



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

JOSÉ ADAUTO ANDRADE JUNIOR

EPISÓDIOS HISTÓRICOS NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS:
A ENERGIA NUCLEAR E SUA UTILIZAÇÃO

Campina Grande - PB

2015

JOSÉ ADAUTO ANDRADE JUNIOR

**EPISÓDIOS HISTÓRICOS NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS:
A ENERGIA NUCLEAR E SUA UTILIZAÇÃO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito legal para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática com especificidade em Ensino de Física

Área de concentração: Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano

Campina Grande - PB

2015

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

A553e Andrade Junior, Jose Aauto
Episódios históricos no contexto do ensino de ciências: a energia nuclear e sua utilização [manuscrito] / Jose Aauto Andrade Junior. - 2015.
122 p. : il. color.

Digitado.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2015.
"Orientação: Prof. Drº. Marcelo Gomes Germano, Departamento de Física".

1. CTS. 2. Energia nuclear. 3. Ensino de física I. Título.
21. ed. CDD 333.792 4

JOSÉ ADAUTO ANDRADE JUNIOR

**EPISÓDIOS HISTÓRICOS NO CONTEXTO DO ENSINO DE CIÊNCIAS:
A ENERGIA NUCLEAR E SUA UTILIZAÇÃO**

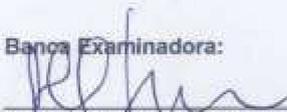
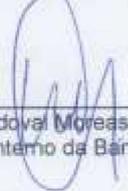
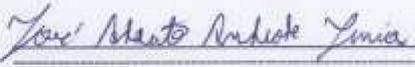
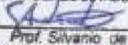
Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Estadual da Paraíba em cumprimento aos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática

Área de concentração: Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano

Aprovado em 01 de junho de 2015

BANCA EXAMINADORA

<p>Banca Examinadora:</p>  <hr/> <p>Prof. Dr. Marcelo Gomes Germano Presidente da Banca</p>	 <hr/> <p>Prof. Dr. Cidval Moraes de Sousa Membro interno da Banca</p>
 <hr/> <p>Prof. Dr. Francisco Augusto Silva Nobre Membro externo da Banca</p>	 <hr/> <p>Mestrando(a)</p>
 <hr/> <p>Prof. Dr. Heron Neves de Freitas Membro externo da Banca</p>	<p>UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA</p>  <hr/> <p>Prof. Silvano de Andrade Coord. de Pós-graduação em Ensino de Ciências Matemáticas Mat. 122385-2</p> <hr/> <p>Secretário ou Coordenador do Curso</p>

Dedico:

A Maria da Pais de Araújo Andrade e José Aduino Andrade Neto, meus queridos pais que sempre me deram apoio e nunca mediram esforço para que eu e minhas irmãs pudéssemos concluir nossos estudos, e que me ensinaram a ter respeito pelo próximo.

A minha namorada e futura esposa Isadora Gérsia Macedo Dantas, por entender e ter muita paciência pelo fator de em várias ocasiões não nos vermos por semanas por causa da escrita da dissertação.

A minha querida sobrinha e afilhada Alana, meu querido afilhado Paulo Henrique e minha querida afilhada Maria Cecília.

As minhas irmãs Andreza Geny, Sanya Adelina e seu esposo Marciano Morais.

É em nome de todos vocês e por causa de todos vocês que eu tive forças e ânimo nos momentos difíceis em que a única coisa que sentia era a sensação de que nunca iria conseguir concluir este trabalho. Sou grato pela força e dedico este trabalho a todos vocês.

AGRADECIMENTOS

Sou muito grato ao Professor Marcelo Gomes Germano da UEPB, meu orientador, que com sua sabedoria, simplicidade, experiência, compreensão e paciência, me orientou, ajudando a superar minhas dificuldades intelectuais nesse caminho tão árduo que com persistência e insistência estamos concluindo.

Aos Professores Cidoval Moraes de Sousa e Heron Neves por participarem da minha banca de qualificação e poderem fazer suas contribuições metodológicas e teóricas.

Aos Professores do Mestrado Roberto de Andrade Martins, Filomena Maria Gonçalves Moita, Silvanio de Andrade, Alessandro Frederico da Silveira, Ana Paula Bispo da Silva e Morgana Ligia de Farias Freire pelo aprendizado e contribuições que fizeram durante suas disciplinas e mesmo em conversas fora de sala de aula.

Ao colega de mestrado e amigo Alex, companheiro de viagem e de estadia durante um ano inteiro, que mesmo morando na mesma cidade, só tive o prazer de conhecer em campina grande.

Aos amigos do mestrado Fernando, Juvenal, Humberto, Isaias, Andréa, Érick, Adrielly, Marconi, Janaina, Gilmara, Jefferson, Mirian e Verônica, pelos laços de amizade que levarei dessa jornada que se conclui.

Ao colega Vladimir e o colégio que nos recebeu, juntamente com os educandos que aceitaram participar do projeto de intervenção. Esse trabalho só pode ser concluído com a participação de vocês.

Meus agradecimentos especiais aos professores e atuais colegas de departamento Francisco Augusto Silva Nobre e Cláudio Rejane da Silva Dantas, que sem eles nada disso teria início, pois ao entrar na graduação já me escolheram como

orientando, e que mesmo após o término da graduação ainda continuaram me orientando com suas experiências e palavras sábias ao fazer com que eu fizesse a seleção para o Mestrado ao mesmo tempo em que entrei como professor substituto na URCA, e que ainda lecionaram muitas aulas em meu lugar para que pudesse ter tempo de concluir todos os créditos no mestrado.

Aos professores Augusto Nobre, Claudio Dantas, Wilson Hugo, Francisco Eduardo, Alexandre Magno, Júlio César e Joelma Monteiro que além de fazerem parte da minha formação acadêmica, me ajudaram e demonstraram interesse em relação ao andamento do mestrado.

Ao meu grande amigo Job Saraiva, que conheci na graduação, e que desde então tenho a honra de ter boas conversas e bons momentos de descontração nas partidas de War e PS3.

Aos amigos Yarlen Siebra, Ildemar Bandeira, João Neto, Talys Brasil que acompanharam de perto essa jornada em que estou, e que me dão apoio e momentos de descontração.

Ao Programa de Pós – Graduação em Ensino de Ciência e Educação Matemática da UEPB, que de forma organizada contribuiu para essa formação acontecer. Agradeço a oportunidade e por ser responsável pela concretização deste sonho.

A minha sincera gratidão para todos aqueles que de alguma forma contribuíram para realização deste projeto de vida acontecer.

Agradeço a todos que deixaram de fazer seus afazerem para se fazer presente e prestigiar o momento final de toda jornada. Agradeço aos que não puderam estar presentes, mas que estão torcendo para que dê tudo certo.

RESUMO

É notória a estreita relação entre as ciências e a sociedade. Um exemplo histórico foi o alto investimento que os EUA fez em suas escolas do ensino básico durante a Guerra Fria. Visando que seus estudantes promovessem maiores avanços tecnológicos em curto espaço de tempo, os americanos, desafiados pela antiga União Soviética, promoveram uma verdadeira revolução no ensino básico das ciências, com novos projetos e vultuosos investimentos que, de fato, impulsionaram o avanço tecnológico daquele país. Um pouco antes, durante a segunda guerra mundial, também se observa uma grande movimentação nos laboratórios de ciências condicionada por demandas sociais externas, principalmente aquelas relacionadas com a produção da energia nuclear. Visando proporcionar ao educando habilidades de compreensão da realidade, participação, e consciência crítica, este trabalho, desenvolvido sob o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade, tem o objetivo de, a partir da utilização de episódios históricos, descrever e discutir a concepção de estudantes da educação básica, acerca da energia nuclear e de sua utilização. Foram trabalhados dois episódios históricos que marcaram o começo da era da energia nuclear: o Projeto Manhattan, e o lançamento das bombas em Hiroshima e Nagasaki. Tais eventos foram escolhidos a partir do pressuposto de terem sido os maiores responsáveis em comunicar ao mundo sobre os riscos desta forma de energia. A partir dos referidos episódios, foram promovidos debates em sala de aula, proporcionando aos estudantes habilidades cognitivas e argumentativas e ao professor pesquisador um vasto material de pesquisa.

Palavras-chave: CTS, Energia Nuclear, Ensino de Física.

ABSTRACT

It is notorious and almost unquestionable close relationship between the sciences and society. A historical example was the high investment that the U.S. did in their primary schools during the Cold War. Aiming their students promoted the greatest technological advances in a short time, Americans challenged by the former Soviet Union, they induced a revolution in basic science teaching with new projects and major investments that, in fact, boosted the technological advancement of the country. Just before, during the Second World War, there is also a large handling in the sciences laboratories hampered through external social demands, especially those related to the production of nuclear energy. In order to provide to the learner skills of understanding reality, participation, and critical awareness, this work developed under the approach Science-Technology-Society aims to describe and discuss the concept of students basic education about nuclear energy and its use from using historical episodes. Two historical episodes that marked the beginning of the age of nuclear energy will be work: the Manhattan Project and the launch of the bombs on Hiroshima and Nagasaki. These events were chosen from the assumption that they were the most responsible in communicating to the world about the risks of this form of energy. Based on these episodes, discussions will be promote in the classroom, providing students with cognitive skills and reasoning and researcher teacher a wide research material.

Keywords: CTS, Nuclear Power, Physics Teaching.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Página inicial do Periodic Table.....	29
Figura 2: Representação dos átomos	29
Figura 3: Representação dos elementos.....	30
Figura 4: Simulador de fissão.....	30
Figura 5: Reação em cadeia.....	31
Figura 6: Bomba nuclear.....	31
Figura 7: Reator nuclear.....	32
Figura 8: Explosão nuclear.....	78
Figura 9: Charge da explosão nuclear.....	97
Figura 10: Charge do ciclo da evolução do homem.....	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela característica das Forças Fundamentais.....	54
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTS: Ciência, Tecnologia e Sociedade

IOSTER: International Organization for Science and Technology Education

NSTA: National Science Teachers Association

C&T: Ciência e Tecnologia

UnB: Universidade de Brasília

FAPESP: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo

CoPPE: Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia

Funtec: Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico

CNPq: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

UNICAMP: Universidade Estadual de Campinas

UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFSM: Universidade Federal de Santa Maria

UTFPR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

Au: Elemento Ouro

Pb: Elemento Chumbo

α : Partícula Alfa

Po: Elemento Polônio

β : Partícula Beta

U: Elemento Urânio

²³⁵U: Elemento Urânio físsil

²³⁸U: Elemento Urânio não físsil

Ba: Elemento Bário

n: Nêutron

Kr: Elemento Criptônio

UF₆: Fluoreto de Urânio

Rb: Elemento Rubídio

Cs: Elemento Césio

Sr: Elemento Estrôncio

Zr: Elemento Zircônio

Nb: Nióbio

Ce: Elemento Cério

La: Elemento Lantânio

Pr: Praseodímio

Pu: Elemento Plutônio

Y: Elemento Ítrio

${}^2_1\text{H}$: Deutério, isótopo do hidrogênio

${}^3_2\text{He}$: Elemento Hélio

e^+ : Póstron

ν : Neutrino

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO.....	17
GERAL.....	18
ESPECÍFICOS.....	19
JUSTIFICATIVA.....	19

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA DA PESQUISA

2.1 - Natureza da pesquisa	23
2.2 - O público e local da pesquisa	24
2.3 - Instrumentos de pesquisa.....	25
2.4 - Intervenção com os educandos	26

CAPÍTULO 3

REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - CTS Tradição Norte Americana e Tradição Europeia.....	35
3.2 - Ciência Tecnologia e Sociedade na América Latina e no Brasil.....	37
3.3 - Ciência Tecnologia e Sociedade: em busca de um conceito.....	39
3.4 - Perspectiva de Paulo Freire para Educação.....	41

CAPÍTULO 4

FÍSICA NUCLEAR: ASPECTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS

4.1 - Os Gregos e o átomo.....	45
4.2 - Modelo atômico de Dalton	45
4.3 - O átomo de Thomson	46
4.4 - A Proposta de Rutherford para o modelo atômico	46
4.5 - Modelo Atômico Quântico de Bohr	48
4.6 - Estudo dos átomos instáveis	48
4.7 - As quatro interações fundamentais.....	50
4.8 - Interação Gravitacional	51
4.9 - Interação Eletromagnética	52
4.10 - Interação Forte ou Força Nuclear	52

4.11 - Interação Fraca ou Força Fraca.....	53
4.12 - Fissão Nuclear	54
4.13 - Reação em Cadeia	55
4.14 - Enriquecimento de Urânio	56
4.15 - Reator de Fissão Nuclear e Bomba Nuclear.....	58
4.16 - Lixo Atômico	58
4.17 - Fusão Nuclear.....	60

CAPÍTULO 5

EPISÓDIOS HISTÓRICOS

5.1 - O Exílio dos Físicos	62
5.2 - A intervenção política dos cientistas	63
5.3 - O Projeto Manhattan.....	66
5.4 - Los Alamos	69
5.5 – Alamogordo.....	70
5.6 - As Bombas em Hiroshima e Nagasaki.....	72

CAPÍTULO 6

COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

6.1 - Primeiras Palavras.....	76
6.2 – 1º Encontro: A ascensão de Hitler e o exílio dos físicos	77
6.2 - O Projeto Manhattan (2º encontro)	88
6.3 - Um recado aos soviéticos - little boy e fat man vão à guerra.....	94

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	104
---------------------------	-----

REFERÊNCIAS.....	107
------------------	-----

ANEXOS

ANEXO 1: A ASCENSÃO DE HITLER E O EXÍLIO DOS FÍSICOS.....	110
ANEXO 2: O PROJETO MANHATTAN.....	113
ANEXO 3: UM RECADO AOS SOVIÉTICOS - LITTLE BOY E FAT MAN VÃO À GUERRA.....	116

PRIMEIRAS PALAVRAS

Caminhos e descaminhos: da formação acadêmica à docência

Sou resultado da escola pública, e desde cedo já percebia que algo deveria ser feito em relação à forma de se ensinar. Resido na cidade de Crato, que é situada no interior do Ceará e fica em média a 560 km da capital Fortaleza. Devido à região em que morava, e as condições financeiras que não proporcionavam o aporte necessário para cursar a graduação em outra cidade, tive que escolher entre os cursos que as instituições ofereciam na minha região.

No ano de 2006 estava concluindo o 3º ano do Ensino Médio no Colégio Liceu na cidade de Crato-CE e, como todos os colegas, também tinha dúvidas em relação ao curso de graduação que deveria seguir. A única certeza era que seguiria algum curso na área das ciências “exatas”.

Fiz a inscrição para o vestibular em três cursos de instituições diferentes; Tecnólogo em Construção Civil na Universidade Regional do Cariri – URCA; Eletromecânica na Faculdade de Tecnologia – FATEC, e Eletrônica no Instituto Federal do Ceará – IFCE. Ao término das seleções obtive sucesso nas três, mas, optei pelo curso de Tecnólogo da Construção Civil na URCA e Eletromecânica na FATEC.

Durante as aulas de Física I no curso de Tecnologia da Construção Civil surgiram comentários de que a referida Universidade iria abrir o curso de Licenciatura em Física e, tal comentário foi confirmado pelo professor Augusto Nobre que, àquela época, era o professor de Física I. Motivado por uma permanente e persistente curiosidade que sempre tive em relação aos temas da física e o desejo de aprendê-los para poder ensiná-los, decidi fazer o vestibular novamente, conseguindo ingressar na primeira turma do curso de Licenciatura em Física no período de 2007.2.

No mês de agosto do referido ano, iniciaram-se as aulas no curso de Física e, juntamente com mais 15 colegas, constituímos a turma pioneira do curso de Licenciatura em Física da URCA. Infelizmente, dos 15 ingressantes, apenas 5 concluíram o curso.

Minha experiência com a docência foi quase imediata. Durante o primeiro semestre do curso de Física já tive que ingressar na carreira docente. Considerando

que o curso era de licenciatura, e que a carência de profissionais na área era e ainda é grande, surgiram algumas solicitações para ministrar aulas particulares de Física e, às vezes, de matemática. Esta foi uma ótima oportunidade para que revisasse quase todo o conteúdo do ensino médio e o aprimorasse com algum aporte pedagógico oferecido pelo curso de Licenciatura e pela minha prática.

Além das atividades de ensino, durante a graduação também fui bolsista de iniciação científica com pesquisa voltada para a área de Ensino de Física, desenvolvendo projetos de ensino e pesquisa nas escolas da rede pública do Juazeiro do Norte.

Em maio de 2010, quando estava cursando o VI semestre da graduação, apareceu o primeiro convite para que fosse lecionar em uma escola. Comecei a trabalhar no Colégio Objetivo, colégio da rede particular situado na cidade do Crato – CE, no mesmo lecionei no ensino fundamental e médio. Após ter concluído a graduação em julho de 2010, apareceram outros colégios particulares interessados pelos meus serviços, e em agosto de 2011 comecei a lecionar no colégio Diocesano, também situado na cidade do Crato – CE e no colégio ELIT situado na cidade do Juazeiro do Norte – CE.

Em outubro de 2011, prestei concurso para professor substituto da Universidade Regional do Cariri – URCA (universidade em que me formei), assumindo o cargo no dia primeiro de dezembro do mesmo ano. A partir da aprovação, para não ficar sobrecarregado e já pensando fazer um mestrado, esperei apenas terminar o período letivo nos colégios, para expor a minha situação, e sair do ensino nas escolas privadas.

Em dezembro de 2011 fiz a seleção no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática – MECM do centro de ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, localizada na cidade de Maceió – AL, a pouco menos de 600 km da cidade do Crato – CE, e em janeiro de 2012 fiz a seleção no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática – MECM do centro de ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, localizada na cidade de Campina Grande – PB, a pouco mais de 500 km da cidade do Crato – CE. Obtive sucesso nas duas seleções e optei por fazer o Mestrado na UEPB, pois além de ser mais perto da cidade em que resido, poderia conciliar as aulas que iria assistir no mestrado com as aulas que iria lecionar na

universidade em que tinha acabado de entrar como professor substituto, e também já tinha conhecimento de como o programa estava em ascensão.

Com a aprovação no mestrado na UEPB e lecionando na URCA, passei o ano de 2011 fazendo viagens semanalmente para assistir as aulas do mestrado em Campina Grande e para poder lecionar em Juazeiro do Norte.

No mestrado ingressei na linha de pesquisa voltada para Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação. Escolhi tal linha de pesquisa pela ansiedade de aprender e conhecer caminhos alternativos que se possa tomar para ensinar e se fazer aprender Física. No decorrer das disciplinas que estava cursando no MECM, notei que poderia utilizar a Cultura Científica, Tecnologia, Informação e Comunicação juntamente com outra linha de pesquisa, que é a da Divulgação Científica, assim poderia atingir um número maior de educandos, não ficando detido apenas a sala de aula.

Inicialmente iria fazer um trabalho de pesquisa exclusivamente voltado para o uso das TIC na educação básica, mas notei que poderia utiliza-la como material auxiliar na intervenção em sala de aula. Seguindo essa linha de pensamento, então decidimos fazer um trabalho em que se usa dois episódios históricos que marcaram o início da era nuclear (o Projeto Manhattan, e o lançamento das bombas em Hiroshima e Nagasaki), os mesmos foram utilizados em sala de aula para que se pudesse descrever como se comportou a criticidade dos educandos, onde para instigar tal criticidade foi adotado o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade juntamente com a concepção problematizadora e a dialogicidade de Paulo Freire. Acreditamos que ao término da intervenção, tal material possa ajudar na divulgação do assunto abordado, e que sirva de modelo para que outros educadores façam seu próprio material.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A necessidade de enfrentar criticamente as demandas postas e impostas pelas “novas” tecnologias de informação e comunicação; o esforço para desprender a ciência dos meios acadêmicos no sentido de produzir uma ciência para todos; a reconhecida necessidade de aproximação entre ciência e cultura; ausência de atividades experimentais e problemas com laboratórios didáticos; os desafios postos e impostos pelas questões ambientais em permanente tensão com o desenvolvimento científico e tecnológico, são temáticas recorrentes nas falas de estudantes, professores e pesquisadores preocupados com o ensino de ciências no século XXI.

Naturalmente, o ensino e a pesquisa em ensino, refletem estas demandas que podem ser confirmadas pela observação de algumas novidades no currículo escolar e pela presença de novos componentes curriculares nos cursos de formação de professores de ciências. A criação de novos cursos de graduação a exemplo dos cursos de Agro-Ecologia, Engenharia Ambiental,... e a chegada de disciplinas como História e Filosofia da Ciências, Sociologia da Ciência, Popularização da Ciência, Ciência e Arte, Informática no Ensino de Ciências são indícios fortes de que estamos atravessando uma fase de transição em que a cada dia se estreita ainda mais a relação entre ciência e sociedade .

É nesse contexto que se estrutura a área de investigação em Ciência Tecnologia Sociedade (CTS) que, em linhas gerais, defende a tese de que o conhecimento de como a natureza funciona, está, em certa medida, condicionado aos interesses dos observadores. As pesquisas não são neutras e as “descobertas”, são mais que simples descobertas, são construções orientadas para fins e interesses específicos que, em termos gerais, “é o ensino e aprendizagem de ciência–tecnologia no contexto da experiência humana” (YANGER). O debate em torno dos alimentos transgênicos, as controvérsias em torno das pesquisas envolvendo células-tronco embrionárias e os frequentes desacordos entre cientistas

em torno de projetos de desenvolvimento sustentável, são exemplos de que a ciência não se constrói apenas nos laboratórios.

É notória e quase inquestionável a estreita relação entre as ciências e a sociedade. E para que essas duas vertentes caminhem juntas, é necessário que os estudantes compreendam o desenvolvendo da ciência sem perder de vista a sua relação com a sociedade.

Um exemplo histórico bastante conhecido foi o investimento que os EUA fizeram em suas escolas do ensino básico durante a Guerra Fria. Visando que seus estudantes promovessem maiores avanços tecnológicos em curto espaço de tempo, os americanos, desafiados pela antiga União Soviética, promoveram uma verdadeira revolução no ensino básico das ciências, com novos projetos e vultuosos investimentos que, de fato, impulsionaram o avanço tecnológico daquele país. Um pouco antes, durante a segunda guerra mundial, também se observa uma grande movimentação nos laboratórios de ciências, condicionada por demandas sociais externas, principalmente aquelas relacionadas com a produção da energia nuclear e da bomba atômica.

A partir destas discussões e sob o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade buscamos refletir questões que motivaram esta pesquisa.

A utilização de episódios que contextualizem histórica e sociologicamente os conteúdos de ensino de ciências proporcionará aos estudantes uma compreensão crítica e uma aproximação menos ingênua e mais epistemológica dos objetos de conhecimento? Esta abordagem possibilitará maior interesse e maiores possibilidades de participação, diálogo e argumentação em torno do fenômeno/acontecimento físico?

Neste trabalho, desenvolvido sob o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade, nos colocamos os seguintes objetivos de pesquisa:

GERAL

Investigar se a estratégia de ensino baseada na utilização de episódios históricos em sala de aula, numa perspectiva CTS, possibilita uma compreensão mais crítica e mais interessada por parte dos estudantes e do

professor de modo a contribuir para ressignificação do processo de ensino e aprendizagem.

ESPECÍFICOS

A partir da utilização de dois episódios históricos que marcaram o começo da era da energia nuclear: o Projeto Manhattan, e o lançamento das bombas em Hiroshima e Nagasaki descrever e discutir traços que apontem para uma visão mais crítica e epistemológica do fenômeno/acontecimento físico da produção da energia nuclear.

Identificar nas falas dos estudantes, aspectos que apontem para a ideia de que a ciência se faz junto com o desenvolvimento social, a partir das necessidades, e que a ciência não se resume apenas ao que se estuda na escola, mas sim a uma construção contínua e que se aplica na sociedade.

A partir dos debates em sala de aula, identificar o interesse pela compreensão dos fenômenos físicos envolvidos na produção da energia nuclear.

JUSTIFICATIVA

São muitos os episódios históricos, em que se observam resultados e avanços científicos e tecnológicos a partir de demandas sociais em que os jovens são estimulados a aprender ciências, para ajudar o seu país ou auxiliar a humanidade. De fato, numa perspectiva educacional mais abrangente, o papel mais importante a ser cumprido pela educação formal é o de habilitar o aluno a compreender a realidade, tanto do ponto de vista dos fenômenos naturais quanto sociais, de modo que possa participar, de forma crítica e consciente, dos debates e decisões que permeiam a sociedade. (SOUZA, ZYLBERSZTAJN, 2005, p. 171);

Para auxiliar a escola no exercício de seu papel perante a sociedade, seguiremos a abordagem CTS centrado o enfoque em eventos que, de acordo com SOUZA e ZYLBERSZTAJN (2005) tenham a potencialidade de servir como um polo de integração para o tratamento da tríade Ciência-Tecnologia-Sociedade. A ideia

básica que fundamenta tal abordagem, conforme os referidos autores é a de que tanto os aspectos científicos como as implicações sociais de um produto tecnológico podem ser melhor explorados se a aprendizagem dos mesmos for centralizada em eventos.

Em sala de aula tal enfoque pode proporcionar um bom esclarecimento em relação à produção dos conhecimentos, pois como foi dito anteriormente, tal enfoque discute a ciência perante uma possível necessidade da sociedade.

Ao utilizar tal enfoque, acreditamos que estaremos indo contra a metodologia que geralmente é utilizada para se ensinar os conteúdos aos educandos, que “em lugar de comunicar-se, o educador faz “comunicados” e depósitos que os educandos, meras incidências, recebem pacientemente, memorizam e repetem” (FREIRE, 1987, p. 33).

Com isso os educandos ficam presos ao processo de repetição do que foi “ensinado”, ficando impossibilitados de resolverem problemas que sejam diferentes dos que lhe foram apresentados. Conforme salienta Paulo Freire, temos aqui a “concepção “bancária” da educação, em que a única margem de ação que se oferece aos educandos é a de receberem os depósitos, guardá-los e arquivá-los”. FREIRE (1987, p. 33).

Tais eventos tem que chamar a atenção dos estudantes, e mesmo que o enfoque a ser utilizado seja CTS, podemos potencializar o ensino com a utilização de outros recursos didáticos. O importante é fazer a tríade.

Nos cursos de CTS, várias estratégias de ensino têm sido utilizadas. Elas vão além das práticas atuais de palestras, demonstrações, sessões de questionamento, solução de problemas e experimentos no laboratório. O ensino CTS inclui jogos de simulação e desempenho de papéis, fóruns e debates, projetos individuais e de grupo, redação de cartas para autoridades, pesquisa no campo de trabalho, palestrantes convidados e ação comunitária. Geralmente, a mudança nas estratégias muda o papel do professor para o administrador de classe (gerenciando o tempo, os recursos humanos e o ambiente emocional da classe, além do papel do responsável pela sala de aula. (HOFSTEIN et al. 1988, apud SANTOS e SCHNETZER).

Um dos eventos que podem ser trabalhados com o enfoque CTS, são os eventos nucleares. Os mesmos podem ser trabalhados a partir de diferentes

vertentes, tais como: Economia, Saúde Pública, Risco Social e Ciência e Tecnologia, tudo isso está voltado diretamente para a vida do estudante.

Nesta pesquisa foram trabalhados dois episódios históricos que marcaram o começo da era da energia nuclear: o Projeto Manhattan e o lançamento das bombas em Hiroshima e Nagasaki. Tais eventos foram escolhidos a partir do pressuposto de terem sido a vitrine responsável em avisar ao mundo sobre os riscos envolvidos na utilização deste tipo de energia.

Em sala de aula os eventos foram abordados a partir de 03 textos históricos, e a pesquisa de natureza qualitativa foi realizada na forma de Observação Participante. Os educandos foram responsáveis pelos debates, e o pesquisador atuou apenas como um interlocutor, orientando e ajudando para que os estudantes não perdessem o foco das discursões.

Observamos que, a partir de tais conhecimentos, foi possível a realização de importantes debates em sala de aula, proporcionando aos estudantes habilidades cognitivas e argumentativas, levando em consideração a importância da História das Ciências presente no cotidiano da disciplina.

Por fim esperamos que o presente trabalho sirva de material didático para que os professores do Ensino Básico possam conhecer e utilizar uma nova abordagem para auxiliá-lo em suas aulas de Física.

O trabalho de intervenção foi feito em uma escola pública de Ensino Médio na cidade do Crato – CE, considerando os seguintes objetivos: Identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, de modo a poder fazer comparações com possíveis avanços de debates entre eles; trazer os educando para sala de aula de forma voluntária, fazendo com que o mesmo tenha estímulo e sintam vontade de aprender os conteúdos abordados, proporcionando novas habilidades de compreensão da realidade, participação, e consciência crítica.

O trabalho está estruturado de modo que, no segundo capítulo são apresentados os passos metodológicos da pesquisa e da intervenção em sala de aula, incluindo o espaço amostral, e os instrumentos utilizados para a realização da pesquisa, no que diz respeito à coleta dos dados.

No terceiro capítulo é feita uma revisão da literatura sobre o enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade centrada em eventos e com ênfase a perspectiva

Freireana. No quarto capítulo apresentamos uma discussão em torno dos episódios históricos que serão tratados na intervenção, discutindo fatores relacionados à Física e fatores Sociais que ocorreram na época. No quinto capítulo, a partir dos dados coletados durante os debates com/entre os estudantes e o professor, são apresentados os resultados e as discussões em torno da realização das intervenções. Por último, apresentamos as considerações finais, com algumas conclusões, novas questões, perspectivas e possibilidades de investigações futuras.

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA DA PESQUISA

Antes de mais nada é preciso esclarecer que metodologia é entendida aqui como o conhecimento crítico dos caminhos do processo científico, indagando e questionando acerca de seus limites e possibilidades (DEMO, 1989).

2.1 - Natureza da pesquisa

A presente pesquisa é de natureza qualitativa, visto que nosso propósito não é de quantificar a fala dos educandos em relação ao objeto de pesquisa, e sim ressaltar o modo como eles relatam o objeto de pesquisa segundo sua vivência. De acordo com (STAKE, p. 29) “a diferença entre os métodos quantitativo e qualitativo é mais uma questão de ênfase do que de limites”. Assim, iremos trabalhar e explorar a construção de sentidos dos educandos, seguindo o pensamento de STAKE (p. 21), quando afirma “que seu raciocínio se baseia principalmente na percepção e na compreensão humana”. Esta modalidade de pesquisa proporciona uma ênfase maior no aprofundamento do estudo dos dados coletados, evitando aqueles dados coletados superficialmente.

Nós que estudamos a atividade humana constantemente nos deparamos com visões macrocósmicas e microcósmicas até mesmo sobre casas e motorhomes (autocaravanas). Em qualquer estudo, os pesquisadores qualitativos geralmente decidem focar no micro e não no macro (STAKE, p. 29).

Seguindo a linha de raciocínio do micro, e para que se consiga obter do educando dados mais detalhados e mais consistentes, de modo que o mesmo não se sinta pressionado ao expor suas ideias,

a pesquisa qualitativa usa o texto como material empírico (em vez de números), parte da noção da construção social das realidades em estudo, está interessada nas perspectivas dos participantes, em suas práticas do

dia a dia e em seu conhecimento cotidiano relativo à questão em estudo. (FLICK, p. 16).

Consideradas tais premissas, esta pesquisa pode ser classificada como um Estudo de Caso Etnográfico que, de acordo com STURMAN apud MOREIRA (2011) envolve estudo profundo de uma entidade singular, geralmente através de observação participante e entrevistas.

Pensando em deixar o educando a vontade durante a pesquisa, fazendo com que ele não mude seu comportamento, ou pelo menos não mude tanto, pelo fato de ter um pesquisador em sala de aula, iremos utilizar a observação participante, uma modalidade de pesquisa que introduz o pesquisador no meio da comunidade que ele está investigando. Mas, para isso:

(...) na observação participante os membros da comunidade estudada concordam com a presença do pesquisador entre eles como um vizinho e um amigo que também é, casualmente, um pesquisador. O observador participante deve, então, fazer o esforço de ser aceitável como pessoa (o que vai significar coisas diferentes em termos de comportamento, de modos de viver e, às vezes, até de aparência em diferentes culturas) e não simplesmente respeitável como cientista (ANGROSINO, p. 33).

2.2 - O público e local da pesquisa

A presente pesquisa foi realizada em uma escola estadual situada na cidade de Crato – CE. A mesma teve como fonte de estudos, alguns educandos que cursavam o 3º ano do ensino médio, e foi constituída de um minicurso ofertado no turno da noite, com 3 encontros de 100min cada (2 aulas).

Meu primeiro contato com o colégio foi através de um colega e amigo de graduação que hoje leciona no mesmo. Com a afirmação de que a direção do colégio iria gostar da proposta do minicurso, me dirigi ao mesmo e conversei com a diretora, expliquei toda a proposta juntamente com o principal intuito do mesmo, que seria uma intervenção que viria a ser parte de uma dissertação de mestrado.

Já estando no colégio, aproveitei para passar nas três turmas de 3º ano que estavam tendo aula pelo turno da manhã. Com a ajuda do professor de Física do colégio (meu amigo de graduação) entramos nas salas e explicamos aos alunos do

que se tratava o minicurso, muitos se interessaram, mas como estavam no 3º ano, já estavam se preparando para o vestibular, e a grande maioria iria fazer cursinho no mesmo horário proposto para o minicurso. Com isso, ao passar nas três turmas da manhã e em mais uma turma pela tarde, só conseguir 10 educandos que se propõem a participar do minicurso. Uma possível causa de pouca adesão pode ser também por que fizemos a intervenção na segunda semana de aula, e muitos alunos ainda não tinham retornado das férias.

A escolha por educandos do 3º ano se deu pelo fato de que eles eram os que mais tinham tempo de convívio na escola. Com isso partimos do pressuposto de que eles teriam mais experiências e conhecimentos prévios a serem colocados nos debates.

O minicurso foi realizado no turno da noite, pois como nosso foco era de ter uma turma mista, e que eles fossem para o minicurso de forma voluntária, o turno da noite foi o único em que os educandos dos quatro 3º anos poderiam ir sem que perdessem suas aulas regulares.

O número de encontros foi pequeno, apenas três. Tivemos medo de que os educandos não comparecessem a todos os encontros caso sugeríssemos mais alguns, pois como os encontros eram fora de seu turno normal de aula, eles poderiam já estar se sentindo cansados pelo longo dia de estudos, e faltarem no minicurso pela noite.

2.3 - Instrumentos de pesquisa

Para o desenvolvimento e análise da intervenção que foi realizada, utilizamos como base, os seguintes instrumentos para coleta de dados: questionário estruturado subjetivo, entrevista semiestruturada e o diário de pesquisa. Para tal escolha partimos do pressuposto de que a pesquisa qualitativa,

[...] consiste em um conjunto de práticas interpretativas e materiais que tornam o mundo visível. Essas práticas transformam o mundo, fazendo dele uma série de representações, incluindo notas de campo, entrevistas, conversas, fotografias, gravações e anotações pessoais. Nesse nível, a pesquisa qualitativa envolve uma postura interpretativa e naturalística diante do mundo [...] (DENZIN e LINCOLN, 2005, p. 3).

Tais instrumentos, principalmente o questionário estruturado subjetivo, nos ajudou á descrever como estavam os conhecimentos dos educandos, de modo que possamos traçar um parâmetro de avanços em relação a evolução de suas concepções.

Juntamente com a entrevista semiestruturada que se deu durante o processo de intervenção, também contamos com a ajuda do diário de pesquisa, que:

Não se trata de anotar tudo o que eles veem, mas aquilo que lhes faz sentido, que desperta reflexões ou sentimentos e, particularmente, que anotem as possíveis relações ou conexões provisórias entre os diferentes fatos ou ideias que cruzam o campo das preocupações apresentadas pela disciplina. Também, proponho que anotem aquilo que os angustia e os envolve. (BARBOSA e HESS, 2010, p. 55)

Podemos trazer esse pensamento para a nossa pesquisa, pois ainda seguindo (BARBOSA e HESS, 2010, p. 60) “é evidente que algumas daquelas anotações não serão aproveitadas, tendo em vista o tema escolhido”. Com isso, após todas as anotações feitas, chega o momento em que serão feitas as filtragens para que se possa aproveitar o que se tem de mais relevante, e que certos momentos não passem despercebido, ou mesmo, não caiam no esquecimento do pesquisador. O diário de pesquisa, por seu objetivo ser o de descrever o ocorrido, detalhando os debates e situações que venham a se caracterizar importantes para a pesquisa, já ajuda na análise dos dados, pois:

Os resultados de certas formas de coleta de dados etnográficos podem ser reduzidos a tabelas, gráficos e diagramas, mas ao todo o relatório etnográfico acabado toma a forma de narrativa, uma longa história cuja meta principal é reproduzir para o leitor a experiência de interação e vivência do etnógrafo numa determinada comunidade (ANGROSINO, p. 32)

2.4 - Intervenção com os educandos

Inicialmente a intervenção foi programada para acontecer no final do ano de 2014, mas como os educandos estavam em época de provas finais, não foi possível, e por este motivo, deixamos para o começo do ano de 2015. Na segunda semana da volta as aulas ocorreram às intervenções, que ocorreram nos dias 9, 11 e 12 de fevereiro de 2015, das 18h 30min às 20h10min.

Tivemos como proposta, uma intervenção que saísse da mesmice do método tradicional em que o aluno só aprende os conteúdos de Física sem que ele faça nenhuma contextualização aplicada ao uso e influências sociais. Para potencializar a contextualização do tema, adotamos a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade.

A expressão “ciência, tecnologia e sociedade” (CTS) procura definir um campo de trabalho acadêmico cujo objetivo de estudo está constituído pelos aspectos sociais da ciência e da tecnologia, tanto no que concerne aos fatores sociais que influem na mudança científico-tecnológica, como no que diz respeito às consequências sociais e ambientais. (CADERNOS DE IBERO-AMÉRICA, 2003, p. 119).

Já de posse dessa abordagem, buscamos com ela, fazer com que o educando compreendesse o conteúdo de Física junto com a:

[...] dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto desde o ponto de vista dos seus antecedentes sociais como de suas consequências sociais e ambientais, ou seja, tanto no que diz respeito aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico-tecnológica, como pelo que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança. (CADERNOS DE IBERO-AMÉRICA, 2003, p. 125).

E afim de “inserir, para o ensino de Ciências, temas que trouxessem a complexidade das interconexões da ciência, tecnologia e sociedade, possibilitando uma reconstrução do status quo da educação científica” (BORTOLETTO e CARVALHO, 2009, p. 04), adotamos como tema O Projeto Manhattan e as Bombas lançadas em Hiroshima e Nagasaki, que foram um marco na história da Física Nuclear, e que nos proporciona um leque maior de possibilidades para fazer uma abordagem CTS.

Na literatura já encontramos muitos livros e artigos que trabalham a abordagem CTS voltada para exemplos como a Física Nuclear, mas mesmo com uma literatura vasta, achamos melhor ler e produzir dois dos três textos utilizados nas intervenções. Como foram três encontros, tivemos como base de norteammento os textos produzidos previamente para que pudéssemos ter mais foco nos conteúdos e nas consequências que queríamos trabalhar com os educandos. Acreditamos que com a posse desses textos elaborados na abordagem CTS, possamos realizar debates durante as leituras, onde de acordo com Assmann:

a realização de debates, de grupos de discussão serve para reorientar o processo de construção do conhecimento, novas leituras, interpretações, associações, críticas, de base para os estudos individuais, e de encorajamento para alcançar os alvos estabelecidos coletivamente. E os caminhos pedagógicos dos alunos e dos grupos são referenciais de avaliação contínua da aprendizagem. Mostram os caminhos do pensamento, o mapa mental realizado, e servem para o diagnóstico e a reorientação metodológica do processo. (ASSMANN, 2005, p. 79)

No primeiro encontro trabalhamos o texto “A ascensão de Hitler e o exílio dos Físicos”. Buscamos com este texto mostrar ao educando como que os cientistas foram tratados, e quais as repressões sofridas por eles por não compactuarem com os ideais de Hitler. Mostramos também como que surgiu a ideia e os primeiros passos para o começo do Projeto Manhattan.

Para o segundo encontro, trabalhamos o texto intitulado de “O Projeto Manhattan”. Focamos na descrição do que foi o projeto, e mostramos a magnitude dos recursos financeiros e tecnológicos utilizados na época.

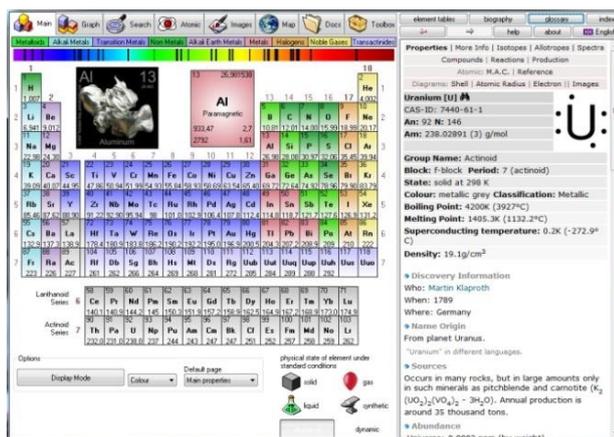
Já no terceiro encontro, finalizamos nossos debates com o texto “Um recado aos soviéticos - Little Boy e Fat Man vão à guerra”. Aqui concluímos nossa intervenção com o propósito de causar reflexões sobre o lançamento das bombas, em relação à motivação, objetivos e consequências de tal ação.

Apesar dos textos já nos darem bons subsídios para trabalhar com os educandos, não nos limitamos apenas a eles, optamos por trabalhar com mais recursos áudio visuais tais como simuladores e vídeos. Pois tivemos o pressuposto de que:

Nos cursos de CTS, várias estratégias de ensino têm sido utilizadas. Elas vão além das práticas atuais de palestras, demonstrações, sessões de questionamento, solução de problemas e experimentos no laboratório. O ensino CTS inclui jogos de simulação e desempenho de papéis, fóruns e debates, projetos individuais e de grupo, redação de cartas para autoridades, pesquisa no campo de trabalho, palestrantes convidados e ação comunitária. Geralmente, a mudança nas estratégias muda o papel do professor para o administrador de classe (gerenciando o tempo, os recursos humanos e o ambiente emocional da classe, além do papel do responsável pela sala de aula. (HOFSTEIN et al. 1988, apud SANTOS e SCHNETZER).

Além de todas essas estratégias apresentadas por HOFSTEIN, também podemos aprimorar a interação com os educandos com a utilização de softwares educacionais, onde o educando poderá ter o domínio da aprendizagem. Para nossa intervenção utilizamos primeiramente o software Periodic Table¹. Tal software é uma tabela periódica digital, que nos deu suporte para uma possível visualização dos elementos a serem trabalhados.

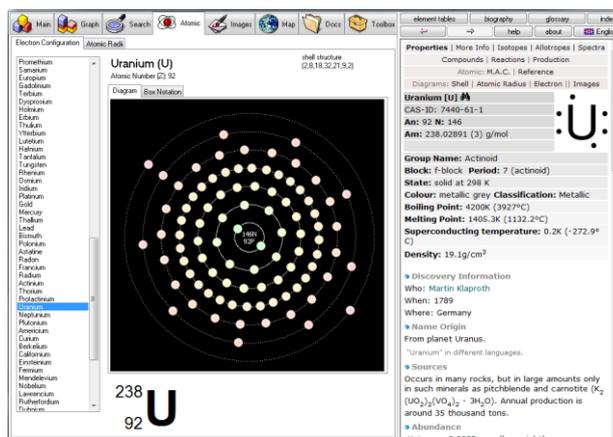
Figura 1: Pagina inicial do Periodic Table



Fonte: <<http://www.baixaki.com.br/download/periodic-table-explorer.htm>> Acesso em: 15 jan. 2015

Na figura 1 temos a página inicial do software, essa página mostra a tabela periódica e ao passar o mouse no elemento, obtemos informações por escrito no lado direito da tela. Essa página inicial também proporciona outras funções que disponibilizam os elementos por características pré-selecionadas.

Figura 2: Representação dos átomos

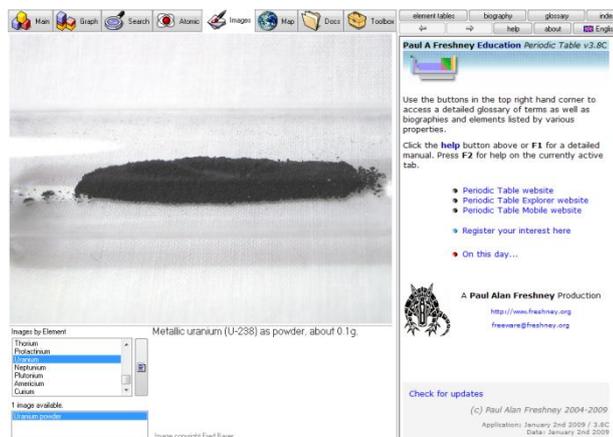


Fonte: <<http://www.baixaki.com.br/download/periodic-table-explorer.htm>> Acesso em: 15 jan. 2015

¹ Podemos encontrar mais informações no site do software: <http://www.periodictableexplorer.com/index.htm>

Na figura 2, buscamos mostrar ao educando como é a organização entre os prótons, nêutrons e elétrons para a formação de um átomo.

Figura 3: Representação dos elementos

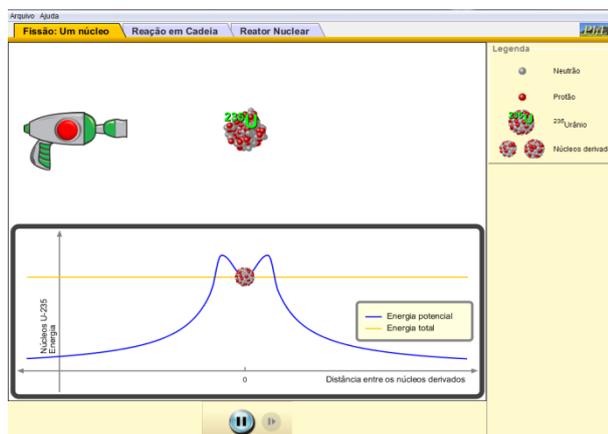


Fonte: <<http://www.baixaki.com.br/download/periodic-table-explorer.htm>> Acesso em: 15 jan. 2015

E na Figura 3 é mostrada a opção de visualização do elemento, que nessa imagem aparece o elemento químico urânio, com ele o educando pode ter a curiosidade de visualizar pela primeira vez todos os elementos que ele nunca viu em sua vida.

Na sequência trabalhamos também com o software educacional PhET², que segundo Oliveira “foi desenvolvido pela Universidade do Colorado e é capaz de simular várias situações em diversas áreas do conhecimento, como por exemplo, Física, Química, Matemática, Computação, Circuitos elétricos, entre outros” (2009, p. 158).

Figura 4: Simulador de Fissão



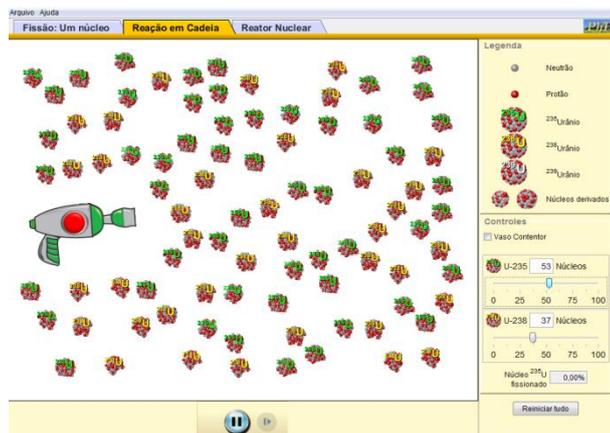
² A simulação pode ser encontrada no site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/nuclear-fission

Fonte: <file:///C:/Program%20Files%20(x86)/PhET/simulations/simse233.html?sim=Nuclear_Fission>

Acesso em: 15 jan. 2015

Na figura 4 podemos trabalhar o princípio básico de uma fissão nuclear. Aqui o educando tem a oportunidade de bombardear o átomo de urânio e ver o que acontece após o bombardeamento.

Figura 5: Reação em cadeia

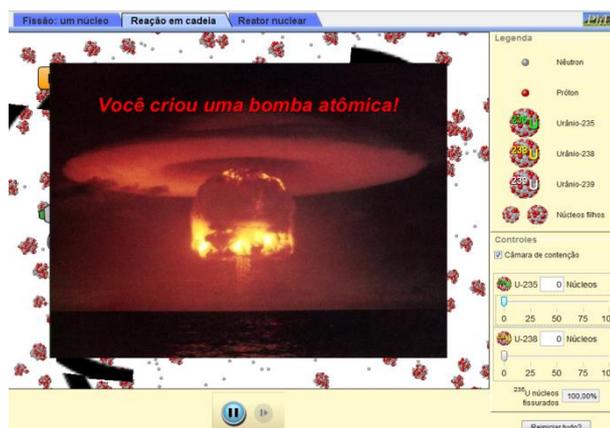


Fonte: <file:///C:/Program%20Files%20(x86)/PhET/simulations/simse233.html?sim=Nuclear_Fission>

Acesso em: 15 jan. 2015

Já na figura 5 podemos trabalhar com os isótopos do urânio, o U^{235} e o U^{238} , instigando o aluno a perceber que apenas um dos isótopos sofre o processo de fissão nuclear, podendo até fazer uma bomba nuclear como é mostrado na figura 6.

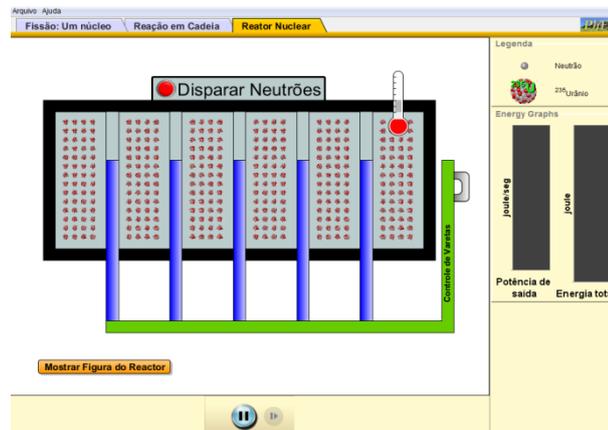
Figura 6: Bomba nuclear



Fonte: <file:///C:/Program%20Files%20(x86)/PhET/simulations/simse233.html?sim=Nuclear_Fission>

Acesso em: 15 jan. 2015

Figura 7: Reator nuclear



Fonte: <file:///C:/Program%20Files%20(x86)/PhET/simulations/simse233.html?sim=Nuclear_Fission>

Acesso em: 15 jan. 2015

Na figura 7 trabalhamos outra forma de aplicação da fissão nuclear, os reatores nucleares. Quando são controlados podem servir para o processo de geração de energia elétrica, e quando não controlado são tratados como bombas nucleares.

Dessa forma, quando o aluno tem contato com ferramentas tecnológicas que lhe permitam explorar de forma mais interativa o conteúdo visto em sala de aula, seu estímulo para aprender aumenta assim como a sua capacidade criativa. Segundo dados do colégio D'Incao, situado em Bauru. SP e coletados da Revista InfoExame, Edição 283, de Agosto de 2009, o interesse por parte dos alunos cresce muito quando há utilização de ferramentas multimídias ou colaborativas, possibilitando ao aluno trabalhar melhor o conteúdo. (OLIVEIRA, 2009, p. 153)

Realmente esperamos que ocorra maior interesse dos educandos enquanto a aprendizagem dos conceitos trabalhados. Mas para complementar ainda mais todos os materiais utilizados, principalmente os textos, de modo que as leituras não ficassem cansativas (apesar de serem textos pequenos), também trabalhamos com trechos de dois documentários feitos pelo History³.

O primeiro intitulado de “Einstein e sua equação de vida e morte”, nos auxiliou a mostra como que o Projeto Manhattan foi criado, e quais foram os

³ A History é um canal de televisão que tem sua programação baseada em documentários, ode muitos deles podem ser utilizados em sala de aula.

possíveis motivos para isso, nos ajudou também a debater o papel que alguns Físicos tiveram na época.

O segundo documentário foi o intitulado de “As Cidades Secretas da Bomba Atômica - Projeto Manhattan⁴”. Esse documentário descreve todo o processo tecnológico juntamente com muitas dificuldades enfrentadas na época em que a bomba fosse construída. Com os trechos utilizados buscamos mostrar e debater com os educandos qual a magnitude de recursos utilizados para tal fim.

A utilização de tais recursos se baseou na concordância que tivemos com Serafim e Sousa enquanto a afirmação de que:

O computador mediante texto, imagem e som interrompe a relação autor/leitor que é claramente definida num livro, passa para um nível mais elevado, reconfigurando a maneira de como é tratada esta relação. A interatividade proporcionada pelos aplicativos multimídia pode auxiliar tanto na tarefa de ensinar quanto na de aprender. (SERAFIM e SOUSA, 2011, p. 25).

Dentre todos esses recursos que foram citados, a seguir colocaremos a organização de como os mesmos foram utilizados de forma cronológica. Sempre tivemos como base os textos, e utilizamos os vídeos e os simuladores como ferramenta de auxílio à aprendizagem.

1º Encontro

- Foi feita uma apresentação dos educandos e do professor, e foi explicado qual o intuito daquelas aulas a serem trabalhadas com eles.
- Baseamo-nos no texto 1 durante todo o encontro: “A ascensão de Hitler e o exílio dos Físicos”.
- Em paralelo ao texto 1, fomos dando pausas e utilizamos os softwares Periodic Table e PhET, e também contamos com a ajuda dos trechos do documentário “Einstein e sua equação de vida e morte”.

2º Encontro

- Baseamo-nos no texto 2 durante todo o encontro: “O Projeto Manhattan”.

⁴ Acesso em <12 de julho de 2014>

<https://www.youtube.com/watch?v=d8WY8viNnII&list=PL9FC1C17F09CC5B79>

https://www.youtube.com/watch?v=s_xdYskEK0s&index=2&list=PL9FC1C17F09CC5B79

<https://www.youtube.com/watch?v=moxVe-8EkbM&list=PL9FC1C17F09CC5B79&index=3>

- Em paralelo ao texto 2, fomos dando pausas e utilizamos os trechos do documentário “As Cidades Secretas da Bomba Atômica - Projeto Manhattan”

3° Encontro

- Baseamo-nos no texto 3 durante todo o encontro: “Um recado aos soviéticos - Little Boy e Fat Man vão à guerra”.
- Em paralelo ao texto 3, fomos debatendo e fazendo conclusões a respeito dos fatos ocorridos.

Não foram feitas entrevistas individuais durante as intervenções, pois visto o número reduzido de educandos que participaram da mesma, durante a própria aula já era o bastante para que fossem feitas as perguntas e que todos eles respondessem em seu próprio diário de sala que foi dado a eles no primeiro encontro.

CAPÍTULO 3

REVISÃO DA LITERATURA

3.1 - CTS Tradição Norte Americana e Tradição Europeia

O enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade nasce como resultado da insatisfação e da necessidade da reformulação dos currículos escolares para que se atendesse as condições e tendências da época. O enfoque CTS teve início nos países do chamado primeiro mundo a partir dos anos 60 e 70, sendo os EUA e a Inglaterra os mais influentes. Tal enfoque apresentou maior impacto internacional em 1988, quando a *International Journal of Science Education* publicou uma edição especial sobre CTS. Para ajudar na divulgação de tal enfoque, foi criada a *International Organization for Science and Technology Education – IOSTER*, e desde sua criação já foram organizados mais de oito Simpósios Internacionais.

Com o término da 2ª guerra mundial e com a consequência da Guerra Fria, foi notório o investimento de capital na área educacional nos EUA. Tais investimentos ganharam mais força com o lançamento do Sputnik pelos soviéticos, quando, de fato, os Norte-Americanos se deram conta de que estavam ficando atrasados em relação à corrida espacial. A partir de então, aumentaram ainda mais os investimentos em projetos direcionados as áreas das ciências e matemática, principalmente projetos voltados para a formação básica. Orientados para o ensino médio destacaram-se o PSSC para a Física, CBA para a Química, BSCS para a Biologia e SMSG para a Matemática, já para os níveis elementares: tinham o SCIS e SAPA, sendo que todos esses projetos foram coordenados por cientistas renomados da época.

Após alguns anos de execução desses projetos, foi feito um relatório, intitulado de Project Synthesis. Nesse relatório constavam resultados de uma pesquisa feita com professores e administradores de escolas, em que eram descritas suas opiniões referentes a quatro grupos de questionamentos.

1. **Ciência para a necessidade pessoal.** A educação científica deveria preparar indivíduos para usar a ciência no sentido de melhorar sua própria vida e para acompanhar o crescimento da tecnologia no mundo.
2. **Ciência para resolver questões sociais.** A educação científica deveria produzir cidadãos informados e preparados para tratar responsabilmente problemas relacionando ciência e questões sociais.
3. **Ciência para ajudar na escolha de carreira.** A educação científica deveria dar a todos os estudantes consciência da natureza e da variedade de carreiras relacionadas com ciência e tecnologia que podem atender diferentes aptidões e interesse
4. **Ciência para formar cientistas.** A educação científica poderia preparar os estudantes para a carreira acadêmica. (SOUZA CRUZ e ZYLBERSZTAJN, 2001, p. 178).

Conforme os resultados apresentados no relatório final, tais projetos não eram satisfatórios em relação aos três primeiros questionamentos, atendendo apenas ao quarto ponto, que se refere à carreira acadêmica. Considerada a natureza dos projetos e a formação dos seus coordenadores, é justificável a obtenção de maior sucesso no quarto ponto.

Como resposta aos resultados apresentados por este estudo, e outros que também foram feitos na época, nasce à necessidade de se implantar um enfoque que aborde os quatro pontos, e no ano de “1980 a NSTA (National Science Teachers Association) anunciou oficialmente CTS como meta central para a educação em ciência na década” (SOUZA CRUZ e ZYLBERSZTAJN, 2001, p. 179).

Diferentemente dos EUA, na Inglaterra a necessidade da criação do enfoque CTS teve início a partir de movimentos sociais voltados para a questão ambiental, a economia, aspectos industriais da tecnologia e falibilidade da ciência. De acordo com BENAKOUCHE (2011) é no contexto dos chamados novos movimentos sociais que emergem nas sociedades mais avançadas do início dos anos 70 do século XX que surgem algumas manifestações específicas que começaram a colocar em dúvida o caráter inócuo ou socialmente positivo de algumas tecnologias ou inovações científicas. Dentre estas manifestações destacam-se o movimento antinuclear europeu, principalmente o alemão, e o próprio movimento ecológico.

Nos Cadernos de Ibero América, os autores Garcia, Cerezo e Luján comparam as duas tradições pioneiras no enfoque CTS, a tradição Europeia e a Norte-Americana, sugerindo que, enquanto na tradição europeia ocorreu uma

institucionalização acadêmica em suas origens, dando ênfase aos fatos sociais antecedentes e dando mais atenção à ciência com a tecnologia em segundo plano, na tradição Norte-Americana observa-se uma institucionalização administrativa e acadêmica em sua origem, com ênfase nas consequências sociais, colocando à tecnologia em primeiro plano e a ciência em uma linha secundária. Também foi atribuído um caráter teórico e descritivo para a tradição europeia, que teve como marco explicativo as ciências sociais. Já na tradição Norte-Americana observa-se um caráter prático e valorativo, em que a ética e a teoria da educação aparecem na base da avaliação.

3.2- Ciência Tecnologia e Sociedade na América Latina e no Brasil

Como vimos anteriormente quando analisamos a tendência norte-americana e a europeia, tais tendências tiveram início após manifestações sociais em relação à insatisfação com as aplicações da ciência e da tecnologia e a necessidade da reformulação do currículo escolar. Estas insatisfações ocorreram em meados das décadas de 60 e 70, e a partir dessas décadas, já começaram a se desenvolver os enfoques CTS.

Na América Latina tivemos estudos voltados para o enfoque CTS por volta dos anos 60 e 70, na mesma época das principais tradições em CTS. Tal enfoque veio para os latinos não como uma proposta de se ter a sociedade cooperando com a ciência, mas “como um pensamento latino-americano em política científica e tecnológica” (VACCAREZZA apud CARLETTO, 2011, p. 102), dando apenas competências as políticas públicas.

Na época, enquanto a reflexão CTS era voltada para a constituição de conhecimentos no campo da C&T, a crítica a esse movimento tentava trazer tais reflexões para o campo social, buscando atender as “necessidades locais e adquirindo características de movimento de opinião e pressão social” (CARLETTO, 2011, p. 102-103). Posteriormente surge o Pensamento Latino Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade (PLACTS).

No que se refere ao histórico brasileiro, podemos afirmar que, diferente do processo ocorrido nos países de primeiro mundo, onde o cidadão já se posicionava

em relação aos temas de C&T associados à sociedade, no Brasil o histórico do desenvolvimento CTS é bem diferente. Mesmo porque, o nascimento do movimento CTS está diretamente vinculado ao desenvolvimento científico e tecnológico, e no Brasil só se identifica maiores investimentos para o desenvolvimento da C&T a partir dos anos 60, com a criação da Universidade de Brasília (UnB/ 1961), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), o início do primeiro curso da Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia (CoPPE) e a criação do Fundo de Desenvolvimento Técnico-Científico (Funtec/1964). Tais iniciativas deram o pontapé inicial para o desenvolvimento da C&T nacionais, superando a premissa equivocada de que o país deveria abrir mão do desenvolvimento tecnológico autônomo, considerando que uma análise do custo-benefício indicava como mais “rentável” a importação de tecnologia” (AULER e BAZZO, 2001, p. 7).

Para os referidos autores, mesmo o CNPq tendo financiando os estudos da época em Energia Nuclear, as opiniões dos cientistas não eram consultadas em relação às tomadas de decisões políticas em relação aos acordos internacionais. Fica evidente, portanto, a grande distância da linha de conversa entre a sociedade e os poderes constituídos na tomada de decisões em relação à C&T.

Atualmente o Brasil já tem referências quando se fala do enfoque CTS. Podemos citar: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP); Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ); Universidade de Brasília (UnB); Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Tais universidades têm grupos de estudos que fazem:

Entende-se que a pesquisa revela aspectos promissores para o contexto brasileiro. Um conjunto significativo de trabalhos incorpora a compreensão de que CTS é muito mais do que uma nova metodologia. Implica, acima de tudo, um redimensionamento no campo curricular, sendo este o ponto de partida para a constituição de temas, problemas reais, vividos pela comunidade escolar. Temas, problemas reais marcados pela complexidade, não abarcáveis pelo viés disciplinar. Não abarcáveis, inclusive, pelos conhecimentos das assim chamadas ciências naturais. Uma compreensão mais crítica, dos problemas vividos, pode estar associada a movimentos de transformação, de superação. (HUNSCHE, DALMOLIN, ROSO, SANTOS, AULER, 2000, p. 11).

A partir desses e outros grupos de estudos, foi publicado em 2008 o documento fundador da Rede Latino-Americana Interuniversitária de Ensino CTS, e com a criação desse documento, é caracterizado o enfoque CTS crítico, que segundo CARLETTO (2011) se articula com o PLACTS, cuja especificidade está na valorização do político como uma dimensão indispensável da relação entre ciência, tecnologia e sociedade e na incorporação de aspectos explicativos, sócio-históricos, que assegurem uma melhor compreensão na maneira como se construíram historicamente essas relações.

Conforme o autor, o adjetivo crítico associado ao movimento CTS assemelha-se com a clássica formulação da teoria crítica: o interesse pela supressão da injustiça social.

3.3- Ciência Tecnologia e Sociedade: em busca de um conceito

No decorrer da história da humanidade nos deparamos com grandes avanços científicos. Tais avanços vão desde a cura de doenças, que eram ditas incuráveis, os avanços na agricultura em relação a agrotóxicos e alimentos transgênicos e até mesmo a construção de armas de destruição em massa. Com tais construções nasce à preocupação de como a sociedade estava, está, e como irá se portar em meio a todos esses avanços científicos e tecnológicos. Tais preocupações condizem com a abordagem do enfoque CTS, onde (CEREZO, LUJÁN, 2000) afirmam que “os estudos em CTS se ocupam primordialmente da dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto do ponto de vista de seus antecedentes como de suas consequências”.

Em torno destes avanços, nascem preocupações e grandes inquietações da sociedade com relação a temas polêmicos, tais como: o grande crescimento populacional e a questão da produção de alimentos em larga escala e em curto intervalo de tempo.

No ritmo de produção natural não seria possível de se cumprir tal necessidade de produção de alimentos, pois temos também as pragas nas lavouras. Surgiu então a solução que é a utilização de agrotóxicos para se combater as pragas e minimizar as perdas. Apenas esquecemos de que os agrotóxicos

combatem as pragas, mas o mesmo permanece nos alimentos a serem consumidos, e isso é um problema.

Outro exemplo são as falsas necessidades geradas a partir das indústrias farmacêuticas e de cosméticos que, ao propagarem o consumo exagerado de seus produtos, condicionam a pesquisa a fornecer inovações na área sem a menor preocupação com a natureza nem com os animais.

Na contramão desse processo surgem questionamentos e protestos em defesa da natureza e em favor dos animais. De acordo com alguns cientistas e ativistas, existem outras formas e outros caminhos muito mais seguros e saudáveis que, por simples questões econômicas e interesses de mercado são, simplesmente, descartados.

Estes são apenas dois exemplos que a partir de uma necessidade, seja ela real ou forçada por interesse de mercado, aparecem soluções que, no mínimo, deveriam ser discutidas e melhor avaliadas pelo conjunto da sociedade. É neste contexto que se situa o enfoque CTS.

O aspecto mais inovador deste novo enfoque se encontra na caracterização social dos fatores responsáveis pela mudança científica. Propõe-se em geral entender a ciência-tecnologia não como um processo ou atividade autônoma que segue uma lógica interna de desenvolvimento em seu funcionamento ótimo (resultante da aplicação de um método cognitivo e um código de conduta), mas sim como um processo ou produto inerentemente social onde os elementos não-epistêmicos ou técnicos (por exemplo: valores morais, convicções religiosas, interesses profissionais, pressões econômicas etc.) desempenham um papel decisivo na gênese e na consolidação das ideias científicas e dos artefatos tecnológicos (CADERNOS DE IBERO-AMÉRICA p, 123-124).

Seguindo a linha de raciocínio de que questionamentos são necessários e que podem ser feitos não apenas por cientistas e pesquisadores, mas por amplos setores da sociedade, podemos adaptar o enfoque CTS para outras situações.

- No campo da investigação ou campo acadêmico: promovendo uma visão mais contextualizada da ciência, centram-se numa análise de natureza mais conceitual da dimensão social da ciência e da tecnologia;
- No campo das políticas públicas: defendendo uma participação pública ativa em questões que envolvem ciência e tecnologia,

possuem uma natureza mais prática e política, de ativismo ou militância, e estão mais centrados nas consequências sociais do desenvolvimento científico-tecnológico;

- No campo da educação: buscando um ensino de ciência mais crítico e contextualizado, que contribua para promover a participação da sociedade em questões relacionadas ao desenvolvimento científico-tecnológico; (GARCIA 1996 apud STRIEDER, 2008, p. 21).

Em relação às três vertentes que o enfoque CTS pode seguir, podemos fazer uma relação entre as três, onde o campo educacional pode ser considerado uma consequência do campo acadêmico que terá como consequência o campo das políticas públicas. Num processo de auto alimentação em que campo de investigação que é o acadêmico, seja responsável pela produção das referências bibliográficas e materiais que serão utilizadas por professores no campo educacional, assim já no espaço educacional os estudantes terão formação gerada pelo enfoque CTS e, conseqüentemente entrarão no campo de discussão das políticas públicas, visto que tal enfoque lhe deu maior poder crítico e científico.

Em síntese, apontamos como objetivos de uma abordagem CTS: formar cidadãos melhor informados ou alfabetizados em ciência e tecnologia, críticos em relação ao desenvolvimento científico tecnológico, capazes de tomar decisões e lidar com as implicações sociais desse. (STRIEDER, 2008, p. 40)

3.4 - Perspectiva de Paulo Freire para Educação

Em duas de suas primeiras obras, “Educação como Prática da Liberdade (1967)” e a “Pedagogia do Oprimido (1970)”, Paulo Freire procura estabelecer alguns critérios para aquilo que ele chama de uma educação libertadora, isto é, uma educação comprometida e que toma partido em favor dos oprimidos. É no contexto de um projeto de alfabetização de adultos e no contato com situações de extrema pobreza no interior do estado de Pernambuco que Paulo Freire estabelece as bases para a sua filosofia da educação. A leitura do mundo antecede a leitura da palavra e, a leitura desta deveria ser feita a partir de uma leitura daquela.

Para a elaboração de sua concepção de educação, Paulo Freire faz uma dura crítica à educação tradicional que ele chama de educação bancária e, a partir

de sugestões para transformar o referido cenário, vai apresentando sua tese de uma educação socialmente comprometida que ele denomina de problematizadora e libertadora.

Para o autor, o cenário educacional estava arraigado a um formato tradicional baseado em aulas expositivas em que o professor dito “educador” era possuidor da verdade e, aos alunos “educandos”, só restava o direito ou dever de assistir as narrações dos fatos. O ensino se baseava apenas na fala do educador.

Narração de conteúdos que, por isto mesmo, tendem a petrificar-se ou a fazer-se algo quase morto, sejam valores ou dimensões concretas da realidade. Narração ou dissertação que implica num sujeito – o narrador – e em objetos pacientes, ouvintes – os educandos (FREIRE, 1994, p. 33).

Assim, podemos também caracterizar tal ensino como o dito ensino tradicional, que se baseia na ação de repetição dos alunos quando o professor ensina algum conteúdo novo. Ensinar que se baseia no ato de que o professor é o ser supremo e que ninguém sabe mais do que ele. Ao invés de concepção tradicional, Freire chama tal ato de concepção “bancária”, onde:

Na visão “bancária” da educação, o “saber” é uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam nada saber. Doação que se funda numa das manifestações instrumentais da ideologia da opressão – a absolutização da ignorância, que constitui o que chamamos de alienação da ignorância, segundo a qual está se encontra sempre no outro (FREIRE, 1994, p. 33).

Em tal concepção o aluno é julgado como um ser que não sabe de nada, e que está ali para aprender, de forma que ele próprio não pode contribuir para tal processo. Apenas o professor tem o papel de fazê-lo “aprender”. Ao negar ao aluno o poder de pensar e de se expressar, a educação bancária não permite a transformação do mundo.

Na medida em que esta visão “bancária” anula o poder criador dos educandos ou o minimiza, estimulando sua ingenuidade e não sua criticidade, satisfaz aos interesses dos opressores: para estes, o fundamental não é o desnudamento do mundo, a sua transformação[...] (FREIRE, 1994, p. 34).

Naturalmente vivemos em uma sociedade feita de interesses. Todas as ações humanas, incluindo as científicas, são orientadas por interesses e,

considerando que a área da educação é um dos principais espaços de formação de opiniões, deve existir um motivo para que tal concepção possa estar sendo aplicada. De acordo com Freire,

Esta é uma concepção que, implicando numa prática, somente pode interessar aos opressores que estarão tão mais em paz, quanto mais adequados estejam os homens ao mundo. E tão mais preocupados, quanto mais questionando o mundo estejam os homens (FREIRE, 1994, p. 36).

Neste caso, podemos concluir que, o ato de difundir e persistir em uma concepção “bancária” de educação, é uma forma velada de contribuir com os opressores, porque, inibindo o poder de criação e de atuação, obstaculiza a atuação dos homens, como sujeitos de sua ação, como seres de opção, os frustrando-os. (FREIRE, 1994, p. 37).

De forma a não contribuir para a concepção “bancária”, Freire introduz o conceito de libertação, que é o ato de se libertar dos opressores, e do sistema criado por eles. Assim Freire começa a disseminar uma concepção de educação que vai contra a concepção bancária.

A educação que se impõe aos que verdadeiramente se comprometem com a libertação não pode fundar-se numa compreensão dos homens como seres “vazios” a quem o mundo “encha” de conteúdos; não pode basear-se numa consciência especializada, mecanicistamente compartimentada, mas nos homens como “corpos conscientes” e na consciência como consciência interacionada ao mundo. Não pode ser a do depósito de conteúdos, mas a da problematização dos homens em suas relações com o mundo. (FREIRE, 1994, p. 38).

Aqui se inicia a construção de suas teses, com uma abordagem humanista, em que a experiência de vida do educando é levada em consideração. Se a concepção “bancária” nega a dialogicidade como essência da educação e se faz antidialógica; para realizar a superação, a educação problematizadora – situação gnosiológica – afirma a dialogicidade e se faz dialógica (FREIRE, 1994, p. 39).

Enquanto, na concepção “bancária” – permita-se nos a repetição insistente – o educador vai “enchendo” os educandos de falso saber, que são os conteúdos impostos, na prática problematizadora, vão os educadores desenvolvendo o seu poder de captação e de compreensão do mundo que lhes aparece, em suas relações com ele, não mais como uma realidade estática, mas como uma realidade em transformação, em processo (FREIRE, 1994, p. 41).

Para uma boa prática da concepção problematizadora não basta apenas o educador adotar a dialogicidade e a mudança na prática em sala de aula. O mesmo necessita de mudanças em seu comportamento e pensamento interior, como afirma FREIRE:

A auto-suficiência é incompatível com o diálogo. Os homens que não têm humildade ou a perdem, não podem aproximar-se do povo. Não podem ser seus companheiros de pronúncia do mundo. Se alguém não é capaz de sentir-se e saber-se tão bem quanto os outros, é que lhe falta ainda muito que caminhar, para chegar ao lugar de encontro com eles. Neste lugar de encontro, não há ignorantes absolutos, nem sábios absolutos: há homens que em comunhão, buscam saber mais. (FREIRE, 1994, p. 46)

Contrariamente à concepção bancária, onde eram feitos depósitos de informações nos educandos, a problematização inicialmente parte da premissa de que a educação “não se faz de “A” para “B” ou de “A” sobre “B”, mas de “A” com “B”, mediatizados pelo mundo” (FREIRE, 1994, p. 48). Aqui o educador tem o papel de: a partir do conhecimento de mundo do educando, fazer uma “revolução organizada, sistematizada e acrescentada ao povo, daqueles elementos que este lhe entregou de forma desestruturada”. (FREIRE, 1994, p. 47).

Nosso papel não é falar ao povo sobre a nossa visão de mundo, ou tentar impô-la a ele, mas dialogar com ele sobre a sua e a nossa. Temos de estar convencidos de que a sua visão do mundo, que se manifesta nas várias formas de sua ação, reflete a sua situação no mundo, em que se constitui. A ação educativa e política não pode prescindir do conhecimento crítico dessa situação, sob pena de se fazer “bancária” ou de pregar no deserto. (FREIRE, 1994, p. 49)

CAPÍTULO 4

FÍSICA NUCLEAR: ASPECTOS TEÓRICOS E CONCEITUAIS

Para entender o funcionamento, e os conceitos envolvidos em uma bomba nuclear, primeiramente precisamos entender como os átomos se estruturam, e quais as forças que atuam sobre eles. Por isso, neste capítulo será explicado ao leitor desde a evolução dos modelos atômicos, até algumas aplicações que se tem a partir do conhecimento científico da estrutura atômica

4.1 - Os Gregos e o átomo

Os primeiros a pensarem sobre a constituição da matéria foram os atomistas Gregos. Leucipo e Demócrito foram os primeiros a enfatizarem a necessidade de se estudar as propriedades da matéria.

Leucipo e Demócrito estabeleceram a noção de átomo a partir de bases filosóficas. Pensaram que, se partimos uma fração qualquer de matéria e formos executando sucessivas subdivisões, chegará o momento em que não mais será possível continuar este processo. (PERUZZO, 2012, p 1)

Temos aqui a primeira ideia de que o átomo é indivisível.

4.2 - Modelo atômico de Dalton

No início do século XIX o cientista John Dalton após ter feito vários experimentos, conseguiu concluir uma nova teoria atômica. Para ele “a matéria é constituída de pequenas partículas esféricas maciças e indivisíveis, denominadas átomos”. (Peruzzo, 2012, p. 2). Ele definiu também que essas esferas tinham massa, tamanho, propriedades, e que essas três características eram os fatores determinantes para a classificação do elemento.

4.3 - O átomo de Thomson

O modelo de J. J. Thomson veio após a descoberta dos elétrons, com isso, já se considerava a propriedade das cargas elétricas. Tal modelo permaneceu com a esfera maciça do átomo de Dalton, mas acrescentava que essa esfera tinha carga positiva, e que os elétrons, que eram portadores de cargas negativas, ficavam distribuídos uniformemente no interior dessa esfera. Thomson também fez considerações em relação ao comportamento dos elétrons, onde:

poderiam oscilar e emitir ondas eletromagnéticas como raios X e os raios gama, ou serem ejetados do átomo, o que explicaria a radiação β (beta). Conseguia explicar também a neutralidade da matéria, a teoria cinética dos gases, grande parte dos efeitos térmicos e elétricos, entre outros. No entanto, o modelo apresentava sérias dificuldades para explicar outros fenômenos, como a emissão de partículas α (alfa) pelos átomos, uma vez que, necessariamente deveriam provir de uma região de carga positiva concentrada. (PERUZZO, 2012, p. 2)

Sempre que o modelo atômico sugerido pelos cientistas não conseguia explicar todos os fenômenos conhecidos na época, ficavam abertas as possibilidades para estudos de novos modelos que viessem a suprir tais necessidades. Com o modelo de Thomson não foi diferente, a falta de algumas explicações plausíveis para certos fenômenos fez com que posteriormente Rutherford chegasse a um novo modelo para o átomo.

4.4 - A Proposta de Rutherford para o modelo atômico

Em 1911, pouco tempo após o modelo atômico de Thomson ser divulgado, o Físico neozelandês Ernest Rutherford, que por sinal foi ex-aluno de Thomson, propôs um novo modelo atômico. Esse modelo foi concluído depois de repetidas execuções de um experimento em que ele utilizava partículas alfa para bombardear uma folha de Au (ouro).

O experimento foi composto por um bloco oco de Pb (Chumbo), uma lâmina de Au (ouro), e partículas α (alfa) que eram emitidas pelo elemento Po (Polônio). O objetivo era o de bombardear a lâmina de Au com as partículas α , e para isso, o Po foi colocado dentro do bloco oco de Pb, onde no mesmo havia um orifício que fazia

com que as partículas α saírem na forma de um feixe até atingirem a lâmina de Au, que tinha espessura aproximada de 500nm. Segundo o modelo de Thomson “o espalhamento causado por um átomo da folha era estimado ser da ordem de apenas 0,0057°” (Oliveira, 2005, p. 108), mas o que ocorreu é que as partículas α “chegavam até mesmo a ser refletidas pela folha de volta sobre a direção de incidência, ou seja, sofriam espalhamento de 180°” (OLIVEIRA, 2005, p. 109). Após muitas reflexões Rutherford declarou:

Refletindo, percebi que esse retroespalhamento deveria ser produzido por uma única colisão, e fazendo as contas vi que seria impossível obter qualquer coisa dessa ordem de grandeza, exceto em um sistema em que a maior parte da massa do átomo estivesse concentrada em um núcleo diminuto. Foi, então, que tive a idéia de um átomo com carga (positiva) e massa concentrada em uma minúscula região central (CHESMAN, ANDRÉ, MACÊDO, 2004 p. 125).

Rutherford também chega à conclusão de que deveria existir outra partícula de carga elétrica neutra e de massa próxima à da partícula de carga elétrica positiva (próton). Essa partícula de carga elétrica neutra:

[...]foi descoberta por um de seus alunos, James Chadwick, em 1932, após cerca de 15 anos de intenso trabalho com tal finalidade. Bombardeando o berílio com partículas α , obteve carbono (C) e uma partícula de carga nula, de mesma massa do próton, denominada nêutron (n) (PERUZZO, 2012, p. 6).

Com tal resultado, o modelo planetário de Rutherford para a constituição do átomo fica composto por “prótons, com carga elétrica positiva e nêutron com carga elétrica neutra, localizados no núcleo e, elétrons, com carga elétrica negativa, e massa 1/1840 do próton, situado na eletrosfera” (PERUZZO, 2012, p. 6).

Mesmo com tal intensidade de resultados obtidos nos experimentos, esse modelo ainda tinha uma falha, estrutural ou mesmo conceitual.

“Esse modelo era incompatível com a estabilidade do átomo por que, segundo a teoria eletromagnética, os elétrons deveriam irradiar continuamente em seu movimento circular e, perdendo sua energia, cair no núcleo central” (PATY, 2009, p. 54).

Mais uma vez fica em aberto o espaço para mais pesquisas com o propósito de se chegar a um modelo atômico que condiz e que explique todos os fenômenos ligados à estrutura atômica. A resposta virá com o modelo Quântico de Bohr.

4.5 - Modelo Atômico Quântico de Bohr

Como vimos anteriormente nos outros modelos atômicos, cada modelo é sempre a atualização do anterior. Vimos que o modelo de Thomson mantinha o padrão de uma *esfera maciça* descrita por Dalton, acrescentando o conceito de *carga elétrica* (esfera com carga positiva, com elétrons uniformemente distribuídos com cargas negativas). Já Rutherford fez seu modelo apenas mudando a forma estrutural dos dois modelos anteriores, ele manteve o conceito de *esfera maciça (núcleo)*, e o conceito de *carga elétrica* (positiva no núcleo e negativa na eletrosfera). Bohr se deteve mais na explicação dos fenômenos que envolvem os elétrons, pois ainda tinham lacunas no modelo anterior, assim:

Bohr formulou a hipótese que as órbitas percorridas pelos elétrons correspondem em níveis de energia quantificados bem definidos, e que os elétrons só mudam de órbita em saltos descontínuos de um nível de energia E_m para outro E_n , conforme a relação $|E_m - E_n| = h\nu$, com emissão (se $E_m > E_n$) ou absorção (se $E_m < E_n$) de uma radiação de frequência ν . Arnold Sommerfeld (1868-1951) refinou em seguida esse modelo, introduzindo correções relativísticas, admitindo que os elétrons percorriam as órbitas animados por grandes velocidades. (PATY, 2009, p. 54-55).

Com a conquista de um modelo atômico que suprimiu as necessidades da prática e da teoria atômica, os cientistas começaram a estudar os fenômenos provenientes do núcleo do átomo a partir do final do século XIX. Eles chegaram à conclusão de que existem dois tipos de átomos, os que possuem núcleos estáveis, que “são aqueles que não sofrem nenhum tipo de transmutação com o tempo, ou seja, não decaem emitindo partículas subatômicas” (OLIVEIRA, 2009, p. 225), e os núcleos instáveis são aqueles que com o passar do tempo, vão emitindo partículas subatômicas.

4.6 - Estudo dos átomos instáveis

Em 1896, em uma reunião da Academia de Ciência, Henri Becquerel apresentou um trabalho, o mesmo “[...] é descrito por vários autores como contendo

a descoberta da radioatividade” (Becquerel 1896b apud Martins). Sendo assim, segue o trecho do trabalho de Becquerel que sustenta o descrito:

Insistirei particularmente sobre o seguinte fato, que me parece muito importante e estranho ao domínio dos fenômenos que se esperaria observar. Os mesmos flocos cristalinos, colocados junto às chapas fotográficas, nas mesmas condições, isolados pelos mesmos anteparos, mas sem receber excitação pela incidência de radiação e mantidos no escuro, ainda produzem as mesmas impressões fotográficas. Este foi o modo pelo qual fui levado a fazer essas observações: entre os experimentos precedentes, alguns foram preparados na quarta-feira, 26, e na quinta-feira, 27 de fevereiro; e como, nesses dias, o Sol apareceu apenas de modo intermitente, guardei os experimentos que havia preparado e coloquei as chapas com seus envoltórios na obscuridade da gaveta de um móvel, deixando os flocos de sal de urânio em seu lugar. Com o Sol não apareceu nos dias seguintes, no dia 1 de março eu revelei as chapas fotográficas, esperando encontrar imagens muito fracas. Pelo contrário, as silhuetas apareceram com uma forte intensidade. Eu logo pensei que a ação deveria ter continuado na obscuridade [...] (BECQUEREL 1896b, p. 502. apud MARTINS).

A partir de então, o ano de 1896 fica “marcado” como o da descoberta da radioatividade. Como consequência, se fortalece mais um ramo na Física, o que vai estudar os fenômenos passíveis da instabilidade do núcleo atômico, a radioatividade. Com o decorrer das pesquisas:

Em 1900, Rutherford e o casal Curie descobriram, de forma independente, as radiações α^5 (alfa) e β^6 oriundas dos elementos radioativos. No mesmo ano o físico francês P. Villard observou que tais elementos radioativos também emitiam a radiação (gama)⁷. No ano seguinte Becquerel também observou as radiações α e β no estudo de desvios na presença de campos elétricos e magnéticos. (PERUZZO, 2012, p. 20).

Podemos concluir que a “radiação é uma forma de energia, emitida por uma fonte, e que se propaga de um ponto a outro sob a forma de partículas com ou sem carga elétrica, ou ainda sob a forma de ondas eletromagnéticas” (OKUMO, 2007, p. 12). Tais radiações são classificadas em dois tipos: Radiação Corpuscular e Radiação Eletromagnética.

⁵ Composta por dois prótons e dois nêutrons (Núcleo de Hélio).

⁶ Tem como composição o elétron.

⁷ É uma onda eletromagnética de alto poder de penetração.

A Radiação Corpuscular se caracteriza sob a forma de partículas. A fim de buscar a estabilidade energética no núcleo do elemento, o mesmo pode emitir partícula alfa ou mesmo partícula beta. “Esse fenômeno é chamado de desintegração ou decaimento nuclear, e como resultado de tal emissão, o radionuclídeo pode se transformar em outro elemento” (OKUMO, 2007, p. 12). Esse decaimento ocorre até que o elemento se torne estável.

Caso a radiação apareça sob a forma de onda eletromagnética, ela ganha a denominação de Radiação Eletromagnética. Temos como exemplo os raios gama, que podem ser oriundos do núcleo instável dos elementos.

“Muito frequentemente, um núcleo que realiza um decaimento radioativo é deixado em um estado de energia excitada, e pode então realizar um segundo decaimento para um estado de energia mais baixa, talvez para o estado fundamental, emitindo um fóton⁸. Os fótons emitidos nesse processo são chamados de **raios gama**. [...] Quando um núcleo decai emitindo um raio gama, ele não se modifica” (SERWAY, 2010, p. 1201).

4.7 - As quatro interações fundamentais

Temos por definição que força é a responsável por alterar o estado de repouso ou movimento de um corpo. Perante a Física Moderna, esse conceito de força se mantém, mas acrescenta-se o conceito das partículas mediadoras, que são partículas responsáveis por transmitir as forças de um corpo para outro.

Todas as forças são classificadas entre quatro interações fundamentais: Interação Gravitacional, Interação Eletromagnética, Interação Forte e Interação Fraca. Cada interação dessas é mediada por uma partícula característica.

Quando se define a intensidade da força de uma das quatro diferentes interações, geralmente refere-se a valores relativos às constantes de acoplamento que multiplicam a parte variável da função energia potencial, a partir da qual se calcula a força.

⁸ Esses fótons são emitidos com energia próxima de 1MeV, para se ter noção, a luz visível tem energia da ordem de alguns elétron-volts.

No caso da força eletromagnética, a energia potencial elétrica (U) entre duas cargas elementares (e), separadas por uma distância r é:

$$U(r) = -\frac{ke^2}{r}$$

Para tornar adimensional o fator que multiplica a parte $1/r$, que é variável, dividimos $U(r)$ por $\hbar c$ (sendo $\hbar = h/2\pi$) e obtemos a energia potencial em $(1/m)$:

$$U(r) = -\frac{1}{137} \frac{1}{r}$$

A constante na equação é:

$$\alpha = \frac{ke^2}{\hbar c} \approx \frac{1}{137}$$

A qual é denominada constante da estrutura fina.

4.8 - Interação Gravitacional

A interação gravitacional descreve a força de atração que existe entre dois corpos portadores de massa, e tem como partícula mediadora o gráviton. “A lei de força mais antiga conhecida é a lei de Newton da gravitação universal” (NUSSENZVEIG, 2011, p. 82).

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

Essa equação nos mostra que a força é diretamente proporcional ao produto das massas ($m_1 m_2$), assim, quanto maior a massa dos corpos, maior será a força de atração entre os mesmos. Contudo, a mesma é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os corpos ($1/d^2$), com isso, a força decresce exponencialmente conforme se aumenta a distância entre os mesmos. Essa constante G que aparece é uma constante universal, e tem valor aproximado de:

$$G \approx 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{Kg}^2$$

Caso se considere dois corpos de 1 Kg cada, e separados por uma distância de 1m, a força de atração entre eles será igual a constante G . Mesmo sendo essa a

força que nos segura na superfície terrestre, ela “é a mais fraca de todas as interações fundamentais conhecidas” (NUSSENZVEIG, 2011, p. 82).

4.9 - Interação Eletromagnética

Esta é uma interação característica de corpos que possuem carga elétrica, tem como partícula mediadora o fóton e é de caráter atrativo para corpos de cargas diferentes, e de caráter repulsivo para corpos de cargas iguais. A mesma é a responsável por manter a formação do átomo, cujo tem elétrons na eletrosfera e os prótons e nêutrons no núcleo. Sua intensidade pode ser medida com a equação:

$$F_{el} = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

Onde K é a constante eletrostática do meio em questão, que se for o vácuo é dado por:

$$K_0 \approx 8,99 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

Analogamente a interação gravitacional, esta é uma interação de longo alcance, mesmo que seja inversamente proporcional à distância.

4.10 - Interação Forte ou Força Nuclear

Como já vimos anteriormente, o átomo é constituído de um núcleo que contém prótons e nêutrons, e da eletrosfera que contém os elétrons. Vimos também que a interação eletromagnética atua em corpos portadores de carga, e se elas tiverem mesmo sinal, esta interação atuará de força repulsiva. Visto que no núcleo do átomo se tem apenas cargas positivas, fica a indagação do porquê que o núcleo não explode? Isso se deve a interação forte, essa interação é a responsável por exercer uma força contrária à da repulsão mutua dos prótons dentro do núcleo do átomo.

O alcance da interação forte é da ordem de 10^{-15}m ou 1fm. A constante de acoplamento α_s da interação forte é aproximadamente igual a 1, isto é, mais de 100 vezes maior que a constante de acoplamento $\alpha \approx 1/137$ da interação eletromagnética. [...] O tempo de interação característico da

interação forte é extremamente pequeno, da ordem de 10^{-23} s. (TIPLER, 2001, p.409).

Temos que a interação forte é a mais intensa das interações fundamentais, e que qualquer evento que venha a acontecer provindo dessa interação, será realizado nesse intervalo de tempo de 10^{-23} s. Essa interação ainda “é mediada por uma partícula chamada glúon, que interage entre os quarks, partículas elementares que compõem os hádrons” (PERUZZO, 2012, p.58).

Ao contrário das interações gravitacionais e da eletromagnética, a interação forte não tem alcance infinito, a mesma realmente só tem alcance para dimensões da ordem do núcleo atômico.

4.11 - Interação Fraca ou Força Fraca

A interação fraca juntamente como a interação forte, são duas interações que atuam unicamente no núcleo do átomo. Enquanto que a interação forte busca a estabilidade do núcleo, a interação fraca tem um curto alcance e é responsável por “produzir instabilidade em certos núcleos. [...] descobriu-se mais tarde que elas têm um papel fundamental na maioria das reações de decaimento radiativo” (SERWAY, JEWETT, 2004 p. 166).

O alcance das interações fracas é da ordem de 10^{-18} m ou 10^{-3} fm. [...] O tempo de interação característico varia de 10^{-16} s a 10^{-10} s [...]. A interação fraca, cuja intensidade é aproximadamente 10^5 vezes menor que a da interação forte, é mediada por três partículas: a W^+ , a W^- e a Z^0 (o W vem de “weak”, que significa “fraco”, e o Z vem de “zero”). As três partículas têm spin $1\hbar$ e são portanto bósons. Foram todas descobertas em 1983 por C. Rubbia e colaboradores do CERN (TIPLER, 2001, p.411-412).

De forma a sintetizar os pontos abordados anteriormente a tabela a seguir:

Mostra as principais características das quatro forças fundamentais. A intensidade tomada como referência é a da força nuclear forte, de tal forma que se possa perceber quão fortes ou fracas são umas forças em relação a outras. Todas as interações são intermediadas por bósons, que são partículas trocadas entre os elementos que efetivamente sentem as forças. A massa é dada em GeV/c^2 , o alcance em m e o tempo de interação em s. Todos os bósons têm spin igual a 1, com exceção do gráviton que tem spin igual a 2. (PERUZZO, 2012, p.59).

Tabela 1: Tabela característica das Forças Fundamentais

Bóson	Massa (GeV/c ²)	Fonte	Alcance (m)	t. de Inter. (s)	α
Glúon	0	Carga de Cor	10^{-15}	10^{-23}	1
Fóton	0	Carga Elétrica	∞	10^{-18}	1/137
W^+	80,4	Carga Fraca	10^{-18}	$10^{-16} - 10^{-10}$	10^{-5}
W^-	80,4	Carga Fraca	10^{-18}	$10^{-16} - 10^{-10}$	10^{-5}
Z^0	91,187	Carga Fraca	10^{-18}	$10^{-16} - 10^{-10}$	10^{-5}
Gráviton	0	Massa	∞	-	10^{-38}

Fonte: (PERUZZO, 2012, p.59).

Além dos fenômenos provindos da instabilidade natural dos núcleos, como por exemplo, a radiação, também temos outros fenômenos que ocorrem após a excitação da instabilidade provocada pelos Físicos Nucleares em laboratório. Tais fenômenos são chamados de Fissão Nuclear e Fusão Nuclear.

4.12 - Fissão Nuclear

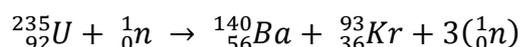
Em 1938 Otto Hahn e Fritz Strassmann na Alemanha ao bombardear uma amostra de U com nêutrons, encontraram um elemento que era cerca da metade da massa do Urânio, e após várias discursões com outros Físicos e Químicos, “Frisch batizou o processo como fissão do urânio” (PERUZZO, 2012, p. 109). Assim o crédito pela descoberta da fissão nuclear ficou para a dupla Otto Hahn e Fritz Strassmann.

A Fissão Nuclear juntamente com a Fusão Nuclear são dois processos nucleares de grande significância. A primeira evidência de que se teve da fissão nuclear foi:

Em 1934 em Roma, Erico Fermi e Emilio Segrè faziam experimentos bombardeando urânio ${}_{92}\text{U}$ com nêutrons, procurando obter elementos mais

pesados. Num certo momento eles acreditavam ter obtido o elemento de número atômico 93 ($Z = 93$). (PERUZZO, 2012, p. 105).

Com o avanço dos estudos sobre a fissão, foi estabelecido que tal reação só ocorre "... nos núcleos de Z elevados porque a energia de repulsão coulombiana entre os prótons de um núcleo é consideravelmente reduzida quando o núcleo se divide em dois outros núcleos menores". (EISBERG, RESNICK, 1979, p. 752), e geralmente essas reações podem liberar de dois a três nêutrons. Uma das formas em que podemos representar a reação é a seguinte:



Nessa reação aparece o elemento ${}^{235}\text{U}$ sendo fissionado, mas na natureza podemos encontrar o elemento Urânio de dois tipos, o ${}^{235}\text{U}$ e o ${}^{238}\text{U}$. Dizemos neste caso que os dois são isótopos (mesmo número de prótons), quer dizer, são o mesmo elemento, mas com número de nêutrons diferentes. Desses dois elementos, o ${}^{235}\text{U}$ sofre o processo de fissão nuclear, e o ${}^{238}\text{U}$ absorve um nêutron e passa a ter massa ${}^{239}\text{U}$. Ainda temos que a quantidade de ${}^{235}\text{U}$ é muito pequena em relação ao ${}^{238}\text{U}$, representando apenas 0,7% do total encontrado no planeta, isso quer dizer, 1 parte em 140 de urânio encontrada na natureza.

4.13 - Reação em Cadeia

Com o andamento das pesquisas, os Físicos conseguiram calcular a quantidade de energia liberada em um único processo de fissão do ${}^{235}\text{U}$.

Medidas logo após mostraram que uma energia da ordem de 200 MeV por fissão era liberada nesse processo e que o era em grande parte sob a forma de energia cinética dos dois *fragmentos de fissão*. Mostrou-se também experimentalmente que dois ou três nêutrons eram emitidos em cada fissão. (EISBERG, RESNICK, 1979, p. 752).

Como consequência dessa liberação de 2 ou 3 nêutrons livres em cada reação, consideramos que:

Como os nêutrons não possuem carga, não sendo repelidos pelos núcleos atômicos, eles constituem bons projéteis nucleares e causam a fissão de 3 outros átomos de ${}^{235}\text{U}$ liberando, assim, um total de 9 nêutrons. Se cada um desses nêutrons consegue quebrar outro átomo de ${}^{235}\text{U}$, a próxima etapa da

reação produzirá 27 nêutrons, e assim por diante. O número de nêutrons cresce de forma exponencial. Essa sequência é chamada de reação em cadeia. (PERUZZO, 2012, p. 136).

Para que esta reação em cadeia ocorra de forma sustentável, também temos que considerar que a taxa de produção de nêutrons se mantenha em equilíbrio com a taxa de perda dos nêutrons, sendo que essa perda pode ocorrer por absorção ou fuga dos mesmos.

Se a taxa de produção de nêutrons é inferior a taxa de perda, diz-se que o meio está subcrítico e a reação em cadeia não se sustenta. Agora, se a taxa de produção de nêutrons é superior a taxa de perda dos mesmos, o meio está num estado supercrítico, onde ocorre o aumento do número de nêutrons e conseqüentemente aumento do número de fissões. (PERUZZO, 2012, p. 139).

Para o caso do estado supercrítico, temos como exemplo as bombas nucleares, pois seu objetivo é alcançar a potência máxima. Já um reator nuclear que tem como objetivo operacional a constância de potência (potência controlada), seu funcionamento se dará em um estado crítico, onde sua taxa de produção de nêutrons é equivalente a taxa de perda. Um exemplo de estado subcrítico é quando são colocadas barras de contenção dentro de um reator nuclear para que ocorra a diminuição das reações, com essas barras a taxa de absorção de nêutrons é maior que a taxa de produção, fazendo assim que o reator tenha uma diminuição de potência.

Para o uso do ^{235}U em larga escala, é preciso primeiramente ter uma grande quantidade de ^{235}U . Para isso foram desenvolvidos dois métodos de enriquecimento de urânio, o método de Espectrógrafo de Massa e o método da Difusão Gasosa. Lembrando que o enriquecimento nada mais é do que a separação dos ^{235}U e ^{238}U .

4.14 - Enriquecimento de Urânio

Como o urânio físsil se faz apenas em 0,7% do total encontrado na natureza, temos que de alguma forma enriquecer (separar) o ^{235}U do ^{238}U . Serão descritos a seguir apenas dois métodos de enriquecimento, o *Espectrógrafo de Massa* e o método da *Difusão Gasosa*. Esses dois métodos foram os utilizados nos complexos

de Oak Ridge durante a Segunda Guerra Mundial para a obtenção de combustível para as bombas lançadas em Hiroshima e Nagasaki.

No método do Espectrógrafo de Massa o urânio é acelerado “por uma diferença de potencial e são injetados numa câmara de vácuo. Submetidos a um campo magnético perpendicular a direção de movimento esses íons vão descrever uma trajetória curva”. (PERUZZO, 2012, p. 122).

Essa trajetória curvilínea é a responsável pela separação dos elementos de ^{235}U e ^{238}U , pois os mesmos irão descrever trajetórias com raios diferentes em função da diferença de massa.

Podemos encontrar o raio (R) descrito por cada isótopo de urânio ao igualar à força centrípeta a força magnética, chegando a relação:

$$R = \frac{mv}{qB}$$

Temos que quanto maior a massa, maior será o raio descrito pelo isótopo. Assim, o ^{238}U terá um raio de trajetória maior que o raio do ^{235}U . Tal processo foi utilizado no complexo Y – 12.

Pelo fato de em 6 meses só se ter obtido 3Kg de 45Kg que eram necessários, os cientistas acharam melhor utilizar um outro método de enriquecimento de urânio paralelamente ao método já utilizado, o da *Difusão Gasosa*.

Primeiramente o urânio é transformado em hexafluoreto de urânio (UF_6), e acima de $56,5^\circ\text{C}$ o mesmo se encontra no estado gasoso, na forma de vapor. Esse processo se justifica pelo fato das moléculas de $^{235}\text{UF}_6$ serem 1% mais rápidas do que as $^{238}\text{UF}_6$. “Assim, as moléculas de $^{235}\text{UF}_6$ tem maior probabilidade de atravessar uma membrana porosa, pois chocam-se mais vezes com ela”. (PERUZZO, 2012, p. 123-124). Este processo foi utilizado no complexo K – 25.

Como o processo utilizado era o da difusão gasosa, e que deveria ser repetido inúmeras vezes, foram gastos 1220 km de tubulação de cobre, 6118 km de condutores elétricos, e por causa da corrosão causada pelo hexafluoreto de urânio, 1200 pessoas eram direcionadas apenas para a manutenção.

4.15 - Reator de Fissão Nuclear e Bomba Nuclear

Após a descoberta da reação em cadeia, os Físicos começaram a tentar reproduzi-la, mas de forma autossustentável, e:

Em 2 de dezembro de 1942, menos de quatro anos depois que Hahn e Strassmann descobriram a fissão nuclear, um grupo de pesquisadores liderados por Enrico Fermi produziu a primeira reação em cadeia auto-sustentada em um reator nuclear construído da Universidade de Chicago. (TIPLER, LLEWELLYN, 2006, p. 377).

Este foi o primeiro passo para que futuramente se conseguisse construir a bomba nuclear. Não temos como não associar um reator a uma bomba. Tanto é que segundo Oliveira:

As duas aplicações principais do fenômeno são os chamados *reatores de fissão*, que convertem essa energia em eletricidade, e as chamadas *bombas atômicas*, que convertem cidades inteiras em escombros. O princípio de funcionamento de ambos é o mesmo, e pode-se de certa forma afirmar que um reator é uma bomba atômica “explodindo de forma controlada”. (OLIVEIRA, 2009, p. 234)

Teoricamente falando, qualquer elemento físsil serve como combustível nuclear para o reator e para bomba. Os elementos mais comuns de se utilizar são os ^{235}U , ^{233}U e ^{239}Pu , sendo que destes o primeiro é o único encontrado na natureza, os outros são elementos sintetizados em laboratório.

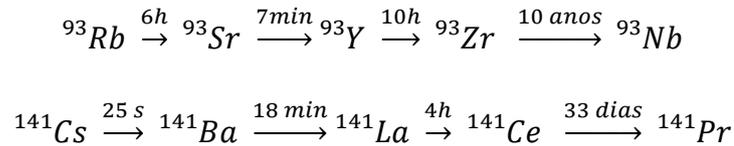
Como já foi dito anteriormente, o que difere um reator de uma bomba é o controle que se tem sobre ele. Como medida de segurança, os reatores operam com uma quantidade de urânio abaixo da massa crítica, para se ter total controle sobre ele. Já as bombas de fissão operam com duas quantidades distintas de massa subcrítica, que ao ser detonada a bomba, essas duas massas colidem uma contra a outra, formando uma única massa supercrítica que ocasiona a reação em cadeia que explodira de forma descontrolada.

4.16 - Lixo Atômico

Considerando novamente o processo de fissão nuclear do ^{235}U , temos que o mesmo ocorre com a seguinte possibilidade de reação:



Esse processo não seria tão perigoso caso não fosse a instabilidade dos elementos ^{93}Rb e ^{141}Cs . Para buscar a estabilidade do núcleo, esses elementos vão decaindo em outros elementos, e esse processo libera grandes quantidades de radiação. Podemos ver a sequência de decaimento para os subprodutos da fissão do ^{235}U a seguir:



Um ponto que pesa muito quando se fala em geração de energia com os reatores nucleares é a geração desses resíduos radioativos. Para tentar evitar o contato humano com esses resíduos, os mesmos são armazenados da seguinte forma:

Os cilindros são dissolvidos em ácido, e o plutônio é separado para uso em armas nucleares. O restante do material é estocado e caixas de carbono ou aço inoxidável que são enterradas. A radioatividade dentro dessas caixas continuará existindo por milhares de anos. (OLIVEIRA, 2009, p. 238)

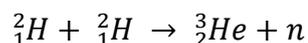
Além do problema da radioatividade após a obtenção das reações, ainda temos outro grande problema que são as mortes na extração do minério de urânio.

Por exemplo, um reator com capacidade para gerar 1 Gigawatt de energia elétrica consome 33 toneladas de urânio por ano, sendo que para isso nada menos do que 440000 toneladas de minério devem ser escavadas. Estima-se que cerca de 40mil pessoas morram todos os anos no mundo como decorrência da atividade de mineração do urânio. (OLIVEIRA, 2009, p. 238)

A utilização desse tipo de geração de energia se dá pelo fato de que o custo benefício é relativamente bom em relação aos outros tipos de geração de energia elétrica, e também por causa do crescimento acelerado da população e da utilização de equipamentos que funcionam com energia elétrica. Essas usinas são utilizadas como forma de resolver o problema da falta de energia elétrica a curto prazo. Fica a questão, será que para isso está valendo o custo de tantas vidas?

4.17 - Fusão Nuclear

Uma forma alternativa de se gerar energia elétrica sem que se haja a geração de lixo nuclear, é a partir de reatores a fusão nuclear. “Neste processo dois núcleos leves são combinados para formar um núcleo mais pesado” (OLIVEIRA, 2009, p. 239). Seguindo a seguinte reação.

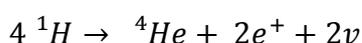


Nessa reação dois núcleos de deutério se fundem para formar um núcleo de Hélio, liberando um nêutron mais 3,3Mev de energia. Esse processo tem duas vantagens em relação a fissão nuclear: Primeiramente não é produzido lixo nuclear, pois os produtos são o Hélio que é um núcleo estável e não radioativo, e um nêutron. A segunda vantagem é que não é necessário colocar vidas em risco para a extração de tal combustível.

Para a obtenção da fusão é necessário que os átomos a serem fundidos fiquem:

Perto o suficiente para que a força nuclear, que age a uma distância de apenas 10^{-15}m , possa fazer o trabalho de fusão. Para isso é preciso superar a forte “barreira” repulsiva coulombiana (pois núcleos possuem cargas positivas e se repelem a distâncias maiores do que 10^{-15}m). (OLIVEIRA, 2009, p. 239).

Para que isso ocorra existem dois métodos que podem ser utilizados. Primeiramente podemos acelerar um núcleo, de forma que ele tenha uma energia cinética relativamente alta, e lança-lo sobre o outro núcleo. Para este processo não temos geração de energia suficiente. Outro método é aquecer o gás formado pelos núcleos a temperaturas elevadas, de tal forma que a agitação faça com que os núcleos se aproximem o suficiente para ocorrer a fusão. Este processo é o que ocorre em estrelas, e é chamado de fusão termonuclear. Como exemplo podemos citar o Sol. Pois ele é um gigantesco reator de fusão nuclear. Onde são transformados:



Ou seja, quatro prótons são fundidos em uma partícula alfa liberando dois pósitrons e dois neutrinos. Esta reação libera 26,7 Mev de energia, que chega até nós sob a forma de luz solar. O “reator Sol” é altamente estável:

por mais de 1 bilhão de anos esta energia tem se mantido constante.
(OLIVEIRA, 2009, p. 239).

O único problema da fusão é que os Físicos e Engenheiros ainda não conseguiram tecnologia apropriada para que se consiga uma reação controlada por muito tempo. Assim ainda fica o desafio para o desenvolvimento da mesma.

CAPÍTULO 5

EPISÓDIOS HISTÓRICOS

5.1 - O Exílio dos Físicos

A perseguição aos judeus, negros, homossexuais, intelectuais e comunistas tornou-se insuportável no contexto da Alemanha nazista e muitas personalidades importantes foram se convencendo a deixar o país. Um episódio marcante que influenciou diretamente nesta decisão foi a queima de uma montanha de livros no interior do campus da Universidade de Berlim. De acordo com MOURÃO (1999), a partir deste episódio, várias personalidades científicas de origem judaica, tais como Albert Einstein (1879-1954) e Max Born (1882-1970), foram obrigados a deixar a Alemanha.

Alguns cientistas, como Jacob Franck (1882-1964) em Gottingen, demitiram-se em sinal de solidariedade. Outros, como Eugene Wigner (1902-1995), Leo Szilard (1898- 1964) e Edward Teller (1908-2003), deixaram a Alemanha, pois o regime nazista estava em contradição com suas convicções. Um grupo menos numeroso permaneceu na Alemanha como, por exemplo, Otto Hahn (1879-1968) e Fritz Strassman (1902-1980). A maior parte exilou-se na Inglaterra, na França e, principalmente, nos Estados Unidos (MOURÃO,2005, p. 683).

Como resultado, os Estados Unidos conseguiram formar uma das maiores comunidades de cientistas que jamais havia existido em um único país. Ainda assim a Alemanha contava com um ótimo grupo de cientistas em seu favor e, mesmo com a saída de grandes nomes, foi em solo alemão que os Físicos Hahn e Strassman em 1938 desenvolveram o processo de fissão nuclear que, inicialmente, não recebeu essa denominação, por se tratar de um resultado novo e surpreendente.

Hitler considerou a pesquisa como um segredo de segurança nacional que não poderia ser revelado para o restante do mundo e, embora tratando-se de uma grande descoberta científica, nenhuma publicação foi permitida em solo alemão. Mas isso não impediu que Hahn e Strassman redigissem uma carta a Lise Meitner que já havia trabalhado com pesquisas nessa área. De acordo com Moraes e

Moreira (2000), Meitner e Otto Frisch interpretaram o fenômeno como o rompimento do núcleo de urânio em dois núcleos menores. Logo depois, Frisch comunicou o resultado a Niels Bohr que discutiu sobre o processo e deu ampla divulgação ao novo fenômeno, tratando-o a partir de então, como um processo de “fissão nuclear”. Conforme os autores, esse trabalho foi publicado em 6 de janeiro de 1939.

Foi assim que a informação desse novo fenômeno cruzou a fronteira da Alemanha e chegou ao Ocidente, despertando a atenção dos Físicos estrangeiros refugiados nos Estados Unidos.

5.2 - A intervenção política dos cientistas

A notícia do fenômeno de fissão nuclear se espalhou entre a comunidade científica e foi se tornando evidente que os alemães só precisavam de tempo para produzir uma nova e poderosa arma de Guerra. Preocupados, os cientistas que residiam nos EUA iniciaram uma campanha no sentido de alertar o governo norte americano a tomar alguma providência.

Enrico Fermi (1901-1954), prêmio Nobel de física de 1938, e, em seguida, Leo Szilard tentaram sensibilizar Edwin Hooper, Almirante da Marinha – na época, o único setor militar que dispunha de recursos para pesquisa. As tentativas não obtiveram êxito (MOURÃO, 2005, p. 684).

Apesar de algumas tentativas de sensibilizar o governo norte americano terem fracassado, através do economista austríaco Gustav Stolper (1888 - 1947) Szilard fica sabendo que Alexandre Frederic Sachs (1889-1945) amigo pessoal do presidente Roosevelt, estava propondo a elaboração de um dossiê sobre a situação, para que pudesse levar diretamente ao presidente.

Com o ocorrido, Szilard voltou a se encontrar com Einstein e juntos elaboraram uma carta direcionada ao presidente norte americano. Na carta eles alertavam sobre a existência de uma nova forma de energia, e a possibilidade de estar sendo desenvolvida pelos nazistas para a construção de uma nova arma, de proporções catastróficas.

Como Einstein era a celebridade científica do momento, a carta foi assinada apenas por ele.

Em 2 de agosto de 1939, ou seja, seis anos antes de Hiroshima e Nagasaki, Albert Einstein assinou o primeiro documento alertando o governo norte-americano sobre o desenvolvimento de armas nucleares. Nele, solicitava que procurasse, com o apoio dos físicos, desenvolver um projeto destinado à construção de bombas atômicas já que havia sido interrompida a venda de urânio na Tchecoslováquia. [...] Einstein não contribuiu pessoalmente para o projeto atômico (MOURÃO, 2005, p. 688).

Considerada a importância histórica deste documento, apresentamos na íntegra a tradução da carta assinada por Einstein e enviada ao Presidente Roosevelt (Oliveira, 2009, p. 236-237).

Albert Einstein

Old Grove Rd.

Nassau Point

Peconic, Long Island

2 de agosto de 1939

F. D Roosevelt

Presidente dos Estados Unidos

Casa Branca

Washington, D. C.

Senhor,

Trabalhos recentes por E. Fermi e L. Szilard, comunicados a mim sob a forma de manuscritos, convenceram-me de que o elemento urânio pode se tornar uma nova e importante fonte de energia no futuro imediato. Alguns aspectos da situação presente merecem atenção e, se necessário, rápidas decisões por parte da Administração devem ser tomadas. Acredito, portanto, que é meu dever chamar vossa atenção para os seguintes fatos e recomendações:

Durante os últimos quatro meses tornou-se claro – através do trabalho de Joliot na França, bem como o de Fermi e Szilard na América – que uma reação nuclear em cadeia seja possível de ser estabelecida em uma grande massa de urânio, através da qual uma enorme quantidade de energia e de novos elementos semelhantes ao rádio seriam produzidos. No momento nos parece quase certo que isto poderia ser alcançado no futuro imediato.

O novo fenômeno levaria também à construção de bombas, e é concebível – embora menos certamente – que bombas extremamente poderosas de um novo tipo pudessem ser construídas. Uma única bomba desse tipo, transportada em um barco e detonada em um porto, poderia muito bem destruir todo o porto, com parte da sua vizinhança. No entanto, pode ser que tais bombas se revelem muito pesadas para serem transportadas por meios aéreos.

Os Estados Unidos são muito pobres em minério de urânio. Existem boas reservas no Canadá e na antiga Tchecoslováquia, mas as reservas mais importantes se encontram no Congo belga.

Diante da presente situação talvez fosse conveniente estabelecer um contato permanente entre a Administração e o grupo de físicos que no momento trabalham no fenômeno de reações em cadeia na América. Isto poderia ser feito através da nomeação de uma pessoa de sua confiança para a tarefa. Suas atribuições seriam as seguintes:

- Manter os Departamentos Governamentais informados dos progressos realizados, e transmitir recomendações para as ações do Governo, com atenção especial ao problema de garantir um suprimento de minério de urânio para os Estados Unidos;*
- Acelerar os trabalhos experimentais, que no momento estão sendo realizados dentro dos limites dos orçamentos universitários, fornecendo fundos, se necessário, através de contatos com pessoas interessadas em contribuir com esta causa, e talvez também através da cooperação com laboratórios industriais que possuam o equipamento necessário.*

A Alemanha interrompeu a venda de urânio das minas da Tchecoslováquia, que agora ela domina. Tal decisão talvez possa ser compreendida com base no fato de que o filho do subsecretário de Estado Alemão, Von Weizsäcker, é vinculado ao Instituto Kaiser – Wilhelm em Berlin, onde pesquisas com urânio realizadas na América estão sendo no presente momento repetidas.

Albert Einstein

Alexandre Frederic Sachs ao entregar esta carta ao presidente Roosevelt, anexou a ela outra carta feita por ele, onde fazia algumas sugestões e recomendações. Começou falando sobre essa nova fonte de energia, que poderia ter aplicações no campo da medicina, e também na construção de uma nova bomba de potência inimaginável. Sugeriu também que fossem feitos contatos para possibilitar o acesso as fontes de urânio belga, e ainda propôs que fosse criado um comitê de ligação entre a comunidade científica e a administração.

Como resposta a carta de Einstein que recebera em 11 de outubro de 1939, Roosevelt criou o comitê consultivo do urânio e, em 20 de fevereiro de 1940, liberou o primeiro pacote de recursos financeiro (o equivalente a 6 mil dólares atuais), uma quantia insignificante para as pretensões do projeto. Mais uma carta foi escrita e direcionada ao presidente, alertando-o que os alemães continuavam a desenvolver suas pesquisas secretas.

Ao contrário do que se acredita, não foi a Alemanha que fez com que os norte americanos acelerassem a fabricação da bomba, mas os japoneses, quando em 7 de dezembro de 1941, sem declaração de guerra, atacaram e destruíram a frota norte americana no Pacífico estacionada em Pearl Harbour. Dois dias depois, em 9 de dezembro, os Estados Unidos entraram na guerra. A partir de então, um volume enorme de recursos foi injetado no projeto de construção de armas nucleares. Até o fim da guerra, foram gastos 2 bilhões de dólares (MOURÃO, 2005, p. 688).

No dia 6 de dezembro de 1941, o presidente tinha autorizado a criação de um dos projetos mais ambiciosos da história norte americana, o Projeto Manhattan ou Projeto X como também era chamado na época.

5.3 - O Projeto Manhattan

O Projeto Manhattan foi um dos maiores empreendimentos feitos pela humanidade. Como um todo, envolveu mais de 400 mil pessoas (entre operários civis, militares e cientistas) e um somatório de 202 mil hectares entre área desapropriada e construída.

O projeto foi dividido em três localidades distintas, cada qual com a sua função. Para a obtenção do combustível físsil foram criadas instalações em Oak Ridge no Tennessee e em Hanford em Washington, tais instalações eram

basicamente fábricas de gigantescas proporções, operadas por civis. Paralelamente a essas instalações de obtenção do combustível, havia em Los Alamos no Novo México, uma instalação de construção e de testes da bomba, em que os cientistas eram os responsáveis pelas pesquisas e obtenção de resultados para que a bomba fosse planejada, construída e testada. O Projeto Manhattan tinha como responsável o General Leslie Groves, e como diretor científico o Físico Nuclear Robert Oppenheimer.

O combustível a ser utilizado na construção da bomba atômica é o Urânio, mas existem dois tipos de isótopos de urânio encontrados na natureza, o Urânio 235 e o Urânio 238. Desses isótopos apenas o 235 pode sofrer o processo de fissão nuclear, e a porcentagem dele na natureza é de apenas 0,7% de todo urânio encontrado, quer dizer, aproximadamente 1 a cada 140 partes encontrada.

Para a obtenção do urânio 235 foi necessária a construção de gigantescas fábricas de processamento, localizadas em espaços secretos e distantes de quaisquer outras cidades. Para tanto, foram convocados muitos operários que, devido a distância das instalações, ficavam impossibilitados de retornar as suas residências após os turnos diários de trabalho. Para solucionar o problema, a primeira ordem foi a construção de uma cidade temporária que suportasse 13 mil pessoas, e que em seu auge pudesse alojar 75 mil pessoas.

Com o problema dos alojamentos dos operários resolvido, e com muitas promessas que os fizeram vir trabalhar em tal projeto, agora as instalações que iriam fazer o processamento do Urânio 235 já podiam ser construídas.

A primeira usina de processamento de urânio foi intitulada de Complexo de Segurança Nacional Y – 12. Esse complexo era constituído de nove prédios (desses nove, ainda existem três nos dias atuais), verdadeiros galpões que foram construídos pelos engenheiros sem que soubessem das dimensões do maquinário a ser instalado. A incerteza do que seria instalado nesses galpões era tão grande que “a usina elétrica de Oak Ridge, por exemplo, foi montada para fornecer eletricidade com cinco voltagens diferentes: ninguém sabia ao certo qual delas seria a mais adequada ao funcionamento das fábricas” (Dias Junior, Roubicek, p, 31). Isso também explica o porquê das dimensões gigantescas: 1500 metros de comprimento por 900 metros de largura cada um dos nove.

O sistema de processamento de urânio adotado na Y-12 foi o eletromagnético, que fora desenvolvido por Ernest Lawrence.

O gás de urânio seria colocado nas câmaras circulares de um enorme equipamento projetado para aceleração de partículas, batizado por ele de Calutron; através da criação de um campo magnético, o urânio seria acelerado através do vácuo a uma velocidade de milhares de quilômetros por segundo. Lawrence esperava obter trajetórias diferentes para os dois isótopos, recolhendo-os separadamente no final (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, 1994, p. 29).

Cada Calutron era composto por 38 eletroímãs, que na verdade eram chamados de magnetos. Cada magneto era para ser feito de cobre, mas todo cobre do país já estava sendo utilizado na fabricação de armas para guerra, a solução veio após uma reunião com os cientistas, que chegaram a conclusão de que a prata também é uma boa condutora de eletricidade e que poderia ser uma ótima substituta do cobre. Assim, 14 mil toneladas de prata foram retiradas do tesouro nacional e levadas para Oak Ridge para a construção dos magnetos.

Cada prédio continha 36 Calutrons, totalizando 1368 magnetos, e como resultado, ao final de 6 meses de funcionamento, foram obtidos apenas 3Kg de urânio 235 do total de 45Kg que eram necessários. Para acelerar o processo, foram emitidas ordens de que seria necessário a construção de outro complexo de processamento de urânio e a utilização de outro método de separação: a difusão gasosa desenvolvida na Universidade de Columbia.

O urânio seria transformado em gás, mas desta vez o gás seria forçado a passar por uma fina barreira porosa. Como os dois isótopos de urânio tem uma pequena diferença de tamanho, supunha que o U - 235 passaria mais facilmente, resultando numa substância com maior concentração desse isótopo. Naturalmente, o processo teria que ser repetido varias vezes, até se obter o U - 235 quase puro (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, 1994, p. 29).

Para a construção do segundo complexo, intitulado de complexo K - 25, os trabalhos se deram numa localidade próxima a do complexo Y - 12. O mesmo foi construído em uma vila chamada Happy Valley que, na verdade, estava mais para um grande estacionamento de trailers que acomodava por volta de 15mil operários a serviço do complexo K - 25. Tal complexo foi o maior prédio do mundo na época, e por causa do terreno que não era tão extenso, foi construído no formato de U. Com 800 metros de comprimento e 305 de largura, totalizava 186 mil m² de área.

Considerando que o processo utilizado era o da difusão gasosa, e que deveria ser repetido inúmeras vezes, foram gastos 1220 km de tubulação de cobre, 6118 km de condutores elétricos, e por causa da corrosão causada pelo fluoreto de urânio, 1200 pessoas eram direcionadas apenas para fazer a manutenção, evitando os possíveis vazamentos nas tubulações, pois o gás de urânio é altamente corrosivo.

Em Hanford também fora construído outro complexo. Após vários estudos os cientistas chegaram a resultados que indicavam que o plutônio, advindo do U – 238 após alguns decaimentos, também sofreria o processo de fissão nuclear a partir do bombardeamento, e que a energia liberada era maior que a do U – 235. Com isso as instalações de Hanford eram apenas para a obtenção do Plutônio.

5.4 - Los Alamos

Ao contrário de Oak Ridge e Hanford, Los Alamos não foi construída para obtenção de combustível físsil, seu objetivo era de projetar, construir e testar a bomba. Por isso:

Vários dos mais brilhantes especialistas em física nuclear foram recrutados para, juntos com suas famílias, mudarem-se para o acampamento perdido no deserto, sob forte vigilância militar: pesquisadores como Enrico Fermi, Niels Bohr (que fugira da Dinamarca ocupada pelos nazistas), Hans Bethe e Edward Teller, entre muitos outros. (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, 1994, p. 34).

Tais instalações também podem ser justificadas pelo alto grau de confidencialidade. Ao contrário do que se queria, os cientistas não tinham o hábito de fazer pesquisas e não divulgar seus resultados a seus colegas, e para que tais resultados não fossem divulgados para o restante do mundo, o diretor científico Oppenheimer sugeriu:

Isolar o grupo de cientistas que trabalhavam diretamente na criação da bomba num lugar afastado e protegido, sem comunicação com o mundo externo. Ali, eles poderiam conversar à vontade sem o risco de vazamento de informações, além de encontrar um ambiente propício para a concentração no trabalho. E, obviamente, se todos os cientistas estivessem

reunidos num só local, a tarefa de vigiá-los seria extremamente facilitada. (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, 1994, p. 34).

Para que se construíssem os laboratórios em Los Alamos, tal localidade teve que atender alguns pré-requisitos, e um dos mais importantes era o de ser uma região montanhosa e bem remota. Visto que os cientistas iriam trabalhar fazendo testes com combustível físsil, e que a chance de ocorrer alguma explosão acidental era eminente. As montanhas funcionariam como um escudo que fariam com que as ondas de choque fossem abafadas.

5.5 – Alamogordo

Apesar de a Alemanha ter assinado o termo de rendição no dia 07 de maio de 1945, e o término da guerra na Europa ter sido oficialmente declarada no dia seguinte, ainda não se podia dizer que a Segunda Guerra Mundial estava acabada, pois os Japoneses não quiseram aceitar os termos de rendição estipulados pelos norte-americanos, e declararam que iam lutar até que morresse seu último soldado.

Em contrapartida, os norte-americanos se viram com a oportunidade de colocar em prática a detonação da bomba nuclear que estavam construindo no projeto Manhattan e o general Groves ainda queria mostrar a supremacia norte-americana para o período pós-guerra. Assim, foram feitos esforços para a antecipação da conclusão dos trabalhos de pesquisa para que o projeto fosse terminado o quando antes.

Por outro lado, os cientistas envolvidos no Projeto Manhattan não hesitaram em perseguir os seus objetivos mesmo sabendo que a Alemanha já estava oficialmente derrotada. Se objetivo inicial do projeto era impedir que os nazistas dominassem o mundo, por que prosseguiram com os testes?

Os cientistas, engenheiros, militares e trabalhadores, estavam empolgados com os resultados e dispostos a concluir o projeto. A esse respeito, o físico americano Richard Feynman afirmou o seguinte:

O que eu fiz de imoral, eu diria, foi não lembrar o motivo pelo qual eu disse que estava fazendo isso. Então, quando o motivo mudou, quando a Alemanha foi derrotada, absolutamente nada disso passou pela minha

cabeça. Que significava agora que eu tinha que repensar os meus motivos para continuar. Eu simplesmente não pensei certo.

Com os cientistas ainda trabalhando no projeto, uma das primeiras ações para a conclusão do projeto que já vinha com duração de quase 5 anos e com 2 bilhões de dólares investidos, foi o agendamento do primeiro teste nuclear da história. O mesmo foi programado para o mês de julho de 1945, e ocorreu no dia 16 as 5h e 29min da manhã em “Alamogordo no deserto do Novo México a cerca de 350km de Los Alamos e a 35km da aglomeração humana mais próxima” (Mourão, p, 691).

Para o teste a equipe de Oppenheimer ergueu uma torre de aço, para que ali fosse posicionado o artefato que produziria a primeira explosão nuclear. E na manhã de 16 de julho, após a detonação da bomba:

Um relâmpago capaz de cegar, visível a uma distância superior a 35 km, foi seguido de uma enorme detonação. O efeito pode muito bem ser considerado como sem precedente, magnífico, belo, estupendo e terrificante. Nenhum fenômeno de poder tão monstruoso havia sido realizado antes pela mão humana. Os efeitos luminosos indescritíveis iluminaram toda a região com uma luz muitas vezes superior à do Sol em pleno meio-dia. Era uma luz dourada-vermelha-violeta-cinza e azul, que iluminou cada um dos cumes das montanhas vizinhas. Trinta segundos mais tarde, escutou-se a explosão. O deslocamento de ar chocou-se violentamente contra as pessoas e quase subitamente uma trovada ensurdecedora e terrificamente interminável se seguiu, mostrando que éramos pequenos seres blasfemadores que haviam ousado tocar nas forças até então reservadas ao Todo Poderoso, comentou o general Thomas F. Farrel (MOURÃO, 2005, p. 692).

Por segurança, os cientistas assistiram a detonação da bomba a uma distância aproximada de 10km do marco zero da detonação, e mesmo assim eles sentiram os efeitos da explosão. Robert Oppenheimer ainda descreveu que posteriormente a explosão:

afluíra à sua mente versos do Bhagavad-Gita, o belo poema religioso hindu escrito 3000 anos antes de Cristo. A primeira passagem que lhe veio à cabeça descreve a aparição de Deus, Krishna, provocando uma luz tão forte como o brilho de mil sóis. A segunda, estranhamente, parecia ter sido escrita especialmente para ele, cinco milênios antes: “Eu me tornei morte, destruidor de mundos” (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, 1994, p. 40).

Apesar do sentimento de temor pela arma que tinham acabado de criar, o teste da primeira detonação de uma bomba atômica foi um sucesso, chegando a superar as expectativas de alguns dos cientistas, “pois algumas medições indicavam que ela não aconteceria” (PERUZZO, 2012, p. 269).

5.6 - As Bombas em Hiroshima e Nagasaki

No decorrer da Segunda Guerra Mundial, ocorreram vários encontros de cúpula entre os aliados Estados Unidos da América, Inglaterra e União Soviética, essas reuniões tinham o objetivo de traçar ações de combate contra o inimigo em comum dos três, a Alemanha Nazista de Hitler. Mas agora tendo a Alemanha derrotada, os interesses defendidos nessas reuniões de cúpula se tornaram pessoais, mesmo com o Japão não aceitando a rendição, e querendo lutar até que morra seu último soldado, Truman, Churchill e Stálin, os chefes maiores de seus países, já estavam entrando nas negociações do pós-guerra, visto que o Japão iria ser derrotado em um curto espaço de tempo.

Stalin defendia maior parte territorial no novo mapa político do mundo, pois alegava merecimento maior por que:

Nada menos que 17 milhões de cidadãos soviéticos – entre eles 9,5 milhões de civis – haviam sido mortos até que se alcançasse o êxito final. Esses números contrastavam fortemente com as perdas de britânicos (396 mil mortos) e norte-americanos (292 mil mortos) (Dias JUNIOR, ROUBICEK, 1994, p. 42).

Em contrapartida, Truman não iria aceitar que os Soviéticos comandassem o pós-guerra, e seu trunfo eram as bombas que estavam sendo concluídas pelos cientistas do Projeto Manhattan. Visto que o Japão forçou o a entrada dos norte-americanos na guerra com o ataque a Pearl Harbour, e que eles ainda estavam oferecendo resistência, houve aqui a união do útil com o agradável para os norte-americanos, eles poderiam testar a bomba sobre uma cidade, acabar com a guerra e ainda ter sua vingança sobre os Japoneses que os fizeram entrar na guerra. O interesse em utilizar as bombas era tão consistente, que mesmo após o Japão decidir negociar, elas ainda seriam lançadas. Isso se conclui após saber que:

O serviço secreto norte-americano capturou e transcodificou uma mensagem dirigida pelo Ministério das Relações Exteriores do Japão a seu embaixador em Moscou, Naotake Sato. A mensagem claramente orientava Sato a procurar a intermediação soviética para abrir negociações com os Aliados sobre a rendição japonesa. A única condição era que os vencedores permitissem ao Japão manter no poder a figura do imperador Hirohito. (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, 1994, p. 43-44).

Fica bem claro que antes do ataque com as bombas em agosto de 1945, o governo norte-americano já estava ciente de que os japoneses estavam dispostos a negociar a rendição, e que o uso das bombas atômicas já seria um recurso que poderia ser não utilizado, apenas a diplomacia já resolveria a situação. Mas o presidente norte-americano em exercício Harry S. Truman estava disposto a:

Revelar ao mundo – à União Soviética em particular – toda a extensão do poderio bélico conquistado pelos Estados Unidos. Era preciso aproveitar a ocasião para realizar uma espetacular demonstração de força, capaz de tornar claro que eram os norte-americanos os verdadeiros vencedores da Segunda Guerra Mundial e, por decorrência, os detentores da supremacia na montagem da nova ordem internacional. Sobretudo, era preciso que os soviéticos compreendessem com toda a clareza que os Estados Unidos não só dispunham da bomba atômica, como também não hesitariam em usá-la toda vez que seus interesses políticos fundamentais estivessem em jogo. (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, 1994, p. 44).

E com isso, o Projeto Manhattan que já tinha sofrido adiantamentos para a realização da operação Trinity, agora já estava concluído. A conclusão se teve com a obtenção de duas bombas atômicas, a primeira que seria utilizada em Hiroshima, “de formato cilíndrico, medindo três metros de comprimento por 70 centímetros de diâmetro, pesando quatro toneladas e apelidada de “Little Boy”” (Ribeiro, 2009, p.148), essa tinha como combustível o U^{235} , já a outra:

Com o apelido de “Fat Man”, ela possuía 3,5 metros de comprimento e uma barriga proeminente de 1,5 metros em seu diâmetro máximo. Pesava meia tonelada a mais do que a de Hiroshima e apresentava uma outra novidade: era feita de plutônio, não de urânio, apresentando uma capacidade explosiva ainda maior, 20 quilotoneladas de TNT, contra 15, da de Hiroshima. (RIBEIRO, 2009, p.148-149).

Com as bombas prontas para o combate e após a autorização do presidente, decola da base militar nas Ilhas Marianas rumo a Hiroshima, o bombardeiro B29, batizado de Enola Gay em homenagem à mãe do piloto. O mesmo estava transportando a “Little Boy”, uma bomba com 60Kg de U²³⁵, que as 8h16min seria lançado na cidade de Hiroshima, com a desculpa de acabar de vez com a Segunda Guerra Mundial.

Em Hiroshima, com uma população de 350 mil habitantes, em 6 de agosto de 1945, explodiu uma bomba de 12Kton, 510 metros acima do centro da cidade. Até 31 de dezembro do mesmo ano, morreram 140 mil pessoas, ou seja, 40% da população e 13 quilômetros quadrados foram totalmente destruídos (GOLDEMBERG, 1984, p.9).

Os únicos efeitos que se conhecia desse tipo de bomba, foram os causados pelo teste feito em Alamogordo. Lá se teve noção do tamanho do cogumelo formado pela explosão, e da onda de choque proveniente da mesma. Já em Hiroshima, os cientistas puderam ver a real magnitude de tal bomba, pois lá eles teriam toda uma estrutura preservada a ser destruída, e posteriormente ver os danos causados. Após a explosão:

No solo, a temperatura atinge vários milhões de graus sob o epicentro da explosão. Num raio de 1 km, tudo foi instantaneamente vaporizado e reduzido a cinzas; até 4 km do epicentro os prédios e os seres humanos sofreram combustão instantânea e espontânea; num raio de 8 km, as pessoas sofreram queimaduras de 3º grau. [...] Dos 90 mil prédios da cidade, 62 mil foram completamente destruídos (MOURÃO, 2005, p. 698).

Além dos efeitos materiais, outro efeito danoso foi à radiação espalhada pela explosão nuclear. Por causa da radiação houve a disseminação do câncer, leucemia e má formação de fetos.

Nos casos de Hiroshima e Nagasaki, é visível, ainda nos dias atuais, um certo tipo de preconceito sobre aqueles que foram expostos à bomba. Os *Hibakushas* revelam que no Japão, no período da reconstrução das cidades, encontravam dificuldades para arrumar emprego, casamento, casar os próprios filhos etc (RIBEIRO, 2009 p. 152).

Em uma entrevista à BBC na década de 80 o Físico Richard Feynman, que fez parte do Projeto Manhattan, fez uma declaração que descreve o que aconteceu em Los Alamos após a notícia da explosão da bomba sobre Hiroshima.

A única reação que me lembro, talvez eu estivesse cego com minha própria reação, foi que houve muito alvoroço e comemoração. Houve festas, as pessoas ficaram bêbadas. Daria um contraste muito interessante entre o que se passava em Los Alamos, ao mesmo tempo daquilo que ocorria em Hiroshima [...] ao mesmo tempo em que pessoas morriam e agonizavam em Hiroshima.

Após 3 dias da bomba de Hiroshima, no dia 9 de agosto os norte-americanos jogam outra bomba sobre o Japão, agora na cidade de Nagasaki. A bordo de um bombardeiro B-29, as 11h2min foi lançada a “Fat Man” que continha 8kg de Pu²³⁹. Nagasaki que continha aproximadamente 280 mil habitantes, teve uma baixa de “74 mil pessoas, ou seja, 26% da população, e 7 quilômetros quadrados foram totalmente destruídos” (Goldemberg, 1984, p.9).

Apesar de essa segunda bomba ter um poder de devastação maior do que a lançada em Hiroshima, equivalente a 5 quilotoneladas de TNT a mais, pode se ver que as baixas foram menores em Nagasaki, isso é decorrente da topologia territorial em que se situa a cidade, o fato dela ser formada entre montanhas ajudou a abafar os impactos da explosão, evitando mais danos a cidade e a seus habitantes.

De frente a tanta devastação, o imperador do Japão não viu outra saída a não ser a rendição, e:

Em 15 de agosto, Hirohito, Imperador do Japão, anunciou a capitulação incondicional de seu país. [...] Em 2 de setembro de 1945, a rendição japonesa é assinada. Assim estava terminada a Segunda Guerra Mundial, que não acabou em 8 de maio com a capitulação do Terceiro Reich, mas em 6 e 9 de agosto de 1945, com as duas bombas que deram início à guerra fria (MOURÃO, 2005, p. 698-699).

Os aliados ganharam a Segunda Guerra Mundial, e conseguiram ter o controle das políticas do pós-guerra, tudo conforme o planejado. Mas ficam os questionamentos: Qual o real motivo da utilização dessas bombas, acabar com a guerra, ou apenas mostrar o poder norte-americano? Será que a utilização da bomba atômica foi realmente necessária, será que os norte-americanos não conseguiriam acabar com a guerra de forma diplomática? Como seriam os dias atuais caso essas bombas não tivessem sido utilizadas em Hiroshima e Nagasaki, será que seriam utilizadas em outras localidades, tais como na Guerra do Vietnã ou mesmo no Afeganistão?

CAPÍTULO 6

COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

O educador e a educadora críticos não podem pensar que, a partir do curso que coordenam ou do seminário que lideram, podem transformar o país. Mas podem demonstrar que é possível mudar. E isto reforça nele ou nela a importância de sua tarefa político-pedagógica.

(PAULO FREIRE)

6.1 - Primeiras Palavras

A intervenção foi realizada em um dos maiores colégios de ensino médio da cidade de Crato, no interior do estado do Ceará. Fomos bem recebidos pelo colégio, que nos acolheu juntamente com a ideia da intervenção. Como nossa intenção era a de formar uma turma mista, a intervenção ocorreu em contra turno, ou seja, no horário da noite, das 18h30min às 20h10min. Estava prevista a presença de aproximadamente 10 estudantes do 3º ano para este primeiro encontro, pois essa foi a quantidade de nomes que confirmaram participação quando de nossa visita prévia a escola. O pequeno número se justifica por conta dos cursos de preparação para o vestibular.

O primeiro contato com a turma foi interessante, pois como não era o professor da escola, um dos estudantes começou a fazer perguntas a respeito de minha formação acadêmica, e até saber sobre minhas crenças religiosas, pois para ele a maioria dos professores de Física não acreditavam em Deus, e como sou formado em Física, supostamente eu seria ateu. Paralelamente a essa pergunta, todos os educandos ficaram atentos à espera de uma resposta minha.

A intervenção teve início às 18h e 30 min, comparecendo 8 dos 10 educandos esperados, e como o planejado, foi iniciada com a apresentação da proposta e seus objetivos. Isso se deu para que os estudantes conhecessem o

projeto, e também para que compreendessem o quão importante seria o papel deles naqueles encontros pois, conforme escreve (FREIRE, 1996, p.12) “Não há docência sem discência, as duas se explicam e seus sujeitos, apesar das diferenças que os conotam, não se reduzem à condição de objeto, um do outro. Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender”.

A coleta de dados foi feita a partir dos debates e, principalmente, através da escrita em um bloco de notas que foi entregue a cada estudante. No decorrer dos encontros e durante os debates eles poderiam expressar as suas opiniões e argumentos naquele diário de pesquisa. Esse bloco de notas era recolhido após os encontros, e devolvidos no encontro seguinte. O fato de serem apenas 8 educandos facilitou na interpretação dos dados coletados.

Em princípio, havia sido planejado aplicar um questionário prévio antes de iniciar os debates, mas isso dividiria o encontro em dois momentos bem distintos, o de se responder um questionário, que poderia tornar-se cansativo e o outro momento seria o da própria intervenção. Para que não ocorresse essa divisão, optamos por fazer o questionário prévio juntamente com a intervenção, pois partimos do pressuposto de que durante a intervenção o educando poderia se sentir menos pressionado a responder os questionamentos a respeito de seus conhecimentos prévios.

6.2 – 1º Encontro: A ascensão de Hitler e o exílio dos físicos

O primeiro encontro iniciou com exposição da Figura 8⁹, cuja imagem supõe uma representação caricaturada do resultado de uma explosão atômica, ironizada com a imagem de um palhaço. Naturalmente essa imagem tem associação com a temática a ser trabalhada e os objetivos da proposta já haviam sido adiantados em sala de aula no momento em que a turma havia sido convidada a participar dos encontros.

Tentamos com essa imagem buscar as primeiras impressões que os educandos traziam consigo, respeitando os saberes com que os estudantes, chegam na escola e, como nos lembra FREIRE (1996), estes saberes, socialmente

⁹ <http://pt.forwallpaper.com/wallpaper/clown-bomb-925251.html> Acesso em 28 de janeiro de 2015

construídos, necessitam encontrar a sua razão de ser em relação aos conteúdos formais da escola.

Figura 8: Explosão nuclear



Fonte: <<http://pt.forwallpaper.com/wallpaper/clown-bomb-925251.html>> Acesso em: 15 jan. 2015

Partindo de uma conversa bem informal, conseguimos coletar as opiniões dos estudantes a respeito desta imagem. Notamos que todos eles apesar de não terem citado o termo “Bomba Atômica”, se referiram a esta imagem como o resultado de uma grande explosão. Eles foram sucintos e econômicos nas palavras.

Após a apresentação da imagem, ainda foram feitos alguns questionamentos que poderiam ser caracterizados como um questionário prévio. Sempre com o objetivo claro de, respeitando a leitura de mundo dos educandos, “tomá-la como ponto de partida para a compreensão do papel da curiosidade, de modo geral, e da humana, de modo especial, como um dos impulsos fundantes da produção do conhecimento” (FREIRE, 1996, p. 77).

A partir de seus conhecimentos, procuramos construir e amadurecer de forma conjunta, uma aproximação cada vez mais crítica do problema.

Na *Questão 1*, buscamos saber se o estudante estava bem situado no espaço-tempo dos acontecimentos. Como iríamos introduzir um episódio histórico, precisávamos saber se o educando já tinha alguma noção dos acontecimentos.

Quadro 1: 1º questão

Questão 1: *O ser humano vive em um processo de constantes mudanças, onde tais processos podem ser considerados como uma evolução. Nós, através desses processos marcamos fatos históricos que se associam com certas décadas em específico. De acordo*

com seus conhecimentos, o que podemos citar da história referente à década de 40?

Respostas dos estudantes

M1: A segunda guerra mundial.

M2: A segunda guerra mundial, telefone sem fio, dola.

H1: Telefone antigo, guerra mundial, dinheiro era o cruzeiro, cruzado e o dólar.

H2: Telefones muito antigos, roupas horríveis Ex: calças boca de sino. Segunda Guerra Mundial.

H3: Carros, telefones, roupas, cabelos.

M3: O fim da segunda guerra mundial, o comeso do uso do telefone.

H4: Não estou lembrando de muita coisa. Os telefones que eram muitos estranhos.

M4: A segunda Guerra Mundial (Final) 1945

Nesta primeira questão estávamos interessados em saber se eles tinham noção de que a década de quarenta havia sido marcada pela 2º Guerra Mundial. Com a análise das respostas notamos que seis dos oito estudantes lembraram do acontecimento, sendo que um desses educandos ainda foi mais específico, dizendo que ocorreu o término da 2º Guerra Mundial. Eles também mencionaram os telefones que eram estranhos, e falaram sobre a moeda que achavam que era utilizada na época.

O segundo questionamento pretendia investigar se os estudantes faziam alguma associação do nome de Einstein com o episódio da segunda guerra mundial. A partir das respostas poderíamos desmistificar a neutralidade da ciência e começar a mostrar o envolvimento dos cientistas com questões sociais muito sérias que podem mudar o destino de uma civilização.

Quadro 2: 2º Questão

Questão 2: *Da mesma forma em que hoje temos artistas famosos (que todos conhecem), nas ciências também temos alguns nomes que podem ser citados de modo que a maioria dos estudantes do ensino médio também os reconheça, nomes tais como: Galileu, Darwin, Einstein, Avogadro, Newton e etc. Conforme sua experiência de vida, descreva o que você sabe sobre a vida de Einstein, como por exemplo o que ele fez, qual sua influência na*

época em que viveu e mesmo nos dias de hoje.

Respostas dos estudantes

M1: Revolucionou a Física e influenciou muito para que a Física fosse melhor de entender, e criou equações.

M2: Revolucionou a Física, que hoje faz parte de nossa vida. E facilita bastante no nosso dia-a-dia.

H1: Einstein, revolucionou a física, nos dias de hoje a física está em tudo que vivenciamos.

H2: Einstein, foi um indivíduo que revolucionou a física, na qual é usada hoje em dia para explicar muitos fenômenos. Concluindo, Einstein, foi um grande gênio.

H3: Revolução a Física.

M3: Bom este cara revolucionou a Física. A Física é muito importante em nossa vida.

H4: Foi um grande Físico no passado e se o mesmo fosse vivo seria o melhor Físico a paçar o que ele descobriu

M4: Revolucionou a Física – Não sei muito sobre ele.

Antes da escrita os estudantes conversaram um pouco e alguns deles afirmaram que já ouviram falar sobre alguns dos cientistas citados no próprio enunciado da questão. Depois da breve conversa, eles passaram cerca de 5 minutos para concluir a resposta que foi escrita no caderno de pesquisa.

Como se observa, nenhum dos estudantes associou o nome de Einstein ao episódio histórico da segunda guerra mundial e, mesmo depois de terem observado a imagem da figura 8, ninguém relacionou a figura de Einstein com o projeto de construção da bomba atômica. Para eles o cientista foi um grande físico, um grande gênio que fez algo muito importante, revolucionando a ciência. Mas não citaram nada em específico, a noção deles é de que algo grandioso foi feito por Einstein, e que esse algo mudou a Física dos dias atuais.

Na *Questão 3*, tentamos criar uma situação em que eles teriam que manifestar seu pensamento crítico em torno de decisões ético políticas, isto é, questões relacionadas ao nacionalismo e a guerra.

Quadro 3: 3º Questão

Questão 3: *Caso o Brasil estivesse participando de uma Guerra, você apoiaria todas as decisões de seus governantes, isso caso eles alegassem que estão fazendo ou mesmo que fizeram tal coisa em prol da vitória? Existe algum limite quando se fala em armas a serem utilizadas em guerras?*

Respostas dos estudantes

M1: Sim, apoiaria dependendo da decisão, existe sim um limite quando se fala em armas a serem utilizadas na guerra, por que tem armas que podem destruir muita gente de uma vez só.

M2: Existem limites, pois, existe pessoas que não tem nada aver, e é contra a guerra que acaba morrendo. As crianças não sabem o que é guerra e morre também. Em fim tudo tem que ter limite.

H1: Todo mundo que vences, e lutar pelo seu pais todo mundo faria, o que for preciso para ganhar.

H2: Dependendo da guerra, ou seja se fosse tipo uma 3º guerra por algo extremamente importante, eu apoiaria, mas caso, fosse por besteira não apoiaria certas decisões deles.

H3: Vale tudo, matar o inimigo, ganhar a guerra e os sobreviventes da guerra comemorem a vitória.

M3: Eu acho que na Guerra tem que ter limite, guerra que é guerra tem que ser onesto ganha com a palavra e não armas lembre guerra pode ser ganha com um simples debate.

H4: Vai depender do caso que a guerra está sendo feita. Si for por algo muito sério vali tudo. Tipo agua, petrolio, liberdade etc.

M4: Não apoiaria, pois antes de qualquer coisa tem vidas, pessoas inocentes do nosso lado e do adversário. Uma bomba nuclear seria uma péssima ideia, é algo muito radical.

As respostas apresentadas podem ser classificadas em dois grupos.

I – Valorização da vida humana: Nesse grupo se encaixam as respostas das quatro estudantes do sexo feminino. Das quatro, duas deixam bem explicita a preocupação com as vidas humanas que podem ser perdidas de forma desnecessária. Já as outras duas, deixam claro que não seria uma boa ideia a utilização de armas (provavelmente pelo poder de destruição em massa).

II – Importância de ganhar a Guerra: Nesse quadro de respostas se enquadram os quatro estudantes do sexo masculino. Dois jovens, deixam claro que entrariam em uma guerra para vencer e que, em se tratando de guerra, vale tudo para conquistar a vitória. Já os outros dois estudantes afirmaram que apoiariam as decisões dependendo do motivo.

Embora não fosse objetivo da pesquisa comparar questões de gênero, as respostas apontaram algo bem interessante. As educandas demonstraram uma maior preocupação com o cuidado e com a preservação da vida, seja ela dos aliados, ou dos “inimigos”, enquanto os educandos deram prioridade a vitória, em detrimento dos custos envolvidos no combate.

Após as três questões iniciais, prosseguimos com a intervenção apresentando o trecho de um vídeo, em que o Físico Leo Szilard vai ao encontro de Einstein com o propósito de informá-lo e convencê-lo a escrever uma carta ao presidente Norte-Americano no sentido de encorajá-lo a financiar um projeto que daria início a construção de uma bomba atômica.

Na sequência foi feita a leitura dos primeiros quatro parágrafos do texto (1) “A ascensão de Hitler e o exílio dos físicos”. Nestas primeiras linhas eram relatados todo o início dos fatos históricos, desde os refugiados da Alemanha até a chegada aos países que os acolheram. Logo em seguida foi proposta a quarta questão.

Quadro 4: 4º Questão

Questão 4: O que pode ter motivado esse encontro?

Respostas dos estudantes

M1: O fato de que os alemães poderiam criar uma bomba atômica e o homem Leo Szilard queria a ajuda de Einstein para fazer um carta para o presidente alertando dessa tal bomba.

M2: O motivo foi que, seria feita uma bomba atômica que destruiria a cidade e mataria a população, e ele foi pedir a ajuda de Einstein.

H1: Ele queria ajuda pra construção da bomba atômica, e foi atrás do Einstein.

H2: A ameaça da Alemanha, que poderia fazer uma bomba atômica. E que eles também precisariam construir uma.

H3: Leo Szilard chega na casa de Einstein e fala para ele que os alemães estão fazendo

uma bomba atômica e ele disse se os alemães fizeram um bomba atômica nois temos que fazer também. Eu entendi que Leo Szilard esta enganando Einstein para fazer a bomba atômica que Einstein é o único que pode ajudar eles a fazer a bomba atômica.

M3: Ele foi pra falar sobre a bomba que os Alemanha estava planejando em fazer.

H4: Por que tava preocupado com o que Alemanha tava a fazer uma bomba atômica ,e saber o que eles iriam fazer depois que ela já estivesse feita.

M4: A preocupação do cientista em alertar o presidente e para isso ele precisava da ajuda de Einstein.

Vimos a partir das respostas, que foi alcançado o objetivo informativo do vídeo. Ao ler a tabela de respostas acima podemos ver que as palavras “bomba”, “Einstein” e “Alemanha”, aparecem na grande maioria. Para estes educandos ficou claro que os Alemães realmente estavam fazendo a bomba, e que Leo Szilard precisava da ajuda de Einstein para avisar ao presidente.

Dentre as respostas podemos dar ênfase maior para a da educanda M1, quando descreve exatamente o que o vídeo queria informar: “*O fato de que os alemães poderiam criar uma bomba atômica e o homem Leo Szilard queria a ajuda de Einstein para fazer uma carta para o presidente alertando dessa tal bomba*”.

Já o educando H3 descreve em sua resposta outro ponto de vista, em que nenhum dos outros educandos e nem mesmo o educador tinha se atentado.

Ao descrever o que observou no vídeo, o educando H3 ainda acrescenta sua opinião crítica sobre a situação, indagando que Leo Szilard poderia estar enganando Einstein, pois este seria o único que poderia ajudar a construir a bomba. Mesmo reconhecendo que o educando pode estar equivocado em sua crítica a Leo Szilard, não podemos simplesmente desprezar ou desvalorizar o seu ponto de vista.

O professor que desrespeita a curiosidade do educando, o seu gosto estético, a sua inquietude, a sua linguagem, mais precisamente, a sua sintaxe e sua prosódia; o professor que ironiza o aluno, transgredir os princípios fundamentalmente éticos de nossa existência. (FREIRE, 1996, p. 35).

Como educadores temos de orientar o educando ao amadurecimento de seus conhecimentos prévios trazidos de seu cotidiano ou mesmo adquiridos durante

a aula. Nesse caso durante a intervenção o próprio educando poderá perceber se a ação de Leo Szilard foi de boa intenção ou foi apenas uma manipulação.

Como estávamos estudando o Projeto Manhattan, tínhamos que trabalhar os fenômenos Físicos que estavam relacionados as bombas nucleares. Demos início a este estudo com a sondagem sobre os conhecimentos prévios dos educandos em relação à constituição e fenômenos específicos do átomo. Para estes questionamentos não obtivemos sucesso. Nenhum dos estudantes soube explicar como poderia fazer para identificar um elemento químico. Considerando que iríamos trabalhar o processo de fissão, teríamos que entender os princípios básicos dos elementos químicos envolvidos. Neste sentido, de modo a fazer um primeiro contato entre educando e conteúdo, apresentamos em sala de aula o software Periodic Table (Ver figura 1 e 2).

O referido software simula a constituição dos átomos, suas características e ainda apresenta imagens dos elementos que continham no software. Após isso repetimos o questionamento sobre:

Quadro 5: 5° Questão

Questão 5 : Como identificar um elemento químico?

Respostas dos estudantes

M1: Saber o número de prótons.

M2: O número de Prótons.

H1:

H2:

H3:

M3:

H4:

M4: Através dos prótons

Na verdade, esse questionamento apareceu no slide, sendo colocado como uma questão norteadora para mostrar que seria preciso a utilização do simulador da tabela periódica, e em nenhum momento foi pedido para que eles colocassem em

seu bloco de notas tal resposta. Ficamos surpresos, pois alguns alunos responderam o questionamento de forma satisfatória. Mostrando que a intervenção estava ali ajudando de alguma forma.

Como podemos ver, as educandas M1 e M2,

Dando sequência ao trabalho da tabela periódica, começamos a trabalhar o fenômeno Físico que seria utilizado para fazer a explosão das bombas, a fissão nuclear, que ainda complementamos com a fusão nuclear.

Novamente perguntamos aos educandos sobre seus conhecimentos prévios em torno do assunto, mas desta vez, a resposta foi um completo silêncio. Quebrando o silêncio, demos início a mais uma simulação a ser utilizada, a simulação de fissão nuclear do PhET (Ver figura 4). Nesse momento convidamos um dos educandos a participarem da simulação, o mesmo começou a mexer nos controles e logo notou e comentou que ao atirar um nêutron no átomo de U^{235} , o mesmo se dividia em duas partes. Logo após, passamos para simulação que representava a reação em cadeia (Ver figura 5), e na sequência simulamos também o funcionamento básico de um reator nuclear (Ver figura 7), em que aparecem as barras de contenção para que se controle a reação nuclear.

Os educandos demonstraram muita atenção e curiosidade com a simulação, visto que eles não conheciam ainda aquele simulador. Após a experiência e debate teórico a respeito do fenômeno, perguntamos:

Quadro 6: 6º Questão

Questão 6: *O que é fissão e fusão nuclear?*

Respostas dos estudantes

M1: Uma bomba que vai ser lançada e explodindo, separação de 1 elemento em 2 elementos fissão, fusão juntar dois elementos em um só.

M2: Fissão: Separação de um núcleo. Fusão: junta dois núcleos.

H1: axo que é explosão etc...separa, fissão, fusão junta.

H2: A junção de dois ou mais elemento que formaram uma explosão.

H3: Explosão nuclear, milhares de explosões simutanea, fissão atingi o urânio com o nêutron e ele explode e espalha e assim sucessivamente. (Fissão você separa, Fusão você

junta os prótons). Uma explosão ao mesmo tempo.

M3: São elementos Físicos radioativos. Tem fissão você junta, fusão você separa.

H4: Acho que seja a separação ou a junção de algo

M4: Fusão nuclear: impacto da bomba. Fissão: Divisão do elemento em duas partes.

Podemos verificar na fala do educando H3 que o mesmo além de responder o princípio básico da fissão e da fusão nuclear, ainda descreve a simulação que acabou de ver sendo manipulada por seu colega de sala. Ele descreve bem a reação em cadeia, onde, a partir de uma explosão desencadeiam-se várias outras explosões.

Os estudantes M1, H1 e M4 além de descreverem o que tinha sido proposto, também associaram esse fenômeno a uma bomba nuclear. Mostraram que estão associando o conteúdo com possíveis assuntos a serem explorados futuramente no encontro.

O restante do texto foi trabalhado com a utilização de um slide que permitiu uma leitura conjunta com cada educando lendo um parágrafo. Foi dada uma ênfase maior ao trecho em que é apresentada as reais circunstâncias e possibilidades da Alemanha em relação à criação da bomba atômica. Na sequência foi perguntado aos estudantes se existiria algo a temer em relação às informações que foram lidas no texto, e se algo poderia ser feito. Eles responderam no bloco de anotações.

Quadro 7: 7º Questão

Questão 7: *Existe algo a temer? Algo pode ser feito?*

Respostas dos estudantes

M1: Sim, por que a bomba vai destruir tudo, e nada pode ser feito.

M2: Sim, pois a bomba poderia ter dado errado ou algo do tipo.

H1: Sim por que foi uma grande descoberta que poderia acabar com grandes cidades, a grande arma de guerra a bomba nuclear, não teria medo por que eu iria estar na grande potência o Estados Unidos.

H2: Sim, a Alemanha poderia fazer a bomba primeiro.

H3: Existe sim algo que possa temer a essa guerra.

M3: Sim se a bomba for lamsada ira matar trilhões de pessoas.

H4: Sim. Essa bomba é muito perigosa um essa podi acabar não só com uma cidade como com o pais ou um monti de cidadi.

M4: Teria medo, pois, a qualquer momento o país poderia ser atacado

Essa grande descoberta que H1 se refere é a descoberta da Fissão Nuclear, que é a porta de entrada para a construção da bomba nuclear. Ainda afirma que teria medo, mas ao mesmo tempo não teria por que estaria do lado dos EUA.

De forma intencional ou não, podemos notar que o educando H1 complementou sua resposta com alguns conhecimentos prévios que ele trás dos dias atuais, pois, se hoje os norte-americanos são uma das maiores potências do mundo, no texto trabalhado em sala não foi mencionado nada em relação ao EUA já serem uma grande potência da época.

Ao aceitar essa resposta elaborada por H1, entendemos que as respostas dos educandos não precisariam ser justificadas somente com os pontos trabalhados em sala de aula, mas com outras informações que eles juguem necessária. Concordamos com Freire quando afirma que:

Ensinar não é transferir a inteligência do objeto ao educando mais instigá-lo no sentido de que, como sujeito cognoscente, se torne capaz de entender e comunicar o inteligido. É nesse sentido que se impõe a mim escutar o educando em suas dúvidas, em seus receios, em sua incompetência provisória. E ao escutá-lo, aprendo a falar com ele (FREIRE, 1996, p. 75).

Nesse primeiro encontro não tivemos grandes debates e tivemos respostas curtas, creio que por dois possíveis motivos. Eles não tinham base no conteúdo a ser abordado, ou mesmo poderiam estar tímidos de falar em público. Mas de forma geral podemos considerar um bom encontro, pois eles não estavam fazendo aquelas caras de que não estavam entendendo nada.

No final do encontro, para que eles pudessem ler mais sobre o assunto, e demonstrar possível interesse, foi entregue a todos os estudantes uma cartilha elementar produzida pela Comissão Nacional de Energia Nuclear. Quem sabe, no próximo encontro poderíamos ver se eles despertaram curiosidade pelo tema.

6.2 - O Projeto Manhattan (2º encontro)

No segundo encontro, apenas um dos estudantes se ausentou e, embora as circunstâncias apontassem para a possibilidade de uma desistência maior – no primeiro encontro todos os educandos se mostraram bem retraídos para os debates – a presença de 87,5% dos participantes nos encorajou que estávamos no rumo certo. Constatamos ainda que no decorrer dos encontros, o contato entre educador e educando estava mais descontraído, e todos já estavam mais desinibidos para encarar o debate em grupo.

Começamos esse encontro fazendo uma sondagem do encontro anterior. Iniciamos falando sobre o encontro passado, e eles mostraram que estavam lembrados do fenômeno da fissão nuclear. Pedimos para que escrevessem no bloco de anotações sobre a fissão.

Quadro 8: 1º Questão

Questão 1: *Começamos a estudar na aula anterior o processo que envolve o rompimento de um núcleo de Urânio para a formação de outros dois núcleos. De acordo com seus conhecimentos, detalhe esse processo, e comente sobre o material utilizado para explicá-lo na aula passada, ajudou de alguma forma na assimilação do fenômeno?*

Respostas dos estudantes

M1: Quando o neutrón bate nos prótons e elétrons eles se separam formando dois elementos, quando se separam eles soltam mais neutróns e assim ocorre para acontecer uma explosão.

M2: O nêutron é atirado e atinge o núcleo, que se rompe e solta mas dois ou três nêutrons.

H1: Agente viu na aula passada que o nêutron e lançado no núcleo, ai ele explodi e se divide em dois e sobra três átomos.

H2: O lançamento do nêutron faz com que aconteça uma fissão nuclear, é divide o núcleo, fazendo com que lance mais dois neutros e assim irá dividir mais outros núcleos.

H3: Sim, o neutro é atirado no núcleo, e o átomo se divide em dois e vai em direção diferentes, e com varias tentativas a bomba nuclear é criada.

M4: Não escreveu nada

H4: O neutrão que é atirado no núcleo para que ele passar cer separado fazendo explosão cemutania.

Tivemos um êxito consideravelmente bom nas respostas, pois, comparando algumas respostas referentes a esse encontro e ao encontro anterior, observamos certo avanço.

Enquanto que a educanda M1 no encontro passado respondeu: *“Uma bomba que vai ser lançada e explodindo, separação de 1 elemento em 2 elementos fissão, fusão juntar dois elementos em um só”*.

No segundo encontro a mesma estudante respondeu: *“Quando o nuntrón bate nos prótons e elétrons eles se separam formando dois elementos, quando se separam eles soltam mais neutróns e assim ocorre para acontecer uma explosão”*.

Mesmo que a questão do encontro anterior fosse maior, e a desse encontro se restringisse apenas ao fenômeno de Fissão Nuclear, obtivemos uma resposta mais centrada no fenômeno Físico, pois ela se refere ao próton que será atirado no núcleo do átomo, e com o rompimento do núcleo ocorre a explosão.

Outra evolução considerável pode ser observada através das respostas do educando H2. No encontro anterior o estudante afirmava: *“A junção de dois ou mais elemento que formaram uma explosão”*. Durante o segundo encontro, o mesmo acrescenta: *“O lançamento do nêutron faz com que aconteça uma fissão nuclear, é divide o núcleo, fazendo com que lance mais dois neutros e assim irá dividir mais outros núcleos”*. Naturalmente se observa um aprimoramento na descrição do fenômeno, pois, além de descrever de forma bem técnica o fenômeno da fissão, o estudante ainda aponta indícios de que conhece o processo da reação em cadeia.

De maneira geral, todos os educandos aproximaram-se das nossas expectativas, demonstrando que seus conhecimentos tiveram uma evolução em relação às respostas da mesma questão no encontro anterior.

O segundo encontro teve início com a leitura dos três primeiros parágrafos do texto “O Projeto Manhattan”. Os estudantes e o professor intercalaram as leituras dos primeiros parágrafos e, ao término da leitura foi feito na lousa um organograma dos locais onde se encontravam as instalações do Projeto Manhattan juntamente com as respectivas funções.

Os educandos não tiveram dificuldades de interpretação dos dados contidos nos parágrafos, e consideramos que apresentaram um bom rendimento na construção desse organograma. Em relação ao urânio físsil, ficou bem claro que eles entenderam que apenas o U^{235} sofre fissão nuclear.

O texto trabalhado nesse encontro tinha como tema central o Projeto Manhattan. Nesse texto foram apresentados os valores numéricos de custos, dimensões das colossais edificações e materiais que foram utilizados no projeto. Em resumo, este texto trazia consigo dados numéricos surpreendentes pela sua magnitude, e isso restringiu um pouco em relação ao aprofundamento do debate. Mas, como reconhece Freire,

A dialogicidade não nega a validade de momentos explicativos, narrativos em que o professor expõe ou fala do objeto. O fundamental é que o professor e alunos saibam que a postura deles, do professor e dos alunos, é dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não apassivada, enquanto fala ou enquanto ouve. O que importa é que o professor e alunos se assumam epistemologicamente curiosos. (FREIRE, 1996, p. 52).

Orientados por esse princípio, prosseguimos com a leitura completa do texto, fazendo algumas pausas para tirar dúvidas. Dois estudantes afirmaram já terem antecipado a leitura completa porque estavam curiosos com os dados apresentados sobre o Projeto Manhattan.

Na sequência apresentamos mais duas questões a serem respondidas sobre a ajuda deles e, além da escrita no bloco de notas, foi feito um pequeno debate em sala de aula. Os estudantes apresentaram seus argumentos e suas opiniões de forma coerente com o que escreveram no bloco de notas. Observamos uma firmeza em suas opiniões e convicções.

As questões se basearam no seguinte ponto: Vimos que o exército Norte Americano construiu muito rápido as moradias, e com uma publicidade muito boa conseguiu atrair muitos operários para suas instalações. Com a chegada dos operários, os mesmo se surpreenderam com o que viram, pois a “cidade” ainda não estava totalmente pronta. Também não sabiam o que estavam fazendo, sabiam apenas que era em pró da Guerra.

Quadro 9: 2º Questão

Questão 2: *Imagine que você está vivendo nos EUA na década de 40, e você foi convidado a trabalhar nessa “cidade”, você aceitaria o convite (lembre-se de que você não sabe exatamente em que irá trabalhar)? Justifique a sua resposta.*

Respostas dos estudantes

M1: Não, por que eu procuraria saber em que eu iria trabalhar e a cidade era desconhecida e se por exemplo fosse um cidade para a gente.

M2: Não, se eu soubesse talvez sim, mas, sem saber de nada não iria.

H1: Sim, eu iria e pró da guerra, para ajudar meu país etc...

H2: Aceitaria, na época deveria ser bem melhor trabalhar, mesmo não sabendo.

H3: Sim, por que eu não sabia do que seria capas de acontecer, e também se eu precisasse.

M3: Não, por que eu só vo pra lugar que eu tiver a certeza que e seguro, e só pelo fato e eu não saber, eu já acharia inseguro.

H4: Não, não iria para um canto que não sabia exatamente o que estava acontecendo.

A princípio a turma ficou bem dividida em relação a aceitar ou não esse trabalho sem saber o que realmente era. Os educandos que não aceitariam com suas alegações formam os: M1 - Apenas não iria por não saber do que se tratava; M2 – Não aceitava mas deixou a incógnita de possivelmente topiar o trabalho; M3 – Alegou que teria que ter certeza que seria seguro; e o H4 – também alega que somente pelo fato de não saber não toparia ir trabalhar.

Já os educandos que aceitaram, alegaram justificativas diferentes: H1 – Alegou que, somente pelo fato de ser em pró da Guerra ele já toparia porque seria algo bom para seu país (Resposta Nacionalista); H2 – Alegou que seria uma boa opção de trabalho e H3 – Alegou que como não sabia o resultado da Guerra ele tinha que ajudar, e também comenta sobre a necessidade de trabalho para sobreviver.

Na sequência foi posta uma segunda questão:

Quadro 10: 3º Questão

Questão 3: *Caso você soubesse exatamente em que iria trabalhar, você aceitaria participar? Justifique a resposta.*

Respostas dos estudantes

M1: Sim, por que seria mas tranquilo saber em que você ia trabalhar, assim eu não teria medo de ir, eu iria em prol a guerra.

M2: Sim, fazia de tudo para ajudar o meu país.

H1: Não eu faria um movimento para que as pessoas não fossem.

H2: Aceitaria, pois se eles queriam soltar uma bomba que possivelmente destruiria tudo, e eu, como era dos EUA, queria fazer uma primeiro para derrubar eles primeiro. Antes deles atacar; derrubaria eles.

H3: Não, por que eu não daria a minha vida a troco de nada.

M3: Não, jamais

H4: Sim, tenho que fazer de tudo para que o meu país ganhe a guerra.

Obtivemos opiniões interessantes para este questionamento, pois foi notado que alguns educandos mudaram de opinião. Como por exemplo as educandas M1 e M2 que disseram que não iriam trabalhar na questão anterior, nessa já afirmaram que se soubessem do que se tratava, elas iriam aceitar o trabalho, com a justificativa de que iria ajudar o seu país.

Uma opinião estranha foi a do educando H1. Na questão anterior ele justificou a aceitação de qualquer trabalho por que seria em pro da Guerra, mas agora que ele sabe o que era realmente esse trabalho, o mesmo mudou de opinião, e ainda foi radical em dizer que iria fazer campanha para que outras pessoas não fossem trabalhar. Não foi possível identificar se o estudante, de fato, entendeu as questões ou se quis ironizar as perguntas.

Após esses questionamentos continuamos a ler o restante do texto, onde foi pedido para que eles fizessem um resumo interpretativo da leitura de dois parágrafos.

Quadro 11: 4º Questão

Questão 4: Fazer o resumo interpretativo dos parágrafos 4 e 5 do texto.

Respostas dos estudantes

M1: A primeira usina foi intitulada de complexo de segurança nacional Y-12. Para separar o urânio rapidamente foi adotado o processo eletromagnético. Como era necessário a utilização de um material que fosse bom condutor de eletricidade o material adotado foi a prata, e 14 mil toneladas de prata foi retirado do tesouro nacional. Depois foi utilizado outro método de separação. Difusão gasosa.

M2: Foram feitas usinas de urânio. Essas usinas era para construir calutrons que era feito com a prata, sem prata suficiente eles derreteram moedas para ter mais prata. As mulheres trabalhavam, mas na verdade não sabiam o que estavam fazendo. Em 6 meses foram obtidos 3Kg de urânio enriquecido de um total de 45Kg. Então eles construíram outro processo de separação.

H1:

H2: Para a construção era necessário de um material que fosse bom condutor de eletricidade e para isso foi utilizado a prata. Para acelerar o processo foi transformado em gás, que seria uma barreira poderosa.

H3:

M3: Foi no tempo da primeira usina de processamento de urânio encontrado. Ele precisavam de um material que fosse bom condutor de eletricidade.

M4: A usina de Oak Ridgi foi construída para fornecer eletricidade de 5 maneiras diferentes. O gás de urânio teria que ser colocado para ser acelerado partículas, batizado por ele de calutrom, para fazer esse processo precisariam que tivessem um "IMA" muito enorme.

Neste ponto podemos notar quais informações que foram entendidas como mais importantes para os educandos. Em algumas falas podemos notar que os educandos foram escrevendo frases soltas, e isso se deve ao fato de eles estarem tentando lembrar dos pontos lidos nos parágrafos.

Como podemos ver, a educanda M1 falou sobre a usina Y-12, ressaltou que foi preciso pegar prata do tesouro nacional por que é um bom condutor elétrico, assim eles teriam o processo eletromagnético. Ela finalizou citando um segundo

processo que era a difusão gasosa. A escrita dessa educanda se deu em cima dos pontos realmente principais dos parágrafos.

Já a educanda M2 deu ênfase a quantidade de urânio que foi produzida. Enfatizou que só conseguiram 3Kg de 45Kg com a primeira usina, e por isso construíram outra usina.

O educando M4 comentou sobre a voltagem instalada na construção da Y-12. Ele comentou que a usina foi “construída para fornecer eletricidade de 5 maneiras diferentes”. Comentou também sobre o processo eletromagnético e enriquecimento de urânio, onde era necessário um poderoso Imã.

Finalizamos o encontro trabalhando o conteúdo de Los Alamos e falando sobre o teste em Alamogordo, os alunos se mostraram interessados e ficaram surpresos com o vídeo da explosão e do poder que a bomba atômica mostrou em seu primeiro teste.

6.3 - Um recado aos soviéticos - little boy e fat man vão à guerra.

No terceiro e último encontro começamos fazendo uma reflexão sobre os fatos ocorridos até o término da 2ª Guerra Mundial. Para ficarmos bem situados com os eventos, educador-educando fizemos de forma conjunta na lousa, uma linha do tempo com os principais eventos discutidos nos dois primeiros encontros. Desde a saída dos Físicos da Alemanha até uma possível data do término da 2ª Guerra Mundial, e apesar de nos primeiros encontros termos chegado à conclusão de que os educandos não traziam muito conhecimento prévio sobre os assuntos abordados, tentamos ao menos sistematizar os conteúdos trabalhados nos últimos dias, pois, como nos adverte Freire:

Para o educador-educando, dialógico, problematizador, o conteúdo programático da educação não é uma doação ou uma imposição - um conjunto de informes a ser depositado nos educandos, mas a revolução organizada, sistematizada e acrescentada ao povo, daqueles elementos que este lhe entregou de forma desestruturada. (FREIRE, 1987, p.47):

Demos ênfase a essa linha do tempo para que, ao ler o texto utilizado nesse terceiro encontro, o educando pudesse fazer um comparativo de ações, pois ele verá que os EUA e seus aliados concluiu o Projeto Manhattan depois do término da

Guerra contra os Alemães. A partir daí surge a *questão 5* que será respondida pelos educandos no decorrer do encontro. Mas antes preferimos começar com dois questionamentos a respeito dos três primeiros parágrafos do texto: “Um recado aos soviéticos - Little Boy E Fat Man Vão À Guerra”.

Quadro 12: 1º Questão

Questão 1: *E então, quais são as opções para acabar com a Guerra contra o Japão?*

Respostas dos estudantes

M1: chegar a um acordo, ou soltar logo essa bomba para acabar com essa guerra.

M2: Soltar a bomba ou fazer um tratado para selar a paz.

H1: entrar em um acordo com os Estados Unidos e selar a paz entre os países...

H2 Chegar a um acordo. Soltar logo a bomba, e mostrar que os Estados Unidos e superior.

H3: Se entregar e recuar

Dos cinco educandos que compareceram ao último encontro, três mostraram que havia duas opções. Uma delas seria a negociação de paz e a outra, soltar logo a bomba sobre o Japão. Já os outros dois entenderam que a única coisa a se fazer seria mesmo um acordo de paz entre os países. Certamente 100% dos educandos ao lerem o texto, notaram que os EUA e seus aliados já sabiam que, apesar do Imperador Japonês ter dito que lutaria até a morte de seu último soldado, já havia indícios de que o Japão estava disposto a fazer uma negociação para o fim da guerra no pacífico. Os três primeiros educandos foram bem racionais ao responderem essa questão, pois eles responderam sobre as opções, que eram duas. Os outros dois certamente responderam mais com a emoção, pois provavelmente já tinham associado que a explosão de uma bomba nuclear causaria um desastre colossal na cidade em que fosse jogada, e por isso, seria mais interessante um acordo de paz entre as nações.

Como eles já sabiam qual seriam as opções que poderiam ser tomadas, foi perguntado a eles qual delas eles tomariam se estivessem no poder.

Quadro 13: 2º Questão

Questão 2: Qual dessas opções para acabar com a Guerra contra o Japão você adotaria?

Respostas dos estudantes

M1: Chegar a um acordo, por que não é violento e ninguém ia morrer.

M2: Fazer um tratado para selar a paz.

H1: Selar a paz por que iria morrer muita gente na Guerra.

H2: Fazer um tratado, com todos os países envolvidos na guerra

H3: eu adotaria fazer um acordo de paz

Nesse questionamento podemos notar que 100% dos estudantes optaram por fazer um acordo de paz, sendo que dois deles ainda deixaram bem explícito que fariam isso para que fossem preservadas vidas humanas. De forma a complementar a *Questão1*, ainda podemos afirmar que todos os estudantes pensaram a questão colocando os parâmetros da ética e o cuidado com a preservação da vida. Certamente já deviam ter uma noção do que uma bomba nuclear é capaz de causar.

Dando continuidade aos trabalhos, foram mostradas imagens da bomba que foi detonada em Hiroshima, discutindo ainda os mecanismos de funcionamento básico da explosão. Na oportunidade aproveitando uma parte do texto, foi feita a leitura dos dados estatísticos dos danos que a bomba causou a cidade de Hiroshima. Para ilustrar o texto, foram mostradas imagens da tragédia.

Como esse texto trazia mais informações sobre os danos causados pelas duas bombas lançadas e os números associados a estas, fizemos a leitura completa do mesmo. Após a leitura detalhada, tivemos o momento mais acirrado do debate, especificamente, quando se consideravam as implicações sociais envolvidas em tal evento.

Após a leitura do texto trabalhado nesse terceiro encontro, os estudantes já apresentavam uma visão de mundo um pouco mais ampliada, considerando as

informações que estavam contidas no texto. Partindo dessa linha de pensamento, concordamos com Freire quando afirma "... que esta educação, em que educadores e educandos se fazem sujeitos do seu processo, superando o intelectualismo alienante, superando o autoritarismo do educador "bancário", supera também a falsa consciência do mundo" (FREIRE, 1987, p. 43).

Para que os estudantes pudessem ter sua visão mais ampla do problema, era necessário apresentar os vários pontos de vista. Para tanto sugerimos duas imagens em torno das quais colocamos algumas questões.

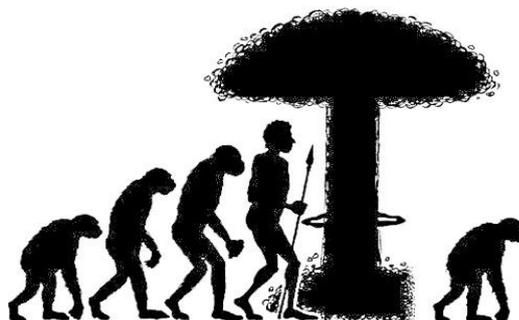
Figura 9: Explosão nuclear



Fonte: <<https://plus.google.com/photos/photo/111162886226473498093/5775646816211168754>>

Acesso em: 15 jan. 2015

Figura 10: Ciclo da evolução



Fonte: <<http://www.materiaincognita.com.br/voce-sabe-quantas-bombas-atomicas-ja-foram-detonadas-ate-hoje/#axzz417Eya9sG>> Acesso em: 15 jan. 2015

Quadro 14: 3º Questão

Questão 3: Descreva as imagens e exponha sua opinião sobre elas (você concorda com a afirmação dessas imagens?).

Respostas dos estudantes

M1: A primeira imagem relata a criança perguntando pro pai qual grupo terrorista lançaram as bombas em Hiroshima e Nagasaki, não foi um ato terrorista e sim para acabar com a guerra.

M2: Descordo, não era para comemorar o dia que muitas pessoas morreram.

H1:

H2: Descordo, pois estavam em uma guerra e o EUA não eram nenhum grupo terrorista, na época.

H3:

Obtivemos apenas três respostas para esta questão. A princípio os três educandos não concordaram com a imagem, e o interessante é que cada um deu uma justificativa diferente da do outro.

A educanda M1 descreve o que a imagem está mostrando, e em seguida ela discorda da frase da criança, e ainda completa que os EUA só fez aquilo para acabar com a Guerra. Para ela isso seria um ato justificável.

A educanda M2 apenas descreve que discorda e indaga que esse evento não era para ter uma data comemorativa, pois muita gente morreu. Provavelmente ela associou a palavra “Anniversary” a um ato de festividades.

O educando H2 também discorda, e justificou que aquilo foi por causa da Guerra e que os “EUA não eram nenhum grupo terrorista, na época”. Esse termo naquela época deixa uma dúvida pra se o educando considera os EUA um grupo terrorista nos dias atuais.

Ao analisar as respostas, podemos ver três tipos de justificativas bem diferentes, com isso, podemos afirmar que obtemos o contrário do que se esperaria de uma educação bancária, onde:

Na medida em que esta visão "bancária" anula o poder dos educandos ou o minimiza, estimulando sua ingenuidade e não sua criticidade, satisfaz aos interesses dos opressores: para estes, o fundamental não é o desnudamento do mundo, a sua transformação (Freire, 1987, p. 34).

Para a análise da segunda imagem, isto é, fig. 10, os estudantes apresentaram as respostas apresentadas no quadro 15.

Quadro 15: 3º Questão

Respostas dos estudantes

M1: E a segunda imagem é os pessoas depois da guerra que ficaram com aqueles tipo de câncer, leucemia e outras por conta da radiação.

M2:

H1: As pessoas depois da Guerra ficaram defeituosas com doenças tipo leucemia, câncer e etc...

H2: Concordo, pois após a guerra, as gerações que vinheram ainda sofreram com alguns tipos de radiações.

H3: eu concordo com a segunda figura, por que depois da bomba atômica, depois da radiação os seres humanos se reevoluiram, mas dessa vez alguns sobreviventes tem a tendência de seus familiares nascer com deficiência.

Durante a leitura do texto, isso bem antes dos educandos começarem a responder as questões finais, foi trabalhado e discutido alguns efeitos que a radiação da bomba nuclear causou nos corpos dos cidadãos das duas cidades japonesas. Naquela oportunidade foram mostradas algumas imagens de pessoas feridas pela radiação. Neste encontro foi comentado que, se tivesse internet no colégio, poderíamos observar algumas outras imagens mais impactantes. Um dos estudantes confirmou que havia internet na escola e que ele mesmo se encarregaria de configurar o notebook para que pudéssemos acessar as imagens no término do encontro. Essa promessa instigou a curiosidade e a ansiedade para ver tais imagens.

A curiosidade como a inquietação indagadora, como inclinação ao desvelamento de algo, como pergunta verbalizada ou não, como procura de esclarecimento, como sinal de atenção que sugere e alerta faz parte integrante do fenômeno vital. Não haveria criatividade sem a curiosidade que nos move e que nos põe pacientemente impacientes diante do mundo que não fizemos, acrescentando a ele algo que fazemos (FREIRE, 1996, p. 18).

Podemos notar nas respostas do *Quadro 16* que as observações feitas em sala de aula surtiram efeito na descrição desta imagem, pois utilizamos a *Figura 10* para representar a evolução do ser humano, e esta figura nos diz que após a utilização da bomba atômica, o homem retrocedeu toda evolução que havia adquirido. A partir dessas discussões em sala, todos os educandos associaram esta imagem as doenças provindas após a explosão da bomba, de alguma forma eles tentaram associar o tema discutido em sala com a *Figura 10*.

Ainda podemos acrescentar que a educanda M1 comentou das doenças que os sobreviventes pegaram após a explosão, e o educando H3 deu ênfase ao fato das gerações futuras nascerem com esses tipos de doenças.

Quadro 16: 4º Questão

Questão 4: *No começo da aula foi perguntado qual seria sua ação para terminar a guerra contra o Japão. Após ver todas essas imagens de destruição nas cidades de Hiroshima e Nagasaki, caso você tivesse escolhido usar as bombas, você continuaria com essa opinião? Justifique*

Respostas dos estudantes

M1, porque guerra é guerra eles atacam e os outros revidam.

M2: Não, pois tem pessoas que não tem nada a ver e acaba morrendo.

H1: Diplomacia.

H2: Soltaria, se era uma guerra, e eles já tinham nos atacado o certo era revidar. (Na minha opinião)

H3: Sim, soutaria por que o imperador falo que ele so perderia se o ultimo soldado morresse e também pra matar o imperador.

Como todos os educandos optaram pela diplomacia na *Questão 2/Quadro 13*, feito no começo do encontro, esta questão serviria apenas como uma confirmação de opinião, mas não foi o que observamos. Ainda tivemos três educandos que sustentaram a opinião de utilizar a bomba.

A educanda M1 menciona a relação do revide em uma guerra, já o educando H2 é mais específico quando diz “eles já tinham nos atacado o certo era

revidar”, aqui ele se refere ao ataque a Pearl Harbor, 1 dia antes dos EUA entrar na 2 Guerra Mundial.

Quadro 17: 5º Questão

Questão 5: *Nós vimos também que o Projeto Manhattan foi criado para que os EUA conseguisse a bomba atômica antes dos Alemães, mas os alemães foram derrotados bem antes da bomba ficar pronta. Você achou correto continuar com o projeto mesmo com a derrota da Alemanha já anunciada?*

Respostas dos estudantes

M1: Sim, não era só a Alemanha que estava contra os EUA também tinha o Japão e depois o Japão ainda continuou atacando, ai eles tiveram que continuar.

M2: Foi correto, eles foram atacados, tinham que revidar e vencer.

H1: Foi correto por que eles tinham gastado muito dinheiro etc...

H2: Correto, ouve muitos gastos, fazer duas bombas, que teve o preço de 26 bilhões. O certo era usar; Não deixa atoa e se não as tivessem usado o Japão ganhara a guerra. Então com certeza usaria.

H3: Sim, que os japoneses atacariam e os EUA revidaram e tem que ir até o fim que o imperador do Japão não quis parar.

Todos os educandos concordaram em prosseguir com o Projeto Manhattan mesmo com a derrota Alemã já anunciada, eles usaram a prerrogativa de que já tinham sido feitos altos investimentos e como o Japão ainda estava na Guerra, os aliados tinham que terminar as bombas e utiliza-las. Os educandos raciocinaram da mesma forma que Richard Feynman:

O que eu fiz de imoral, eu diria, foi não lembrar o motivo pelo qual eu disse que estava fazendo isso. Então, quando o motivo mudou, quando a Alemanha foi derrotada, absolutamente nada disso passou pela minha cabeça. Que significava agora que eu tinha que repensar os meus motivos para continuar. Eu simplesmente não pensei certo”.

Quadro 18: 6º Questão

Questão 6: *O Projeto Manhattan só ocorreu por causa da ameaça alemã. Caso os Alemães*

não fossem uma ameaça, e caso não tivesse acontecido a Segunda Guerra Mundial, será que teríamos nos dias de hoje a bomba nuclear, ou mesmo tecnologias nucleares?

Respostas dos estudantes

M1: Sim, por que a tecnologia de hoje é muito avançada e a física e a química também, acho que teria sim a bomba.

M2: Não, eles não iriam se preocupar com bombas.

H1: Sim por que os físicos iriam desenvolver novas experiências...

H2: Sim, pois a tecnologia avanço, e os cientistas procuravam e procuram cada vez mais revolucionar.

H3: Não, eles poderiam descobrir as tecnologias nucleares, mas a bomba foi criada por causa da Alemanha.

A percepção que o aluno tem de mim não resulta exclusivamente de como atuo mas também de como o aluno entende como atuo. Evidentemente, não posso levar meus dias como professor a perguntar aos alunos o que acham de mim ou como me avaliam. Mas devo estar atento à leitura que fazem de minha atividade com eles (FREIRE, 1996, p. 60).

Ou seja, não posso fazer a intervenção de forma a manipular as opiniões dos educandos, posso apenas mostrar as duas faces da moeda e deixar que eles escolham a que melhor se adapta a eles.

Podemos ver que os educandos M1, H1 e H2 mostraram que mesmo sem ocorrer a Guerra contra a Alemanha, nos dias de hoje certamente teríamos a bomba atômica construída, eles afirmaram que a tecnologia de hoje esta muito avançada. Já os educandos M2 e H3 mostraram que para eles a bomba atômica foi única e exclusivamente feita para acabar com a ameaça da Alemanha, e que se não existisse essa ameaça à bomba não teria motivo para ser construída.

De forma geral três estudantes se mostraram bem confiantes nas pesquisas científicas e seus resultados tecnológicos, mostraram que caso não tivesse ocorrido a 2º Guerra Mundial, hoje em dia certamente já teríamos tecnologia nuclear, e até

bombas nucleares. Como vimos, a Guerra serviu apenas para acelerar o processo da criação das bombas.

Quadro 19: 8º Questão

Questão 8: *Nós vimos que a Física nuclear foi apresentada ao mundo na forma das bombas atômicas, e isso não foi muito agradável. Mas vemos que hoje existem tratamentos contra o câncer que funcionam com os conceitos da Física Nuclear. Sabendo dessas duas formas de utilização, em sua opinião, foi importante manter o Projeto Manhattan para que se alcançasse a bomba atômica?*

Respostas dos estudantes

M1: Sim

M2: Sim

H1: Sim por que ajudou muito, a medicina a descobri varias curas de doenças como o câncer etc...

H2: Sim

H3: Sim, valeu por que com a tecnologia da bomba, hoje temos os tratamentos contra o câncer, mas o desastre foi grande morreu milhares de pessoas, mas nasce milhares de pessoas hoje em dia e saudáveis graças a tecnologia.

Temos a unanimidade das opiniões em relação a positividade do mantimento do Projeto Manhattan para o término da bomba nuclear juntamente com o alcance de tal tecnologia. Os estudantes associaram os comentários feitos em sala em relação aos tratamentos que são feitos no combate ao câncer com base na Física Nuclear.

Em todos os encontros buscamos trilhar pelos caminhos do enfoque CTS e, como podemos observar nesse último questionamento, as implicações sociais científicas e tecnológicas sempre estiveram orientando o debate. Embora tivéssemos nossa própria opinião a respeito das questões, procuramos deixar os estudantes chegarem as suas próprias conclusões a partir dos textos e da discussão que sempre apresentava as duas faces da questão.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por isso é que, na formação permanente dos professores, o momento fundamental é o da reflexão crítica sobre a prática. É pensando criticamente a prática de hoje ou de ontem que se pode melhorar a próxima prática.

(FREIRE, 1996, p. 22)

Como podemos observar na introdução e no corpo deste trabalho, foi desenvolvido um esforço investigativo no sentido de, orientados pelos estudos de CTS, analisar as possibilidades e limitações na utilização de episódios históricos no ensino de ciências. Para tanto, foram construídos três pequenos textos paradidáticos a partir dos quais, foram feitas três intervenções em sala de aula com o propósito de avaliar uma possível ressignificação do processo de ensino aprendizagem a partir de tais pressupostos.

Para que pudéssemos chegar a alguma conclusão sobre a utilização de Episódios Históricos com a abordagem CTS, utilizamos três questionamentos que nos nortearam durante a pesquisa. Estes questionamentos serviram para estruturar uma visão de análise mais ampla em relação aos dados coletados. Nesse sentido, pretendíamos identificar traços que apontassem para uma visão mais crítica e uma aproximação epistemológica do fenômeno/acontecimento Físico da produção da energia nuclear quando colocada no contexto social da segunda guerra mundial. Era nosso objetivo identificar nas falas dos estudantes, aspectos que apontassem para a ideia de que a ciência se faz junto com o desenvolvimento social, a partir das necessidades, e que a ciência não se resume apenas ao que se estuda na escola.

Embora tenham estranhado a forma de abordagem, os estudantes se envolveram satisfatoriamente com a questão e, apesar de algumas respostas ainda apontarem para uma visão ingênua da política internacional durante a segunda

guerra mundial, podemos constatar a importância atribuída ao contexto no processo de construção de um determinado conhecimento.

Ao analisar algumas das respostas dos educandos podemos notar que nenhum deles escreveu direta e explicitamente "que a ciência se faz a partir da necessidade do desenvolvimento social", mas há muitos traços da escrita em que podemos identificar indícios de que estivessem tendendo a este raciocínio. Por exemplo, quando lhes foi perguntado se atualmente haveria bombas nucleares caso não tivesse acontecido a segunda guerra mundial, os educandos deixaram claro que certamente teríamos tecnologia nuclear, mas não teríamos as bombas, pois elas estariam condicionadas a uma necessidade da época. Aqui podemos observar traços de que, para o entendimento deles, o desenvolvimento científico se dá a partir de uma necessidade vivida em um determinado contexto histórico.

De acordo com o que expressaram nas suas falas e escritas, os esforços dos aliados para a construção da bomba só se deram por causa dos Alemães e, se não fosse a necessidade de vencer aquela guerra, os norte-americanos e seus aliados não teriam colocado em prática o Projeto Manhattan.

Também concluíram, que os aliados só conseguiram produzir as duas bombas que foram utilizadas contra o Japão pois, se dispusessem dessas armas, os norte-americanos certamente as teriam utilizado contra o Vietnã. Não iriam perder a guerra se tivessem essas bombas a sua disposição. Embora já dispusessem da tecnologia para a obtenção das bombas, os estudantes acreditavam que, considerando os gastos colossais, possivelmente os EUA não estariam dispostos a fazer os mesmos investimentos.

É importante reconhecer que, por si só, o tema energia nuclear já é um tema bastante instigante, com grande potencial para ser trabalhado no enfoque CTS. Notamos que desde o primeiro encontro os educandos já se mostravam bem curiosos para saber como era que se construía uma bomba atômica, ficavam perguntando se havia possibilidade de fazer uma bomba nuclear caseira.

Quando apresentado o simulador de fissão nuclear, demonstraram interesse em manipular o software. Como foi visto na questão 1/quadro 8, em que foi perguntado o que era a fissão nuclear, os mesmos já responderam de forma mais científica, fruto dos debates da aula anterior. Podemos também comentar sobre o interesse em torno do problema da radiação: como a radiação afetou o corpo dos

atingidos pelas bombas no Japão? Na oportunidade eles se manifestaram, assumindo o controle do notebook para pesquisar imagens das pessoas feridas nos dois ataques.

Com estes três questionamentos pode-se notar que foram obtidos indicativos de pontos positivos em relação à utilização dos episódios históricos. Por outro lado, temos que ressaltar que ocorreram apenas três encontros, somando um total de 300 minutos, o que é relativamente pouco considerado os nossos objetivos iniciais de pesquisa. Também devemos reconhecer que o modelo escolar ainda orientado para os vestibulares, dificulta quaisquer tipos de intervenção dissonante com os objetivos estabelecidos pela escola. As dificuldades para formar um grupo de estudos em um contraturno foram grandes, o que, de certo modo, prejudicou os objetivos iniciais do trabalho. Ainda assim, a partir da descrição de algumas situações, podemos constatar que os educandos avançaram de um pensamento inicial mais simplista até alcançarem uma posição mais crítica diante do fenômeno.

Este não foi um estudo de longo prazo que pudesse apresentar resultados bem mais expressivos, o que conseguimos foram algumas demonstrações ao longo dos encontros de que o enfoque que estava sendo utilizado inaugurava um novo tipo de interesse e curiosidade, com a presença de alguns argumentos críticos em torno dos fatos ocorridos.

Esta intervenção foi apenas uma pequena amostra do que pode ser alcançado utilizando o enfoque CTS, e claro que existem temas da Física que são mais propícios de serem trabalhados com este enfoque do que outros. Cabe ao educador fazer essa triagem, e quando encontrar o elo entre o conteúdo e a CTS, utiliza-la em sua prática educativa.

Também queremos que ao ler este trabalho, o leitor consiga subsídios mínimos e referências para um estudo mais aprofundado sobre o tema, e que o mesmo tenha orientações para melhorar a sua prática em sala de aula.

Dentre outras coisas, a partir deste enfoque podemos entender melhor aquilo que Paulo Freire nos ensinou: que o pensamento do educador somente ganha autenticidade na autenticidade do pensamento dos educandos, ambos problematizados pela realidade em uma relação de intercomunicação. Por isso o pensamento dos educadores não pode ser um pensamento para os educandos nem a eles imposto. Mas um pensar com eles e para a emancipação de ambos.

REFERÊNCIAS

ASSMANN, Hugo (Org). **Redes Digitais e Metamorfose do Aprender**. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2005.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade; Pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Educação**, v. 1, n. especial, novembro de 2007.

AULER, D. e BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional Brasileiro, **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

BENAKOUCHE, T. A Contribuição da Teoria Sociológica para o Desenvolvimento dos Estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade. In KERBAUY, M. T. M.; ANDRADE, T. H. N.; HAYASHI, C. R. M. (org) **Ciência, Tecnologia e Sociedade no Brasil**. Campinas: Editora Alínea 2012.

BRAZ, A. Hiroshima e Nagasaki: Paradoxos da Estratégia, **Revista USP**, p. 74-8, julho/agosto de 1995

CEREZO, J. A. L.; LUJÁN, J. L. **Ciencia y política del riesgo**. Madrid: Alianza Editorial, 2000.

Dias Júnior, J. A; Roubicek, R. **O brilho de mil sóis: História da bomba atômica**, São Paulo, Ed. Ática, 1994.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17ª ed, Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1994.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Paz e Terra, São Paulo, 1996.

HEWITT, P. Física Conceitual. 9º ed. São Paulo, Editora Bookman, 2002.

HUNSCHE, S.; DALMOLIN. A. M. T.; ROSO, C. C.; SANTOS, R. A. e AULER, D. O enfoque CTS no contexto brasileiro: caracterização segundo periódicos da área de educação em ciências, **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis 2009.

MARINS, R. A. **Becquerel e a descoberta da radioatividade**: uma análise crítica, Campina Grande: EDUEB/ Livraria da Física, 2012.

MOREAES, B. T. F. e MOREIRA, W. C. A carta de Einstein de 1939 e o “Projeto Manhattan”, **IV Congresso de pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de educação Tecnológica**. Belém, 2009

MOURÃO, R. R. F. Hiroshima e Nagasaki: razões para experimentar a nova arma, **scientiæ studia**, São Paulo, v. 3, n. 4, p. 683-710, 2005.

NUSSENZVEIG, H.M. **Curso de Física Básica, vol. 1**, 4° ed. São Paulo, Blucher, 2002.

OKUMO, E. **Radiação: Efeitos, Riscos e Benefícios**. São Paulo: HARBRA, 2007

OLIVEIRA, I. S. **Física Moderna para iniciados, interessados e aficionados**, Vol. 1: São Paulo, Ed. Livraria da Física, 2005.

OLIVEIRA, I. S. **Física Moderna para iniciados, interessados e aficionados**, Vol. 2: São Paulo, Ed. Livraria da Física, 2009.

OLIVEIRA, André Luís Belini. A tecnologia de informação e comunicação como instrumento de apoio ao ambiente acadêmico. **Anuário de Produção Acadêmica Docente**, v. III, nº 4, 2009

PATY, M. **A física do século XX**, Aparecida, SP: Ideias & Letras, 2009.

PERUZZO, J. **Física & Energia Nuclear**, São Paulo, Ed. Livraria da Física, 2012.

PINHEIRO, N. A., SILVEIRA, R. M.F.; BAZZO, W. A., A relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio, **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

QUADRAT, S. V. e MERÇON, F. Radioatividade e a História do Tempo Presente, **Química Nova na Escola**, nº 19, maio 2004.

RESNICK, R; EISBERG, R. **Física Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e partículas**. Tradução: Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira de Marta Feijo Barroso, Rio de Janeiro, Elsevie, 1979. 24°reimpressão

RIBEIRO, J. OS “FILHOS DA BOMBA”: memória e história entre os relatos de sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki e a “Campanha pela Proibição das Bombas Atômicas” no Brasil (1950). **Revista Outros Tempos**, V6, n7, p. 147-167, julho de 2009 - Dossiê História e Memória

SAMAGAIA, R.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma experiência com o Projeto Manhattan no Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p 259-276, 2004.

SANTOS, W. L. P. e Mortimer, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira, **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v.2, n.2, p.1-23, 2002.

SEWAY, R. A; JEWETT Jr, J. W. **Princípios de Física, vol 1**, Tradução de André Koch Torres Assis, São Paulo, Cengage Learning, 2011.

SILVA, M. J. **O Ensino CTS Através de Revistas de Divulgação Científica**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: PPGCT/UFSC, 2005.

SOUZA CRUZ, S.M.; ZYLBERSZTAJN, A. O Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade e a Aprendizagem Centrada em Eventos. In PIETROCOLA, M. (org). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC 2001.

SOUZA, M. **Poluição Nuclear; A inserção da educação ambiental no Ensino Médio na Perspectiva Globalizante via enfoque CTS**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: PPGCT/UFSC, 2005.

STRIEDER, R. B. **Abordagem CTS e Ensino Médio: Espaços de Articulações**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: IF/IQ/IB/FEUSP, 2008.

TIPLER, P. A; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. Tradução de Ronaldo S. de Biasi. 3° ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1: A ASCENSÃO DE HITLER E O EXÍLIO DOS FÍSICOS

Em 1933 Hitler assume o governo na Alemanha, inaugurando e difundindo uma poderosa ideologia de controle e poder que, alicerçada no fundamentalismo nacionalista, na perseguição aos judeus e comunistas e na superioridade da raça ariana, espalhou a perseguição, o terror e a morte na Alemanha e na Europa. Uma de suas ordens foi a queima de livros e a caça a intelectuais, artistas e cientistas considerados adversários do regime. Tais eventos provocaram o desconforto de vários Físicos importantes que, acuados pelo ditador, foram forçados a sair o país.

De acordo com Mourão (2005), algumas personalidades científicas de origem judaica, tais como Albert Einstein (1879-1954) e Max Born (1882-1970), foram obrigados a deixar a Alemanha naquele período. Alguns cientistas, como Jacob Franck (1882-1964) em Gottingen, demitiram-se em sinal de solidariedade. Outros, como Eugene Wigner (1902-1995), Leo Szilard (1898- 1964) e Edward Teller (1908-2003), deixaram a Alemanha, pois o regime nazista estava em contradição com suas convicções. Um grupo menos numeroso permaneceu na Alemanha como, por exemplo, Otto Hahn (1879-1968) e Fritz Strassman (1902-1980). Mas, a maior parte exilou-se na Inglaterra, na França e, principalmente, nos Estados Unidos.

Como resultado, os Estados Unidos da América conseguiu formar uma das maiores comunidades de cientistas renomados que jamais tinha existido em um único país. Mesmo assim a Alemanha ainda tinha um ótimo grupo de cientistas em seu favor e, é em solo alemão que os Físicos Hahn e Strassman em 1938 descobrem e realizam o primeiro processo de fissão nuclear. Inicialmente não foi dado esse nome ao fenômeno, visto que era um resultado novo e surpreendente.

A descoberta foi de tamanha importância, que nenhuma publicação foi permitida em solo alemão e Hitler considerou o evento como um segredo de segurança nacional que não deveria ser revelado para o restante do mundo. Mas isso não impediu que Hahn e Strassman redigissem uma carta a Lise Meitner que já havia trabalhado com pesquisas nessa área. Como escrevem Moraes e Moreira (p.3), Meitner e Otto Frisch interpretaram o fenômeno como o rompimento do núcleo

de urânio em dois núcleos menores. Em seguida Frisch comunicou esses resultados a Niels Bohr que discutiu sobre o processo e deu ampla divulgação ao novo fenômeno, tratando-o, a partir de então, como um processo de “fissão nuclear”. O trabalho foi publicado em 6 de janeiro de 1939.

Foi assim que a informação desse novo fenômeno saiu da Alemanha e chegou ao Ocidente, despertando a atenção dos Físicos refugiados de seus países sobre o poder desse conhecimento nas mãos de Hitler e da Alemanha nazista. Com a notícia do fenômeno de fissão nuclear se espalhando entre a comunidade científica, ficou claro que os alemães só precisavam de tempo para criar uma nova e poderosa arma de Guerra. Com isso os cientistas que residiam nos EUA iniciaram uma campanha para alertar o governo norte americano no sentido de tomar alguma providência. Enrico Fermi (1901-1954), prêmio Nobel de física de 1938, e, em seguida, Leo Szilard tentaram sensibilizar Edwin Hooper, Almirante da Marinha – na época, o único setor militar que dispunha de recursos para pesquisa. As tentativas não obtiveram êxito (MOURÃO, p. 684).

Apesar de algumas tentativas fracassadas, Szilard através do economista austríaco Gustav Stolper (1888 - 1947) fica sabendo que Alexandre Frederic Sachs (1889-1945) amigo pessoal do presidente Roosevelt, propôs a elaboração de um dossiê sobre a situação, pois o levaria ao presidente.

Com o ocorrido, Szilard voltou a se encontrar com Einstein e juntos elaboraram uma carta direcionada ao presidente norte americano. Nessa carta eles o alertavam sobre a existência de uma nova forma de energia, e que a mesma poderia estar sendo utilizada pelos nazistas para a construção de uma nova arma, de proporções catastróficas. Como na época Einstein era a celebridade científica do momento, a carta foi assinada apenas por ele.

Em 2 de agosto de 1939, ou seja, seis anos antes de Hiroshima e Nagasaki, Albert Einstein assinou o primeiro documento alertando o governo norte-americano sobre o desenvolvimento de armas nucleares. Nele, solicitava que procurasse, com o apoio dos físicos, desenvolver um projeto destinado à construção de bombas atômicas já que havia sido interrompida a venda de urânio na Tchecoslováquia.

Como resposta a carta de Einstein recebida em 11 de outubro de 1939, Roosevelt criou o comitê consultivo do urânio, liberando uma primeira remessa financeira – o equivalente a 6 mil dólares atuais – , que era muito pequena para os

propósitos dos cientistas. Uma nova carta foi escrita direcionada ao presidente, alertando-o que os alemães continuavam desenvolvendo suas pesquisas secretas que ameaçavam o mundo.

Quando em 7 de dezembro de 1941, sem declaração de guerra, os japoneses atacaram e destruíram a frota norte americana estacionada em Pearl Harbour no Pacífico, os Estados Unidos entraram na guerra decididamente e, a partir de então, um volume enorme de recursos foi injetado no projeto de construção de armas nucleares. Até o fim da guerra, foram gastos 2 bilhões de dólares (MOURÃO, p. 688).

Coincidência ou não, no dia anterior o presidente tinha autorizado a criação de um dos projetos mais ambiciosos da história norte americana, o Projeto Manhattan ou Projeto X como também era chamado na época.

ANEXO 2: O PROJETO MANHATTAN

O Projeto Manhattan foi um dos maiores empreendimentos feitos pela humanidade. O projeto como um todo envolveu mais de 400 mil pessoas (entre operários civis, militares e cientistas) e um somatório de 202 mil hectares entre área desapropriada e construída.

O objetivo desse projeto era a construção da primeira bomba atômica, e para isso eram necessários: combustível e tecnologia apropriada. Tal projeto foi dividido em três localidades distintas: as instalações de Oak Ridge no Tennessee e as instalações de Hanford em Washington que ficaram responsáveis por conseguir o combustível físsil para a fabricação da bomba. Parte da mão de obra dessas duas instalações era assumida por civis que voluntariamente queriam ajudar na Guerra, já em Los Alamos no Novo México, funcionava o centro de pesquisas, sendo operado pelos cientistas, com o propósito da obtenção de resultados para que a bomba fosse planejada, construída e testada. Neste sentido, vários dos mais brilhantes especialistas em física nuclear foram recrutados e, juntos com suas famílias, mudaram-se para um acampamento perdido no meio do deserto onde, sob forte vigilância militar, lançaram-se na aventura científica dos primeiros testes nucleares. O Projeto Manhattan tinha como responsável o General Leslie Groves, e como diretor científico o Físico Nuclear Robert Oppenheimer além de pesquisadores como Enrico Fermi, Niels Bohr, Hans Bethe e Edward Teller, entre muitos outros.

Como se sabe o combustível utilizado na construção da bomba atômica é o Urânio que se encontra na natureza como U^{235} e U^{238} . Desses isótopos apenas o U^{235} é físsil, e sua porcentagem é de apenas 0,7% de todo urânio encontrado. Já nasce aqui o primeiro obstáculo a ser superado pela Física, o de como separar um tipo de urânio do outro.

A primeira usina de processamento de urânio foi intitulada de Complexo de Segurança Nacional Y – 12. Tal complexo era constituído de nove prédios (ainda existem três nos dias atuais), gigantescos galpões construídos por engenheiros que não sabiam das dimensões do maquinário a ser instalado e, devido à incerteza “a usina elétrica de Oak Ridge, por exemplo, foi construída para fornecer eletricidade com cinco voltagens diferentes. O sistema de processamento de urânio adotado na Y – 12 foi o eletromagnético, que fora desenvolvido por Ernest Lawrence. O gás de

urânio seria colocado nas câmaras circulares de um enorme equipamento projetado para aceleração de partículas, batizado por ele de Calutron; através da criação de um campo magnético, o urânio seria acelerado através do vácuo a uma velocidade de milhares de quilômetros por segundo. Lawrence esperava obter trajetórias diferentes para os dois isótopos, recolhendo-os separadamente no final (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, P, 29).

Para a construção dos calutrons era necessário a utilização de um material que fosse bom condutor de eletricidade, como todo o cobre disponível estava sendo utilizado na fabricação de armas para guerra, o material adotado para a construção dos calutrons foi a prata. Com isso, 14 mil toneladas de prata foi retirada do tesouro nacional e levada para Oak Ridge. Cada prédio continha 36 Calutrons, totalizando 1368 calutrons, e ao final de 6 meses de funcionamento, foram obtidos apenas 3Kg de urânio enriquecido de um total de 45Kg que eram necessários. Para acelerar o processo, foram emitidas ordens de que seria necessária a construção de outro complexo de processamento de urânio, utilizando outro método de separação: a difusão gasosa desenvolvida na Universidade de Columbia. O urânio seria transformado em gás, mas desta vez o gás seria forçado a passar por uma fina barreira porosa. Como os dois isótopos de urânio tem uma pequena diferença de tamanho, supunha-se que o U – 235 passaria mais facilmente, resultando numa substância com maior concentração desse isótopo.

Para a construção do segundo complexo, intitulado de complexo K - 25, os trabalhos se deram numa localidade próxima a do complexo Y – 12. Tal complexo foi o maior prédio do mundo na época, com 800 metros de comprimento e 305 de largura, totalizando 186 mil m² de área e, por causa do terreno que não era tão extenso, foi construído no formato de U. Como o processo utilizado era o da difusão gasosa, e que deveria ser repetido inúmeras vezes, foram gastos 1220 km de tubulação de cobre, 6118 km de condutores elétricos, e por causa da corrosão causada pelo fluoreto de urânio, 1200 pessoas eram direcionadas apenas para a manutenção.

Após vários estudos os cientistas chegaram a resultados que indicavam que o plutônio, advindo do U – 238 após alguns decaimentos, também sofreria o processo de fissão nuclear ao sofrer bombardeamento, e que a energia liberada era maior que a do U – 235. Com isso foi construído outro complexo, apenas para a obtenção do Plutônio: as instalações de Hanford. Tais instalações também podem

ser justificadas pelo alto grau de confidencialidade. Ao contrário do que se pretendia, os cientistas não tinham o hábito de fazer pesquisas as escondidas, e para que tais resultados não fossem divulgados, o diretor científico Oppenheimer sugeriu isolar o grupo de cientistas que trabalhava diretamente na criação da bomba num lugar afastado e protegido, sem comunicação com o mundo externo. Ali, eles poderiam conversar à vontade sem o risco de vazamento de informações. E, obviamente, a tarefa de vigiá-los seria extremamente facilitada. (DIAS JUNIOR, ROUBICEK, p, 34).

Para que se construíssem os laboratórios em Los Alamos, tal localidade teve que atender alguns pré-requisitos, e um dos mais importantes, era o de ser uma região montanhosa e bem remota. Visto que os cientistas iriam trabalhar fazendo testes com combustível físsil, e que a chance de ocorrer alguma explosão acidental era eminente, as montanhas funcionariam como um escudo que fariam com que as ondas de choque fossem abafadas.

Na manhã de 16 de julho de 1945 em Alamogordo no Novo México, exatamente às 5h 29min da manhã, ocorreu o primeiro teste de uma bomba nuclear. Tal teste foi força da antecipação dos trabalhos de pesquisa, pois com a derrota da Alemanha, o general Groves ainda queria mostrar a supremacia norte-americana para o período pós-guerra.

ANEXO 3: UM RECADO AOS SOVIÉTICOS - LITTLE BOY E FAT MAN VÃO À GUERRA

Embora a Alemanha de Hitler já derrotada, o Japão ainda resistia em continuar lutando. Seus soldados e chefes militares estavam dispostos a lutarem até a morte e, mesmo com tal disposição, a derrota do Japão era apenas uma questão de tempo.

O serviço secreto norte-americano capturou e transcodificou uma mensagem dirigida pelo Ministério das Relações Exteriores do Japão a seu embaixador em Moscou, Naotake Sato. A mensagem orientava que Sato procurasse os soviéticos para negociar com os Aliados sua rendição, com a única condição de o Japão manter no poder a figura do imperador Hirohito. Portanto em julho de 1945 o governo norte-americano já estava ciente que o uso da bomba atômica seria um recurso militar desnecessário, e que seria possível acabar com a guerra no pacífico apenas com o uso da diplomacia.

Apesar disso, decidiram ignorar a disposição japonesa em render-se. Truman queria colocar um final capaz de revelar ao mundo – à União Soviética em particular – toda a extensão do poderio bélico conquistado pelos Estados Unidos. Era preciso aproveitar a ocasião para realizar uma espetacular demonstração de força, capaz de tornar claro que eram os norte-americanos os verdadeiros vencedores da Segunda Guerra Mundial, e os detentores da supremacia na montagem da nova ordem internacional. Sobretudo, era preciso que os soviéticos compreendessem com toda a clareza que os Estados Unidos não só dispunham da bomba atômica, como também não hesitariam em usá-la toda vez que seus interesses políticos fundamentais estivessem em jogo. Por outro lado, os cientistas envolvidos no projeto também não pensaram em parar e, mesmo sabendo que a motivação primeira – derrotar a Alemanha – já havia mudado, queriam ver o sucesso do projeto. A esse respeito, o físico americano Richard Feynman afirmou o seguinte: *“O que eu fiz de imoral, eu diria, foi não lembrar o motivo pelo qual eu disse que estava fazendo isso. Então, quando o motivo mudou, quando a Alemanha foi derrotada, absolutamente nada disso passou pela minha cabeça. Que significava agora que eu tinha que repensar os meus motivos para continuar. Eu simplesmente não pensei certo”*.

E sem hesitar, às 2h30min do dia 6 de agosto de 1945, hora local, o bombardeiro B29 batizado de Enola Gay (em homenagem à mãe do piloto que comandava a missão), decolou do aeroporto militar norte-americano nas Ilhas Marianas rumo a Hiroshima, sob o comando de Paul Tibbets, sendo a tripulação composta de Robert Lewis, Thomas Ferebee, William Parsons, Morris Jeppson e outros. O comandante Tibbets era o único que conhecia os possíveis efeitos da bomba que transportava, medindo 4,50 m de comprimento e 76 cm de diâmetro. Às 8h9min Hiroshima aparece entre as nuvens, e às 8h16min45s a bomba é lançada, a explosão de 60 kg de U^{235} foi equivalente a 12500 toneladas de TNT, ocorrendo 40 segundos mais tarde, a 580 metros acima da cidade, provocando a morte de 140000 civis.

A bomba atômica produziu efeitos arrasadores. Nos primeiros milionésimos de segundos, a energia térmica liberada na atmosfera transformou o ar em uma bola de fogo de aproximadamente 1 km de diâmetro. Durante alguns segundos um calor de vários milhões de graus paira sobre Hiroshima. No solo, a temperatura atinge vários milhões de graus sob o epicentro da explosão. Num raio de 1 km, tudo foi instantaneamente vaporizado e reduzido a cinzas; até 4 km do epicentro os prédios e os seres humanos sofreram combustão instantânea e espontânea; num raio de 8 km, as pessoas sofreram queimaduras de 3º grau.

Após o calor, ocorreu uma onda de choque que provocou um efeito devastador, causado pela enorme pressão devida à expansão dos gases; essa onda de choque progrediu a uma velocidade de 1000 km/h, como se fosse um muro de ar sólido. Ela reduziu a pó tudo o que se encontrava num raio de 2 km. Dos 90 mil prédios da cidade, 62 mil foram completamente destruídos. Outro efeito ainda pouco conhecido em 1945 foi a radioatividade espalhada pela explosão nuclear, que provocou câncer, leucemia e outras doenças. Ela disseminou um terror bem maior do que outras consequências, pois suas manifestações só apareceriam dias, meses e até mesmo anos após a explosão.

Em 6 de agosto de 1945, a Casa Branca comunicou o bombardeio de Hiroshima ao povo norte-americano: “acabamos de lançar sobre o Japão a força de onde o Sol tira o seu poder. Nós conseguimos domesticar a energia fundamental do universo”. O presidente Harry Truman declarou: “O mundo constata que a primeira bomba atômica foi lançada sobre Hiroshima, uma base militar; nós ganhamos, contra a Alemanha, a corrida da sua descoberta. Nós a utilizamos com a finalidade

de reduzir a angústia da guerra e com o fim de salvar as vidas de milhares e milhares de jovens americanos. Nós continuaremos a empregá-la até conseguirmos destruir completamente os recursos bélicos japoneses” (cf. Truman, 1955.).

Em uma entrevista a BBC na década de 80 o Físico Richard Feynman, que fez parte do Projeto Manhattan, fez uma declaração que descreve o que aconteceu em Los Alamos após a notícia da explosão da bomba sobre Hiroshima. *“A única reação que me lembro, talvez eu estivesse cego com minha própria reação, foi que houve muito alvoroço e comemoração. Houve festas, as pessoas ficaram bêbadas. Daria um contraste muito interessante entre o que se passava em Los Alamos, ao mesmo tempo daquilo que ocorria em Hiroshima [...] ao mesmo tempo em que pessoas morriam e agonizavam em Hiroshima.”*

Em 9 de agosto de 1945, às 11h2min, uma segunda bomba nuclear, a Fat man, foi lançada por Charles Sweeney, Frederick Ashworth e outros, de um bombardeiro B-29 sobre a cidade de Nagasaki. O alvo foi trocado de Kokura para Nagasaki em virtude das más condições de visibilidade. A explosão, equivalente a 22 mil toneladas de TNT, foi obtida usando 8 kg de plutônio 239, com uma bomba de 4,5 toneladas, que provocaram a morte de mais de 70 mil civis.

Em 15 de agosto, Hirohito, Imperador do Japão, anunciou a capitulação incondicional de seu país. Ele tinha 46 anos, quando se dirigiu pela primeira vez ao seu povo para comunicar chorando, em linguagem arcaica, que o Japão perdera a guerra.

Em 2 de setembro de 1945, a rendição japonesa é assinada. Assim estava terminada a Segunda Guerra Mundial, que não acabou em 8 de maio com a capitulação do Terceiro Reich, mas em 6 e 9 de agosto de 1945, com as duas bombas que deram início à guerra fria.