação universal, ou seja, eles tão presentes na maioria, não em todas com certeza, dos átomos das coisas, acho que é importante porque daí, a gente vai saber diferenciar as coisas, tipo um átomo, um átomo é constituído disso, e disso e disso, agora, a partícula ou outro tipo de átomo vamos dizer, a gente pode não ter as mesmas características, podem ter características iguais, mas de formas diferentes, em lugares diferentes, posições diferentes.”

E sobre os materiais, ela discursa:

“Acho que podia perceber o rosa né, não lembro o nome mais. Acho que são bons né, estão bem desenhados conforme as imagens foram dadas pra gente, eu acho... só achei um pequeno detalhe, que eu achei que eles passassem mais tempo com aquilo, tentassem descobrir sozinhos, aberto sozinhos sabe, só isso.”

Observa-se que a aluna sugere que os discentes com deficiência visual deveriam ter passado mais tempo com os materiais, manipulando-os, o que condiz

com o exposto do trecho retirado da obra de Ochaita e Rosa (1995), apud Azevedo e Santos (2014), citado anteriormente, que diz que a carga de memória exigida é maior, ou seja, leva um tempo maior.

O aluno V, sobre a ideia de modelo:

“Modelo é uma forma geral para você explicar algo, e o modelo ele tem uma importância de você mostrar para as pessoas é... a estrutura de algo, como por exemplo o átomo, para que seja mais fácil, de uma pessoa leiga entender sobre o assunto.”

Sobre os materiais, ele responde:

“Os materiais adaptados são uma inovação, algo muito bom, porque essas pessoas com deficiência visual, as vezes, muitas vezes, não tem condições de entenderem um conteúdo complexo porque elas não conseguem, só pela fala entender como isso funciona, então o material ele dá oportunidade dessa pessoa entender como é um modelo atômico, como é algo que é falado mas que não é mostrado pra essa pessoa e inclusive deve ser levado à outras matérias também que mexem com esse tipo de coisa, como por exemplo, a outras áreas da Física, Química, Biologia, Geografia, que são matérias que tem um conteúdo a ser mostrado e pode ser sim, adaptado pra mostrar isso pra pessoas com necessidades especiais.”

Observa-se, na fala de V, uma reflexão acerca da importância da produção e utilização de materiais adaptados para pessoas com necessidades especiais. O aluno mostra uma preocupação acerca das outras áreas do conhecimento que também devem ser contempladas com esta metodologia.

Analisando os discursos dos alunos sobre a ideia de modelo, pode-se perceber que os mesmos encaram modelo como um modo de informar sobre determinado assunto, ou seja, algo que ajuda no entendimento de determinado assunto, sendo assim essencial no processo ensino-aprendizagem. E sobre os materiais adaptados, as respostas foram positivas, com sugestões para abordagens em diferentes áreas, e de metodologia, como sugerido por M, para otimizar ainda mais o processo de construção da imagem tátil para os alunos com deficiência visual.

O uso de materiais táteis-visuais é uma questão de adaptação, necessária para aqueles profissionais que se encontram em uma realidade inclusiva.

Analisando os discursos de alguns alunos envolvidos na aula de aplicação do material, percebe-se que estes promovem uma maior interação entre os alunos e seu objeto de estudo, permitindo novas possibilidades na aquisição e construção de novos conhecimentos.

Durante a realização da primeira atividade, na qual culminou em uma discussão entre os grupos formados sobre a instação da usina, percebeu-se que os alunos com deficiência visual manipularam os materiais durante as aulas enquanto se reuniam para aguardar o início do debate. Os discentes debateram com os colegas, onde cada um manteve seu posicionamento, percebendo-se assim um diálogo em que se respeitaram as diferenças e se promoveu uma reflexão sobre vários aspectos do tema estudado.

Ao refletir sobre a postura dos alunos durante o projeto, a justificativa de se incentivar o processo de inclusão é reforçada, pois quando os discentes puderam perceber um material feito para ambos os públicos-alvo, este os despertou um grau de curiosidade que os permitiu interagir ao tentar entender o que estava sendo exposto no mesmo. Até mesmo na atividade de debate, onde nenhum material foi utilizado, ao se promover a troca de ideias entre os grupos percebe-se que os alunos com deficiência visual interagiram e mantiveram uma identidade em suas falas, não se sentindo excluídos ou limitados na atividade.

5. CONCLUSÕES

A abordagem de temas de FMC durante a aplicação do projeto mostrou-se uma ferramenta útil ao tratar de questões inerentes ao cotidiano dos envolvidos, às novas tecnologias das quais a sociedade possa vir a se beneficiar, e como forma de despertar a curiosidade dos alunos sobre a Física e a Ciência em geral. O uso de uma metodologia baseada em CTS aliada a uma abordagem HFC auxiliou o processo de humanização e aproximação da teoria à experiência reflexiva e diária dos envolvidos na aplicação do projeto. Observou-se que muitos alunos participantes deste projeto mostraram interesse sobre os temas abordados, Física Nuclear e de Partículas.

Conclui-se, ainda, que o uso de uma abordagem diferenciada, onde o docente busque contemplar os alunos videntes e os que possuem deficiência visual é de grande valia para o desenvolvimento de uma postura inclusiva em sua aula, embora este seja um enorme desafio. Utilizar ou não esta metodologia é uma reflexão indispensável nos dias atuais.

Analisando-se também o comportamento dos estudantes ante a presença de alunos com deficiência visual na sala de aula, nota-se que os alunos videntes sentem-se dispostos a auxiliar os colegas que apresentam necessidades especiais, seja guiando-os pelo espaço material do ambiente ou ajudando-os a entender o material tátil-visual que manipulavam, promovendo uma interação entre os alunos, que de acordo com Vygostsky é benéfica para ambos.

Observa-se nos trechos citados dos discursos dos alunos certo grau de confusão, tanto para alunos videntes como para alunos com deficiência visual; considera-se, porém, que o projeto serviu como ponte para unir parte do conhecimento prévio dos mesmos sobre os temas apresentados às novas informações, modificando e até mesmo substituindo concepções sobre os temas.

O ensino de Física está longe de ser o ideal em nossas escolas, mas espera-se que os docentes envolvidos no cotidiano escolar, tenham sempre ideias e disposição para colocá-las em prática. Espera-se que, com a sugestão da abordagem utilizada no projeto, o ensino torne-se mais atrativo e mais recompensador para todos os participantes do processo ensino-aprendizagem.

Com os dados reais do aumento das matrículas de alunos com deficiência visual, espera-se que os profissionais da Educação como um todo se adaptem às situações que possam vir a contemplar em sua rotina escolar, pois com esses dados estima-se que cada vez mais professores irão se deparar com esta realidade. Espera-se que ao se encontrar frente a uma realidade onde há presença de alunos com necessidades especiais, os docentes venham a mudar o quadro de acomodação e insegurança e passem a investir na busca por alternativas aos problemas encontrados, permitindo que cada vez menos alunos se sintam marginalizados durante as aulas, sejam eles deficientes visuais ou não; ao fazê-lo, acredita-se que o docente irá aperfeiçoar-se como profissional e como um ser cívico inserido em uma sociedade multifacetada, onde as diferenças são o padrão. Espera-se que, quando o professor aprenda a aceitar e compreender as diferenças, seus alunos, a comunidade escolar e toda a sociedade façam o mesmo.

Busca-se com este projeto não fornecer um método infalível para ministrar tais conteúdos e nem a aplicação de uma melhor metodologia inclusiva, mas sim uma reflexão e uma sugestão de como tais temas podem ser trabalhados em sala de aula. Acredita-se que a Ciência evolui em forma de contribuição coletiva, e espera-se que este trabalho sirva para este escopo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. R. V.; MACIEL FILHO, P. R. P.; CAMARGO, E. P.; NARDI, R. **Ensino de óptica para alunos com deficiência visual: análise de concepções alternativas.** V ENPEC – V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, 2005.

ARTUSO, Alysson Ramos. **O uso da hipermídia no ensino de Física: possibilidades de uma aprendizagem significativa.** 2006. Dissertação (Mestrado em Educação) - Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

AZEVEDO, A. C.; SANTOS, A. C. F. Ciclos de aprendizagem no ensino de física para deficientes visuais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, 2014.

BALTHAZAR, W. F. **Partículas elementares no ensino médio: uma abordagem a partir do LHC.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Programa Pós-Graduação Stricto Sensu em ensino de ciências do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. Nilópolis. 2008.

BALTHAZAR, W. F.; OLIVEIRA, A. L. **Partículas Elementares no Ensino Médio: uma abordagem a partir do LHC.** São Paulo: Editora Livraria da Física, Rio de Janeiro : CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Física, 2010.

BAZON, F. V. M. B. **Escolarização de alunos com deficiência visual: elaboração e utilização de materiais didáticos como recursos pedagógicos inclusivos.** XVI ENDIPE - Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino - UNICAMP - Campinas – 2012.

BIANCHETTI, L.; DA ROS, S. Z.; DEITOS, T. P. As novas tecnologias, a cegueira e o processo de compensação social em Vygotsky. **Revista Ponto de Vista**, vol. 2, n. 2, 2000.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.** Lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília, Brasil.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretária da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: Ministério da Educação, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretária da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio.** Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretária da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.** Brasília: Ministério da Educação, 1999a.

CAMARGO, E. P. É possível ensinar física para alunos cegos ou com pouca visão? Proposta de atividades de ensino de física que enfocam o conceito de aceleração. **Revista Física na Escola**, v. 8, n. 1, 2007.

CAMARGO, E. P. **Ensino de óptica para alunos cegos: possibilidades**. Curitiba: CRV, 2011.

CAMARGO, E. P. et al. **Ensino de Física e deficiência visual: diretrizes para a implantação de uma nova linha de pesquisa**. XVIII SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física, Vitória. 2009.

CAMARGO, E. P. **O ensino de Física no contexto da deficiência visual: elaboração e condução de atividades de ensino de Física para alunos cegos e com baixa visão**. 2005. 272f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

CAMARGO, E. P. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física**. São Paulo. Editora Unesp. 2012.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. Ensino de conceitos físicos de terminologia para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas encontradas por licenciandos para o planejamento de atividades. **Revista Brasileira de Educação Especial**, vol. 12, n. 2, pág. 149-168, 2006.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. Planejamento de atividades de ensino de Física para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas. REEC. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, vol. 6, pág. 378-401, 2007.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R., FILHO, P. R. P. M., ALMEIDA, D. R. V. Como ensinar óptica para alunos cegos e com baixa visão? **Revista Física na Escola**, v. 9, n. 1, 2008.

CAMARGO, E. P.; NARDI, R.; VERASZTO, E. V. **A comunicação como barreira à inclusão de alunos com deficiência visual em aulas de óptica**. Revista Brasileira de Ensino de Física. Vol. 30. N. 3. 2008.

CAMARGO, E. P.; SILVA, D. O ensino de Física no contexto da deficiência visual: análise de uma atividade estruturada sobre um evento sonoro : posição de encontro de dois móveis. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 12, n. 2, maio/ago. 2006.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social**. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Programa de Pós-Graduação em Educação. Revista Brasileira de Educação. 2002.

COSTA, J. J. L.; QUEIROZ, J. O.; FURTADO, W. W. **Ensino de física para deficientes visuais: métodos e materiais utilizados na mudança de referencial observacional**. In: VIII Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências, 2011.

COSTA, L. G.; NEVES, M. C. D.; BARONE, D. A. C. O ensino de física para deficientes visuais a partir de uma perspectiva fenomenológica. **Revista Ciência & Educação**, v. 12, n. 2, pág. 143-153, 2006.

COSTA, V. B. **Inclusão escolar do deficiente visual no ensino regular**. Jundiaí, Paco Editorial, 2012.

DOMINGUINI, L.; MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L. **Novas abordagens do conteúdo Física Moderna no Ensino Médio público do Brasil**. 2012. Disponível em:<> Acesso em 04 de julho de 2016.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física 4: óptica e física moderna**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWITT, P. G. **Fundamentos de física conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2009.

JEWETT JR., J. W., SERWAY, R. A. **Física para cientistas e engenheiros: Luz, Óptica e Física Moderna**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

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

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v.14, n.1, 2000, p. 85-93.

LABURÚ, C. E.; ZOMPERO, A. F.; BARROS, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências. Universidade Federal de Santa Catarina. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol. 30, n. 1, 2013.

LEODORO, M. P.; BALKINS, M. A. A. S. **Problematizar e participar: elaboração do produto educacional no mestrado profissional em ensino**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UFTPR. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia – PPGECT. II Simpósio Nacional de Ciência e Tecnologia. 2010.

LIMA, M. C. B.; CASTRO, G. F. Formação inicial de professores de física: a questão da inclusão de alunos com deficiência visual no ensino regular. **Revista Ciência & Educação**, vol. 18, n. 1, pág. 81-98, 2012.

LIPPE, E. M. O.; CAMARGO, E. P. **Análise da formação inicial de professor de ciências e biologia frente ao desafio da inclusão escolar: uma questão curricular**. II Congresso Brasileiro de Educação. Bauru: Unesp, 2009. v.1. p.1 – 12.

LOCH, J.; GARCIA, N. M. D. **Física Moderna e contemporânea na sala de aula do Ensino Médio**. 2009.

MACHADO, A. C. S. **Ensino de Física para deficientes visuais: uma revisão a partir de trabalhos em eventos**. Universidade Católica de Brasília. Pró-Reitoria de Graduação. Curso de Física. Trabalho de Conclusão de Curso. 2010.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? Por quê? Como fazer?** São Paulo. Editora Summus. 2015.

MATTHEWS, M. R. História e Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3. pág. 164-214, 1995.

MENEGOTTO, J. C.; FILHO, J. B. R. Atitudes de estudantes do Ensino Médio em relação à Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 7 N° 2, 2008.

MINETTO, M. F. **Currículo na educação inclusiva: entendendo esse desafio**. Curitiba: Editora intersaberes. 2012.

MIRANDA, Arlete Aparecida Bertoldo. **A prática pedagógica do professor de alunos com deficiência mental**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2003.

MONTEIRO, A. P. H.; MANZINI, E. J. Mudanças nas concepções do professor do ensino fundamental em relação à inclusão após a entrada de alunos com deficiência em sua classe. **Revista Brasileira de Educação Especial**. v. 14. n. 1. 2008.

MORAIS, A.; GUERRA, A. História e Filosofia da Ciência: Caminhos para a inserção de temas Física moderna no estudo de energia na primeira série do ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1. 2013.

MOREIRA, M. A. **Física de partículas: uma abordagem conceitual & epistemológica**. São Paulo. Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. O modelo padrão da física de partículas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, 2009.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OSTERMANN F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física moderna e contemporânea no Ensino Médio". **Investigações em Ensino de Ciências** – V5 (1), pp. 23-48, 2000.

OSTERMANN, F. Um Texto para Professores do Ensino Médio sobre Partículas Elementares. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 21, n. 3, 1999.

PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F.; TORT, A. C. O átomo de Bohr no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014.

PENA, F. L. A. Por que, nós professores de Física do Ensino Médio, devemos inserir tópicos e ideias de Física Moderna e Contemporânea na sala de aula? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, 2006.

PEREIRA, D. R. O.; AGUIAR, O. Ensino de Física no Nível Médio: tópicos de Física Moderna e experimentação. **Revista Ponto de Vista**, vol. 3. 2002. Disponível em <<http://www.coluni.ufv.br/revista-antiga/docs/volume03/ensinoFisica.pdf>> Acesso em 4 de julho de 2016.

PERUZZO, J.; POTKER, W. E.; PRADO, T. G. **Física moderna e contemporânea: das teorias quânticas e relativísticas às fronteiras da física: volume 2**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

PUPO, P. D. et al. **Materiais e referencial teórico para o ensino de física moderna para alunos com e sem deficiência visual**. XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2011 – Manaus, AM, 2011.

RAMOS, L. C.; SÁ, L. P. A alfabetização científica na educação de jovens e adultos em atividades baseadas no programa “mão na massa”. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. Vol. 15. n. 2. pág. 123-140. 2013. Disponível em: <> Acesso em 4 de julho de 2016.

ROCHA, J. F. M.; FREIRE, O.; CARVALHO, R. A. **Revelando o caráter determinístico da mecânica newtoniana** – uma ponte para o ensino de física moderna no ensino médio. Ideação, Feira de Santana, n.3, p.51-68, jan./jun. 1999.

RODRIGUES, C. M.; SAUERWEIN, I. P. S.; SAUERWEIN, S. A. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014.

ROONEY, A. **A história da física**. São Paulo, M.books do Brasil Editora Ltda, 2013.

SÁ, E. D.; CAMPOS, I. M.; SILVA, M. B. C. **Atendimento Educacional Especializado: Deficiência Visual**. Gráfica e Editora Cromos: Brasília, 2007.

SANTOS, M. P. Educação inclusiva: redefinindo a educação especial. **Revista Ponto de Vista**, Florianópolis, n. 3/4, p. 103-118, 2002.

SARAIVA, J. F.; LEVANDOSKI, G. Adversidades encontradas pelos profissionais da educação frente aos alunos com deficiência visual. **REVASF**, Petrolina, PE, vol. 5, n. 7, p. 47-58, mar. 2015.

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

SORPRESO, T. P.; ALMEIDA, M. J. P. M. Discursos de licenciandos em Física sobre a questão nuclear no ensino médio: foco na abordagem histórica. **Revista Ciência e Educação**, v. 16, n. 1, p. 37-60, 2010.

SOUZA, M. M., COSTA, M. P. R., STUDART, N. Tecnologia para o ensino de eletrodinâmica para o aluno cego. **Revista Física na Escola**, v. 9, n. 2. 2008.

STAINBACK, S. e STAINBACK, W. **Inclusão: um guia para educadores**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

TERRAZZAN, E. A. A inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol. 9, n. 3. Florianópolis, 1992.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física**, vol. 3, 5ª-ed., LTC, 2006.

UNESCO. **A Declaração De Salamanca Sobre Princípios, Política E Prática Em Educação Especial**. Unesco, 1994. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/salamanca.pdf>> Acesso em 04 de julho de 2016.

UNESCO. Ministry of Education and Science of Spain. Final Report: **World Conference on Special Needs Education: Access and Quality**. Salamanca: UNESCO, 1994.

VIVEIROS, E. R.; CAMARGO, E. P. **Ensino de Ciências num ambiente inclusivo: pressupostos didáticos e metodológicos**. 2006. Disponível em: > Acesso em 04 de julho de 2016.

ANEXO - TEXTO ADAPTADO, EXTRAÍDO DE BALTHAZAR (2008):

O LHC

O Large Hadron Collider (LHC) é um instrumento científico gigantesco perto de Genebra, na fronteira entre a Suíça e a França cerca de 100 metros abaixo do solo. É um acelerador de partículas usado por físicos para estudar as menores partículas conhecidas - os alicerces fundamentais de todas as coisas. Ele visa revolucionar profundamente o nosso entendimento do mundo microscópico, partindo de dentro dos átomos para a vastidão do Universo.

O LHC, o maior e mais poderoso acelerador de partículas, é o maior aparato experimental já construído pela humanidade, tudo isso se localiza no complexo do CERN. Ele consiste, principalmente, em um anel de 27 km, com ímãs supercondutores em número suficiente para acelerar estruturas, aumentando a energia das partículas ao longo do caminho.

Dois feixes de partículas subatômicas chamado “hádrons” - que levam prótons ou íons - vão viajar em sentidos opostos dentro do acelerador circular, ganhando energia em cada volta. Físicos usarão o LHC para recriar as condições logo após o Big Bang, fazendo colidir de cabeça dois feixes sobre a alta-energia. As equipes de físicos de todo o mundo vão analisar as partículas criadas nas colisões utilizando detectores especiais em uma série de experimentos dedicados ao LHC.

Muitas teorias sobre que resultado teremos destas colisões, mas o que é certo, é que um admirável mundo novo da física vá surgir a partir deste acelerador, um conhecimento em física de partículas que vai descrever o funcionamento do Universo.

Durante décadas, o Modelo Padrão da física das partículas tem servido aos físicos como um meio de compreensão das leis fundamentais da natureza, mas ele não conta toda história. Apenas os dados experimentais, utilizando as maiores energias alcançadas pelo LHC, podem transmitir conhecimentos, desafiando aqueles que buscam a confirmação do conhecimento estabelecido, e aqueles que se atrevem a sonhar para além do paradigma

(CERN, The Large Hadron Collider)

No interior do acelerador, dois feixes de partículas viajam perto da velocidade da luz com energias muito elevadas antes de colidir com um outro. Os feixes viajam em direções opostas, separados por tubos - dois tubos mantidos em ultravácuo. Eles

são guiados ao redor do acelerador circular por um forte campo magnético, obtido através de eletroímãs supercondutores. Estes são construídos a partir de bobinas de cabos elétricos especiais que operam em um estado supercondutor, com uma eficiente condução elétrica, sem resistência e perdas de energia. Isto requer que os ímãs sejam refrigerados a cerca de $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$ (buscando atingir a menor temperatura possível!) Por esta razão, grande parte do acelerador é conectado a um sistema de distribuição de hélio líquido, que resfria os ímãs, e também, fornece outros serviços. Milhares de ímãs de diferentes variedades e tamanhos, são utilizados para orientar os feixes em torno do acelerador. Estes incluem dipolos de 1232 ímãs com 15 m de comprimento, que são utilizadas para curvar os feixes, e 392 quadrupolos magnéticos, cada 5-7 m de comprimento, para concentrar os feixes. Pouco antes de colisão, um outro tipo de ímã é usado para um "aperto", aproximando as partículas e aumentando as chances de colisões. As partículas são tão pequenas que a tarefa de torná-las colidir assemelha-se a disparar agulhas de duas posições, distantes 10 km uma da outra, com tal precisão que se encontrem na metade do caminho.

Por que o LHC?

Algumas perguntas sem respostas...

O LHC foi construído para ajudar cientistas a responder questões não resolvidas na física das partículas fundamentais. A energia sem precedentes que atinge, pode revelar alguns resultados inesperados, que ainda não tenham sido pensados!

Durante as últimas décadas, físicos têm sido capazes de descrever com incríveis detalhes as partículas fundamentais que compõem o universo e as interações entre eles.

Esta teoria faz parte do Modelo Padrão da física das partículas, mas contém lacunas e não pode nos contar a história toda. Para complementar o conhecimento até agora acumulado, necessita-se ainda de mais dados experimentais.

Newton negócios inacabados...

O que é massa?

Qual é a origem da massa? Porque é que pequenas partículas pesam determinado valor, o que acontece? Por que é que algumas partículas não têm massa como todas?

Atualmente, não existem respostas definitivas para estas perguntas estabelecidas. A

explicação mais provável pode ser encontrada no bóson Higgs, a chave recém-descoberta, uma partícula fundamental para o funcionamento do modelo padrão. Proposto primeiramente em 1964, observado em 2013 no LHC.

Os laboratórios ATLAS e CMS ajudaram a procurar sinais desta esquiva partícula.

Um problema invisível...

De que 96% do universo é feito?

Tudo que vemos no universo, a partir de uma formiga para uma galáxia, é constituído por partículas elementares. Estas são o que nos coletivamente nos referimos como matéria, formando 4% do Universo. Acredita-se que matéria escura e a energia escura compõem o restante do percentual, mas são extremamente difíceis de detectar e de estudar, exceto através das forças gravitacionais que exercem. Investigar a natureza da matéria escura e a energia escura é um dos maiores desafios hoje nos campos da física das partículas e cosmologia.

Os experimentos em ATLAS e CMS vão procurar partículas supersimétricas para testar uma hipótese provável para a composição de matéria escura.

Favoritismo da Natureza...

Por que não há mais antimatéria?

Vivemos em um mundo de matéria - tudo no Universo, incluindo nós mesmos, é feito de matéria. Antimatéria é como uma versão gêmea do assunto, mas com carga elétrica oposta. No nascimento do Universo, quantidades iguais de matéria e antimatéria deveriam ter sido produzidos no Big Bang. Mas quando o assunto é antimatéria, reunir partículas, significa aniquilar umas as outras, transformando em energia. De alguma forma, uma pequena fração da matéria deve ter sobrevivido para formar o Universo em que vivemos hoje, com quase nenhuma antimatéria. Porque é que a Natureza parece ter esse viés para a matéria sobre antimatéria?

O experimento LHCb será olhando para as diferenças entre matéria e antimatéria, para ajudar a responder esta pergunta. Em experimentos anteriores, já foi observada uma pequena diferença comportamental, mas o que foi visto até agora quase não é suficiente para resolver o aparente desequilíbrio entre matéria e antimatéria no Universo.

Segredos do Big Bang

O que era matéria dentro do primeiro no primeiro segundo de vida do universo?

Matéria, de que tudo no universo é feito, acredita-se que tenha se originado de um denso e quente coquetel de partículas fundamentais. Hoje, a matéria comum do Universo é feita de átomos, que contêm um núcleo composto de prótons e nêutrons, que por sua vez são feitos de quarks, ligados por outras partículas, chamadas glúons. A ligação entre os quarks é muito forte, mas muito cedo, as condições do Universo teriam sido muito quente e com energia suficiente para os glúons manterem os quarks juntos. Em vez disso, parece provável que, durante os primeiros microssegundos após o Big Bang o Universo teria contido uma mistura muito quente e densa de quarks e glúons chamado quark-glúon plasma.

A experiência será utilizar o ALICE do LHC para recriar condições semelhantes às observadas logo após o Big Bang, em especial para analisar as propriedades do quark-glúon plasma.

APÊNDICE – PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MNPEF - MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA



PRODUTO EDUCACIONAL

**KITS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA PARA
ALUNOS COM DEFICIÊNCIA VISUAL**

Bruno Eron Magalhães de Souza

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MNPEF - MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

BRUNO ERON MAGALHÃES DE SOUZA

PRODUTO EDUCACIONAL

KITS PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA SOB UMA
ÓTICA INCLUSIVA

Produto educacional apresentado no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física – Pós-Graduação Stricto Sensu, Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Araújo Silva.

Fortaleza

2016

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	107
INTRODUÇÃO	108
1. CONJUNTO DE MODELOS ATÔMICOS	110
1.1.1. Modelo de Dalton.....	111
1.1.2. Materiais Utilizados.....	111
1.1.3. Passo a passo	111
1.2.1. Modelo de Thomson	112
1.2.2. Materiais Utilizados.....	112
1.2.3. Passo a passo	112
1.3.1. Modelo de Rutherford	113
1.3.2. Materiais Utilizados.....	113
1.3.3. Passo a passo	114
1.4.1. Modelo de Schrodinger.....	115
1.4.2. Materiais Utilizados.....	115
1.4.3. Passo a passo	116
2. CONJUNTO DE FÍSICA NUCLEAR	117
2.1.1. Modelo de Fissão Nuclear.....	117
2.1.2. Materiais Utilizados.....	117
2.1.3. Passo a passo	117
2.2.1. Modelo de Fusão Nuclear.....	119
2.2.2. Materiais Utilizados.....	119
2.2.3. Passo a passo	119

APRESENTAÇÃO

Caro(a) professor(a),

O presente produto educacional foi elaborado baseado em reflexões acerca de dificuldades observadas em sala de aula quando da tentativa de abordar temas de Física Moderna e Contemporânea em um ambiente com a presença de alunos com deficiência visual.

Os temas abordados no projeto que originou este produto mostraram despertar interesse dos alunos por esta área da Ciência, bem como questões pertinentes sobre tais temáticas no desenrolar da aplicação do projeto.

Espera-se que as atividades e materiais sugeridos aqui possam colaborar de alguma forma com o seu trabalho educacional, ressaltando a importância da reflexão acerca dos materiais e de sua própria realidade escolar, incentivando a adaptação e modificação, se necessárias, do material inteiro ou de parte dele.

Estima-se que ao demonstrar este interesse em se apropriar de outros meios de otimizar o processo ensino-aprendizagem, aprendamos nesta caminhada e despertemos em nossos alunos o mesmo sentimento.

Todo o material é liberado para utilização e reprodução parcial ou total contanto que a fonte seja citada. Espero que este material possa ser útil e que venha a ser modificado e melhorado no futuro.

O autor.

INTRODUÇÃO

Prezado professor, o material aqui apresentado é o Produto Educacional que se originou da aplicação da Dissertação do Mestrado Profissional em Ensino de Física: “Uma proposta de ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea para alunos com e sem deficiência visual”. Tais materiais foram desenvolvidos em uma tentativa de minimizar as dificuldades encontradas pelo professor e pelos alunos com deficiência visual durante as aulas de Física.

A temática FMC foi escolhida por ser uma área dinâmica e ainda em desenvolvimento. Analisando o questionamento da importância do estudo dessa área da Física, buscou-se desenvolver materiais que contemplassem alunos com e sem deficiência visual, e elaborar este produto com base na importância que o mesmo pode ter para outros profissionais em sua rotina diária. Sobre a pesquisa que deve ser desenvolvida nos mestrados profissionais, Moreira (2004 apud Leodoro & Balkins, 2010) diz:

(...) aplicada, descrevendo o desenvolvimento de processos ou produtos de natureza educacional, visando à melhoria do ensino na área específica, sugerindo-se fortemente que, em forma e conteúdo, este trabalho se constitua em material que possa ser utilizado por outros profissionais (p. 3)

Portanto, este material visa fazer parte dessa utilização geral sugerida pelo autor supracitado, esperando-se que cada vez mais se desenvolvam reflexões sobre novas metodologias e sua aplicação no cotidiano escolar.

Ainda no trabalho de Leodoro e Balkins (2010), é levantada a questão sobre a regulamentação dos mestrados profissionais pelo Ministério da Educação, através da portaria normativa n. 7 de 2009, que esclarece sobre as finalidades do trabalho de conclusão final deste tipo de mestrado:

poderá ser apresentado em diferentes formatos, tais como dissertação, revisão sistemática e aprofundada da literatura, artigo, patente, registros de propriedade intelectual, projetos técnicos, publicações tecnológicas; desenvolvimento de aplicativos, de materiais didáticos e instrucionais e de produtos, processos e técnicas; produção de programas de mídia, editoria, composições, concertos, relatórios finais de pesquisa, softwares, estudos de caso, relatório técnico com regras de sigilo, manual de operação técnica protocolo experimental ou de aplicação em serviços, proposta de intervenção em procedimentos clínicos ou de serviço pertinente, projeto de

aplicação ou adequação tecnológica, protótipos para desenvolvimento ou produção de instrumentos, equipamentos e kits, projetos de inovação tecnológica, produção artística; sem prejuízo de outros formatos, de acordo com a natureza da área e a finalidade do curso, desde que previamente propostos e aprovados pela CAPES (DOU, 23/06/2009)

Observa-se nas disposições desta portaria que são várias as opções para os mestrandos, com a finalidade de facilitar a apropriação e utilização posterior por outros profissionais.

Neste trabalho, são apresentados 2 conjuntos de modelos que representam o Produto Educacional, um sobre Física Nuclear e Radioatividade e outro sobre Física de Partículas. Cabe ao docente manipular e modificar tais conjuntos de acordo com as viabilidades e dificuldades encontradas em seu ambiente escolar. As opções de metodologia sugeridas e utilizadas no projeto para enriquecer a aula são um enfoque CTS e HFC, e são apenas sugestões de como abordar tais temas: o professor deve avaliar se utilizará ou não tais abordagens.

Caso queira, o professor pode fazer uma consulta à Dissertação para uma leitura sobre os conteúdos abordados de FMC. Todo o material foi desenvolvido visando despertar uma curiosidade sobre os temas, aumentando o interesse dos alunos pela Física e pela Ciência em geral.

A seguir, os conjuntos:

1. Conjunto de Modelos atômicos.



Figura 8 – Kit de modelos atômicos. Fonte: o autor.

Nesta seção, vamos descrever os modelos atômicos e como fabricá-los com materiais táteis-visuais para o ensino de alunos com deficiência visual. No que segue, apresentamos uma lista de materiais utilizados e como construí-los.

Sugere-se que tais temas sejam abordados intercalando-se a algum conceito de Física Clássica, o presente conjunto foi aplicado em sequência à aula introdutória sobre eletrostática, a fim de explorar mais o átomo e a história por trás dos modelos atômicos.

1.1. Modelo de Dalton



Figura 9 – Modelo de Dalton. Fonte: o autor.

1.1.1. Materiais utilizados

- 1 esfera oca de isopor grande.
- 1 esfera oca de isopor média.
- 4 esferas de isopor pequenas.
- 1 tubo de tinta para artesanato.
- 1 pincel.

1.1.2. Passo a passo

A ideia inicial era usar um brinquedo chamado *matrioska*, conhecido também como boneca russa. Optou-se por usar esferas de isopor a fim de padronizar um pouco mais os modelos.

As esferas pequenas são maciças e as outras são ocas, permitindo assim que sejam colocadas umas dentro das outras. A ideia é que o aluno possa manipular e partir do maior para a menor, abrindo-as, acompanhando uma sequência de duas

divisões.

As esferas deste modelo foram todas pintadas da mesma coloração para chamar atenção dos alunos videntes. Não houve diferenciação tátil para auxiliar no processo de assimilação do modelo, no qual foi explicado que a bola de isopor nada mais era do que a união de várias esferas menores, e iguais.

1.2. Modelo de Thomson



Figura 10 - Esfera pintada e colada (modelo de Thomson). Fonte: o autor.

1.2.1. Materiais utilizados

- 1 esfera de isopor média (oca ou maciça).
- 1 conjunto de alfinetes de cabeça colorida (todos da mesma cor).
- 1 tubo de cola de isopor.
- 1 tubo de tinta de artesanato.
- 1 pincel.

1.2.2. Passo a passo

Primeiramente, a esfera é vedada com o uso da cola de isopor (caso seja oca), reforçando a ideia da partícula elementar e diferenciando do primeiro modelo; aqui, não houve divisões. Depois ela foi pintada com o uso do pincel e da tinta. No uso do projeto foi utilizada uma tinta verde para auxiliar na diferenciação do modelo anterior; logo após a secagem da tinta, utilizaram-se os alfinetes. Recomenda-se usar alfinetes coloridos com uma tonalidade bem diferente da tinta utilizada na bola para ajudar a visualização das cargas negativas, as “passas” do pudim.

1.3. Modelo de Rutherford-Bohr



Figura 11- Modelo em folhas. Fonte: o autor.

1.3.1. Materiais utilizados

- 2 esferas ocas de isopor médias.
- 6 esferas de isopor pequenas.

- 1 folha de papel 40 kg.
- 2 folhas de E.V.A. (cores diferentes).
- 1 tesoura.
- 4 tubos de tinta para artesanato (cores diferentes).
- 1 tubo de cola de isopor.
- 1 tubo de cola em relevo.
- 6 palitos de dente.
- 1 pincel.

1.3.2. Passo a passo

O modelo foi construído com o auxílio de uma impressora *braille*, ou de reglete (material específico para escrever em *braille*), quando se escreveram, em *braille*, os dizeres na folha de 40 kg: “Modelo de Rutherford-Bohr”, “Camadas Eletrônicas” e “Núcleo” em locais específicos: o nome do modelo no topo da folha, os dizeres “camadas eletrônicas” mais abaixo, na lateral, e a palavra “núcleo” um pouco abaixo do centro da folha. No projeto, foi utilizada uma impressora *braille* para tanto. Logo depois, com a tesoura, recortaram-se pedaços de E.V.A. circulares de duas cores, 6 de cada cor, para simbolizar os núcleons do átomo de carbono. Estes círculos foram fixadas no centro da folha com a cola de isopor. Depois, usou-se a cola em relevo para representar as camadas eletrônicas e os elétrons, ligando-os aos dizeres “Camadas Eletrônicas”, como visto na figura 11 anteriormente.

Para a diferenciação entre os núcleons, escolheu-se uma das cores e com o pincel reforçou-se a sua pintura. Enquanto a tinta estava fresca uma pequena quantidade de areia foi utilizada para cobrir tais esferas; ao secar a tinta, a areia aderiu à mesma proporcionando a diferenciação desejada.

As duas esferas médias foram pintadas com as cores semelhantes às dos núcleons escolhidos e coladas na folha de 40 kg. Não se deve colar tais esferas, após pintá-las.

Após esse momento, foi montado um modelo de representação da estrutura dos *quarks*. Assim foram montados os trios de *quarks* que se encontrariam dentro

das duas esferas médias que representaram os diferentes núcleons da folha 40 kg. Foram pintadas as esferas pequenas com duas cores diferentes tanto dos círculos de E.V.A. como das médias (núcleons). Essas menores representaram os *quarks up* e *down*. Para representar a diferença entre eles, foi feita a diferenciação tátil utilizando areia enquanto pintaram-se as esferas, assim como explicitado no trecho anterior. Os palitos de dente representaram os glúons; uniram-se os *quarks* com eles e fixaram-se utilizando a cola de isopor. Estes dois conjuntos de 03 esferas pequenas foram colocados no interior das esferas médias, como pode ser visto na figura 12, a seguir:



Figura 12 - Núcleons. Fonte: o autor.

1.4. Modelo de Schrödinger

1.4.1. Materiais utilizados

- 1 folha de papel 40 kg.
- 1 pacote de algodão (100g).
- 2 folhas de E.V.A. (usadas no modelo Rutherford-Bohr)

- 1 tubo de cola de isopor.
- 1 tesoura.

1.4.2. Passo a passo

Após o modelo de Rutherford-Bohr, na aplicação do projeto apresentou-se o material tátil que representou o modelo de Schrödinger, entrando no campo da Física Quântica. O desafio deste modelo foi: como representar as incertezas associadas às partículas através de um modelo tátil? Optou-se por utilizar não a possibilidade de os alunos tocarem os elétrons e sim, a de sentirem a densidade de probabilidade de encontrá-lo ao redor do núcleo.

A montagem inicial seguiu a do modelo anterior, escrevendo-se em *braille*, e colando-se os círculos de E.V.A., que representam o núcleo no centro da folha.

Agora, com o algodão, foram construídos círculos concêntricos sobrepostos de espessuras variáveis ao redor do núcleo. Os círculos devem ser mais densos próximos do centro. Usou-se cola de isopor para colar o algodão na folha. A densidade de probabilidade foi representada pela concentração de algodão ao redor do núcleo. O modelo utilizado no projeto pode ser visto na figura 13, a seguir.



Figura 13 – Comparação modelos Rutherford-Bohr e Schrodinger. Fonte: o autor.

2. Conjunto de Física Nuclear

2.1. Fissão Nuclear

Este conjunto de representação da fissão nuclear é baseado no trabalho de Pupo et. al (2011). Sugere-se aplicar após a aula sobre Física de Partículas, porém, cabe ao professor decidir o melhor momento, podendo intercalar tais aulas de FMC com algumas aulas de Física Clássica. Este conjunto pode ser aplicado após a aula de Física de partículas, ou logo após a introdução aos conceitos de conservação de energia ministrados em dinâmica, ou ainda, intercalado à eletrodinâmica quando se exploram fontes de energia elétrica, no caso, a usina termonuclear.

2.1.1. Materiais utilizados

- 01 m de linha de náilon.
- 03 conjuntos de miçangas (contas com diâmetro aproximado de 0,8 cm) de cores diferentes.
- 04 raios de bicicleta.
- 04 cubos de madeira com aproximadamente 10 cm de aresta.
- 01 folha de isopor de dimensões aproximadas 1,5m x 1,2m x 0,20 cm.
- 01 tubo de cola de isopor.
- 01 folha grande de papel madeira (para recobrir completamente uma das faces do isopor).
- 05 alfinetes.

2.1.2. Passo a passo

Primeiro, a parte mais difícil é construir um núcleo atômico com uma quantidade considerável de núcleons. Para isso foram usadas as miçangas. Com a linha de náilon, uniram-se conjuntos mistos de 8 a 6 miçangas no total, formando

conjuntos circulares, semelhantes a pulseiras; uniram-se essas “pulseiras” com o auxílio do fio de náilon, sendo elas bem amarradas depois. Foram feitos 03 conjuntos: um maior e dois menores; os dois menores tiveram tamanhos ligeiramente diferentes.

Cobriu-se a face superior do isopor, onde ficaram os materiais, com o papel madeira, que foi colado; foram usados também alfinetes para ajudar na fixação deste material que recobriu o isopor e o protegeu um pouco do desgaste do manuseio.

Escolheram-se 04 miçangas que representaram os nêutrons responsáveis pela reação em cadeia, e atravessaram os raios de bicicleta. Tais raios tinham duas pontas: uma reta e a outra curva. As pontas retas foram rosqueadas nos cubos de madeira, e os cubos foram previamente furados para facilitar tal processo. Ao rosquear os raios nos cubos, eles foram fixados no papel madeira utilizando cola de isopor. Foram então dispostos como mostrado a seguir, na figura 14:

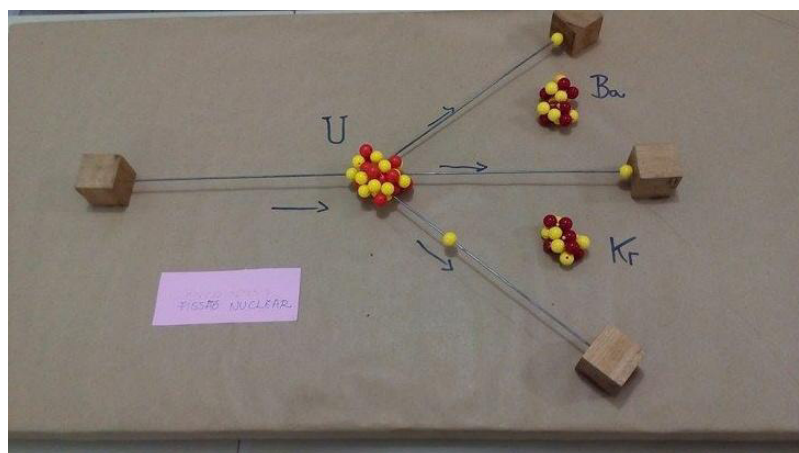


Figura 14 – Modelo de fissão nuclear. Fonte: o autor.

Posicionou-se o maior conjunto de miçangas na união dos raios; as pontas curvas deles foram usadas para dar fixação a este núcleo, utilizando-se alfinetes para aumentar a aderência e estabilidade. Entre os 03 raios de onde “saíram” os nêutrons, fixou-se com alfinetes os conjuntos menores.

No papel madeira foram colados os dizeres em *braille*: “fissão nuclear” e as letras que representam os elementos que o professor quiser utilizar. O aluno com deficiência visual manipulou as miçangas com o auxílio do professor para reproduzir o esquema de fissão nuclear. A diferenciação tátil entre as miçangas foi feita

pintando-se um tipo delas, podendo acontecer também no momento de sua aquisição em lojas especializadas, em que o professor pode escolher formatos semelhantes, mas já recobertos com diferentes texturas.

2.2. Fusão Nuclear

2.2.1. Materiais utilizados

- 01 massa de modelar.
- 02 folhas de papel toalha.
- 02 ímãs pequenos.

2.2.2. Passo a passo

Foram separadas duas porções aproximadamente iguais de massa, que foram manuseadas até atingirem o formato semi-circular; sendo inserido depois um pequeno ímã em cada uma. Após isso, as porções de massa de modelar foram envolvidas com o papel toalha.



Figura 15 – Materiais utilizados no modelo. Fonte: o autor.

Peça aos alunos para impelirem uma esfera contra a outra. A folha de papel toalha representará a repulsão eletrostática entre elas, a resistência à fusão; a atração entre os ímãs representará a força nuclear forte, que só pode ser sentida quando a distância é muito pequena. Para que ocorra a fusão os alunos deverão dispende um grande esforço para romper as folhas, gastando uma grande quantidade de energia, fato que deve ser utilizado pelo professor durante a explanação.

Esta é uma sugestão de como abordar tal processo. Cabe ao professor mudar, ou adaptar os materiais e métodos e assim decidir sobre a utilização ou não dos materiais expostos, caso conclua que sejam adequados à sua realidade escolar e à sua metodologia.