

UFRRJ

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

DISSERTAÇÃO

**INSERÇÃO DO TEMA DE FÍSICA NUCLEAR NO ENSINO
MÉDIO: DESCONSTRUINDO E CONSTRUINDO UM NOVO
OLHAR SOBRE RADIOATIVIDADE E ENERGIA NUCLEAR**

GILBERG PEREIRA DA SILVA

2019



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS
E MATEMÁTICA**

**INSERÇÃO DO TEMA DE FÍSICA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO:
DESCONSTRUINDO E CONSTRUINDO UM NOVO OLHAR SOBRE
RADIOATIVIDADE E ENERGIA NUCLEAR**

GILBERG PEREIRA DA SILVA

Sob a orientação do Professor Doutor
Cláudio Maia Porto

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e Matemática, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Física.

Seropédica, RJ
Dezembro de 2019

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. "This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001"

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586i Silva, Gilberg Pereira da, 1980-
Inserção do tema de física nuclear no ensino médio:
desconstruindo e construindo um novo olhar sobre
radioatividade e energia nuclear / Gilberg Pereira da
Silva. - Rio de Janeiro, 2019.
91 f.: il.

Orientador: Cláudio Maia Porto.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural
do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Educação
em Ciências e Matemática, 2019.

1. Radioatividade. 2. Aprendizagem Significativa.
3. Metodologia Ativa. I. Porto, Cláudio Maia, 1968-,
orient. II Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Educação em
Ciências e Matemática III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA

GILBERG PEREIRA DA SILVA

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Educação em Ciências e Matemática**, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, área de concentração em Ensino e Aprendizagem de Física.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 19/12/2019.

Claudio Maia Porto. Prof. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Frederico Alan de Oliveira da Cruz. Prof. Dr. UFRRJ

Maria Beatriz Dias da Silva Maia Porto. Prof^a Dr^a. UERJ

DEDICATÓRIA

Dedico a Deus por estender sua destra poderosa em todos os dias que dediquei para a realização deste trabalho. Com arcanjos, anjos nas estradas e missões, foram muitos livramentos, milagres e curas realizadas em mim e através de mim para que fosse possível concluir esse mestrado.

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai Natalício que foi exemplo e motivação durante cada passo da minha formação em todo e qualquer parâmetro de vida.

A minha Vovó Hercília que me ensinou a ser forte até em sua passagem, sem sentir dor.

A minha mãe Marlene (Tia Marlene!) que com todo carinho e perseverança lutou pela minha educação até os dias de hoje.

Ao meu orientador Cláudio Maia Porto que muito pacientemente me deu direção, sendo compreensivo com as dificuldades e problemas que surgiram no árduo percurso que foi concluir essa etapa da minha formação. Obrigado Professor, por ser esse grande amigo. Saiba que foi por teu exemplo, tua postura, tua didática e teu carinho com a formação de cada aluno que me encantei e decidi permanecer nesse programa de Pós-Graduação. Tenho orgulho de tê-lo como meu exemplo, academicamente falando.

A minha irmã Gislane, que mesmo conhecendo todas as minhas limitações, sempre me incentivou a ir além, independentemente do tamanho do desafio.

A minha filha Íris (bicho do pai) que aceitou bravamente ficar longe de mim por longas semanas, entendendo as minhas dificuldades do jeito e da maneira dela. Contudo, quando me via estava sempre de braços abertos.

Ao mestre Francisco Soares (ceder para vencer!) que me preparou como família a encarar de frente cada oponente. Que me preparou como Samurai a parar, olhar, desfazer, planejar e reconstruir para vencer. Mestre, foi com você que eu entendi que RAME é mais que uma arte marcial e que ainda criança passou a ser minha filosofia de vida.

Ao mestre Antônio Vieira pelo cuidado, paciência e ensinamentos, me moldando até me tornar *yudansha*.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, em especial aos professores Ana Cristina e Márcio, pelas cobranças, disponibilidade e preocupação com cada aluno vinculado ao Programa.

Ao professor Silvio (imortal trilogia do Rock in Rio!), sua participação foi fundamental nesta pesquisa.

Ao professor Diretor Rosenaldo, a professora diretora adjunta Bianca, aos alunos da 2004 (inclusive a galera do trabalho que não abriu), da 2005 e 2006, no coração de vocês foi lançada uma semente que dará frutos e mudará o planeta!

Obrigado Alessandra e Aline, pelos dias e noites de dedicação, in loco ou remotamente. A dedicação e empenho de cada uma de vocês fez a diferença. Nada que eu faça recompensará integralmente o que fizeram por mim.

A professora Daniela, por toda sua preocupação e ajuda na revisão de parte deste trabalho. Somos eternos Ohana!

Aos professores André, Sérgio e professor Diretor Alan por todas as contribuições e direções fundamentais concedidas.

Ao Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, Unidade Itaguaí, pelo incentivo à pesquisa e em especial a Diretoria da Unidade, na pessoa do excelentíssimo professor Luiz Diniz. À Gerência Acadêmica na pessoa dos professores Nelson Cordeiro e Humberto Farneze e às Coordenações, professores Joanes Dias, Rafael Machado, Alexandre Sant’Anna e Julien Mauprivez. A todos os professores da Unidade, servidores administrativos, limpeza e equipe de manutenção. Cada um de vocês, de alguma forma, têm um dedo de apoio nesta pesquisa.

Obrigado Regina pelo esforço, disponibilidade, despojamento e empurrão para chegar até aqui.

Aos amigos Ronaldo Junior, George, professor Thulyo, professora Suelen, professora Marcela Máximo, professora Luciana (tia Lu), professora Kátia (minha criança!), professora Aline, professora Marlucia, Elaine Pontes, Criscila Francis, Fernanda (ex-elefanta, um dos meus orgulhos!), professora Laura Maffei, Rosana Paz e a professora Suely (ônibus colombiano é tudo de bom!!!).

Toda família Pereira (alô lote 2, vamos pular corda?), toda família de Itaperuna, toda família RAME Bahia, toda família RAME RJ, toda galera dojô Antônio Vieira, em especial Dona Léa, Yesid, Rafael e William, vocês são uns fofos!

A toda galera do CEDERJ Belford Roxo, em especial meu eterno coordenador Flávio, a professora Diretora Deiseli e a professora Mariangela.

Obrigado tia Neusa, tia Lena, tio Valmir, tio Fernando e tia Olga, vocês foram e são meus pilares de sustentação nas alegrias e nas tristezas, obrigado por tudo!

A Deus que me deu de presente cada pessoa citada, permitindo que a minha história de vida tivesse intervenção de cada um destes, me fazendo crescer como pessoa e em minha formação como mestre. Obrigado Deus por ter me dado força e coragem para trabalhar e chegar até aqui.

*“Prostrou-se em terra, exprimiu suas aflições.
Um anjo o consolava e a tristeza o abalava.
Foi na solidão sua maior dor. Suor e sangue, angústia e amor (...)
Só a lua a iluminar, a angústia de um homem-Deus!”*

(Angústia Suprema – Rosa de Saron)

RESUMO

SILVA, Gilberg Pereira da. **Inserção do tema de física nuclear no ensino médio: desconstruindo e construindo um novo olhar sobre radioatividade e energia nuclear.** 2019. 91p Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática). Instituto de Educação. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

Esta dissertação resulta da pesquisa quali-quantitativa de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – PPGEducIMAT – da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ. A pesquisa valoriza os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema Radioatividade e Energia Nuclear, desconstruindo e construindo um novo olhar sobre esses dois tópicos da Física Nuclear, com vistas a uma Aprendizagem Significativa. Transcender a visão de algo tido como puramente perigoso é o desafio de tópicos recheados de mitos e verdades. Foram estabelecidos como objetivos: mostrar a presença da Física Nuclear no dia a dia das pessoas, desmistificando conceitos negativos oriundos do senso comum e criar uma discussão sobre o senso comum, através de intervenção pedagógica, a fim de despertar o interesse pelo conhecimento científico. Para isso, foi elaborada, como produto final, uma Sequência Didática para o Ensino e a Aprendizagem dos conteúdos de Radioatividade e Energia Nuclear. A metodologia que norteou este trabalho foi a Pesquisa-Ação, trilhando caminhos até chegar à tomada de decisão do uso da Metodologia Ativa na aplicação da Sequência Didática. Aplicado em duas turmas de uma Escola Pública Federal localizada na cidade de Itaguaí/RJ e em quatro turmas de uma Escola Pública Estadual localizada na cidade do Rio de Janeiro/RJ, o produto educacional foi modelado para ocorrer em quatro momentos: no primeiro, intitulado “despertando a curiosidade”, o professor pesquisador ambienta os alunos com uma atividade lúdica, faz uma avaliação diagnóstica sobre a opinião da turma em relação ao tema Radioatividade e propõe um desafio aos educandos; no segundo momento, denominado “derrubando tabus”, os alunos se tornam protagonistas no processo de ensino-aprendizagem e apresentam suas pesquisas sobre o assunto; o terceiro momento foi denominado “criando intimidade com a Física Nuclear” e o professor pesquisador faz uma exposição oral para os estudantes com foco em aplicações da Física Nuclear no cotidiano; e o quarto momento, chamado “pisando em solo Radioativo” é composto por uma visita guiada a um espaço não-formal de ensino que suscite discussões sobre o tema. Os resultados foram surpreendentes, a meta foi alcançada de forma agradável para ambas as partes. Esse sucesso aconteceu quando a personalização do ensino, dando autonomia aos alunos e o protagonismo no processo de abordagem dos temas de Física Nuclear, refletiu em uma mudança bastante significativa no que se refere a visão positiva de tópicos nada atrativos no passado.

Palavras-Chave: Radioatividade, Aprendizagem Significativa, Metodologia Ativa.

ABSTRACT

SILVA, Gilberg Pereira da. **Inserting the nuclear physics theme in high school: deconstructing and building a new look on radioactivity and nuclear energy.** 2019. 91p Dissertation (Master in Science and Mathematics Education). Instituto de Educação. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2019.

This dissertation results from a qualitative and quantitative research of a master's degree program in Science and Mathematics Education - PPGEducIMAT - from the Federal Rural University of Rio de Janeiro - UFRRJ. The research values students' prior knowledge on the topic of Radioactivity and Nuclear Energy, deconstructing and building a new perspective on these two topics of Nuclear Physics, towards a Meaningful Learning. Transcending the view of something deemed purely dangerous is the challenge of topics filled with myths and truths. The objectives were: to show the presence of Nuclear Physics in people's daily lives, demystifying negative concepts stemming from common sense and to create a discussion about common sense, through pedagogical intervention, in order to arouse interest in scientific knowledge. Thus, a Didactic Sequence for Teaching and Learning the contents of Radioactivity and Nuclear Energy was prepared as a final product. The methodology that guided this study was Action Research, tracing paths until acknowledging the use of Active Methodology in the application of the Didactic Sequence. Applied in two classes of a Federal Public School located in the city of Itaguaí / RJ and in four classes of a State Public School located in the city of Rio de Janeiro / RJ, the educational product was designed to take place in four moments: at first, entitled "Arousing curiosity", the teacher as a researcher acclimates students with a playful activity, makes a diagnostic assessment of the class's opinion regarding the topic of Radioactivity and proposes a challenge to students; in the second moment, called "breaking taboos", students become protagonists in the teaching-learning process and present their research on the subject; the third moment was identified as "creating intimacy with Nuclear Physics" and the teacher as a researcher gives an oral presentation to students with a focus on applications of Nuclear Physics in everyday life; and the fourth moment, named "stepping on Radioactive soil", consists of a guided visit to a non-formal teaching space that raises discussions on the topic. The results were surprising, the goal was reached in a pleasant way for both parties. This success happened when the personalization of the teaching, giving autonomy to the students and the protagonism in the process of approaching the themes of Nuclear Physics, reflected in a very significant change regarding the positive view of topics that were not attractive in the past.

Keywords: Radioactivity, Meaningful learning, Active Methodology

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Mão esquerda de Anna Bertha Röntgen.....	1
Figura 2: Wilhelm Conrad Röntgen.....	2
Figura 3: Antoine Henri Becquerel.....	2
Figura 4: Pierre Curie e Marie Curie	3
Figura 5: Transposição didática.....	11
Figura 6: Fases da Metodologia.....	22
Figura 7: Divisão do quadro	25
Figura 8: Elementos vinculados à Radiação	26
Figura 9: Maquete em corte de parte da usina	27
Figura 10: Maquete em corte do reator PWR	28
Figura 11: Vista aérea das usinas de Angra 1 e Angra 2	28
Figura 12: Dinâmica da bolinha de papel	30
Figura 13: Leitura das palavras coladas no quadro.....	31
Figura 14: Nuvem de palavras geradas com a turma de último ano da EPF	31
Figura 15: Objetos expostos, turma do último ano do EPF	32
Figura 16: Radioatividade em alimentos	33
Figura 17: Datação de Fósseis	34
Figura 18: Efeito da Radiação no alho.....	34
Figura 19: Abordagem sobre o funcionamento do reator nuclear PWR	35
Figura 20: Post-its colocados pelos alunos no quadro	36
Figura 21: Colando as palavras no quadro.....	36
Figura 22: Dividindo o quadro.....	37
Figura 23: Nuvem de palavras formada com a turma de primeiro ano da Escola Federal	37
Figura 24: Objetos a serem escolhidos	38
Figura 26: Radioatividade e aplicações.	39
Figura 25: Lâmpada x Radiação	39
Figura 27: Reatores Brasil x Reatores Chernobyl.....	40
Figura 28: Abordagem sobre mitos e curiosidades	40
Figura 30: Cigarro x Radioatividade.....	41
Figura 29: Usinas nucleares no mundo.....	41
Figura 31: Celulares x Radiação	42
Figura 32: Cigarro x Radioatividade.....	42
Figura 33: Becquerel e o Urânio.....	43
Figura 34: Casal Curie	43

Figura 35: Angra 1, Angra 2 e Angra 3	44
Figura 36: Zona do Plano de Emergência – ZPE.....	44
Figura 37: Princípio da Fissão Nuclear.....	45
Figura 38: Baixo risco nos reatores	45
Figura 39: Slide usado na aula expositiva – Radioatividade	46
Figura 40: Slide usado na aula expositiva - Tipos de radiação	47
Figura 41: Slide usado na aula expositiva - Risco biológico	47
Figura 42: Slide usado na aula expositiva - Penetração das radiações na matéria.....	48
Figura 43: Slide usado na aula expositiva – Aplicações da Radiação na Indústria.....	48
Figura 44: Slide usado na aula expositiva - Aplicações da Radiação	49
Figura 45: Slide usado na aula expositiva - Aplicações da Radiação – Produção de Energia Elétrica	49
Figura 46: Uso do material de apoio descrevendo algumas das aplicações da Radioatividade	50
Figura 47: Dinâmica Final	50
Figura 48 - Nuvem de palavras gerada no segundo encontro da turma de primeiro ano da Escola Federal.....	51
Figura 49: Segundo Brainstorming com 1º ano.	51
Figura 50: Alunos 1º ano, colagem de palavras.....	52
Figura 51: Posicionamento do cesto	54
Figura 52: Lançamento de bolinhas turma 2005.....	54
Figura 53: Brainstorming 2004.....	55
Figura 54: Brainstorming turma 2005.....	55
Figura 55: Nuvem de palavras gerada no primeiro encontro com a turma 2004 da Escola Pública Estadual	56
Figura 56: Nuvem de palavras gerada no primeiro encontro com a turma 2005 da Escola Pública Estadual	56
Figura 57: Exposição objetos 2004.....	57
Figura 58: Exposição de objetos turma 2005	57
Figura 59: Slides G1 sobre geração de energia a partir da Fissão Nuclear.....	58
Figura 60: Slides G1 sobre lâmpadas fluorescentes.....	58
Figura 61: Exposição oral do G2 sobre rochas	59
Figura 62: Exposição oral do G2 irradiação de alimentos	59
Figura 63: Slides G3 geração de energia a partir da Fissão Nuclear.....	60
Figura 64: Slides G3 Aplicações médicas do Raio-X.....	60
Figura 65: Slides G4 sobre o que é radiação e as consequências do excesso de radiação em animais e humanos	60
Figura 66: Slides G4 sobre o uso da radiação para esterilização de bisturis.....	61

Figura 67: Nuvem de palavras geradas pela turma 2006	62
Figura 68: Segundo Brainstorming realizado com a turma do segundo ano	64
Figura 69: Segundo Brainstorming com a turma 2006.....	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Espelho comparativo (resultados) após o segundo Brainstorming na Escola Pública Federal (1º Ano do Ensino Médio)	52
Gráfico 2: Espelho comparativo (resultados) após o segundo <i>Brainstorming</i> com a turma de 2º Ano do Ensino Médio da Escola Estadual	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Aprendizagem Significativa	8
Quadro 2: Ementa de Física do segundo ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro.	13
Quadro 3: Ementa de Química do segundo ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro.	14
Quadro 4: Ementa de Química do segundo ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro.	15
Quadro 5: Ementa de Química do segundo ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro.	15
Quadro 6: Ementa de Química do segundo ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro.	15

Sumário

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	7
1.1 A importância da Aprendizagem Significativa no contexto social	8
1.2 Transposição didática e interdisciplinaridade: dois elementos para alcançar a Aprendizagem Significativa	10
CAPÍTULO II – ABORDAGEM DA RADIOATIVIDADE E ENERGIA NUCLEAR NOS CURRÍCULOS	13
CAPÍTULO III – METODOLOGIA DO TRABALHO	17
3.1 A Pesquisa-Ação	17
3.2 Caracterizando a pesquisa como Pesquisa-Ação.....	18
CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Descrição da Primeira Proposta	23
4.2 Entrevista com Professores de uma Escola Estadual da Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro/RJ.....	23
4.3 Descrição da Segunda Proposta	24
4.4 Aplicação da Nova Proposta	29
4.4.1 A Aplicação da Sequência em uma Escola Técnica Federal - ETF	29
a) Aplicação na turma de último ano do Ensino Médio	29
Momento 1: despertando a curiosidade.....	29
Momento 2: derrubando tabus.....	33
Momento 3: criando intimidade com a física nuclear	35
b) Aplicação na turma de primeiro ano do Ensino Médio.....	35
Momento 1: despertando a curiosidade.....	35
Momento 2: derrubando tabus.....	39
Momento 3: criando intimidade com a física nuclear	45
4.4.2 A dinâmica em uma Escola Pública Estadual – EPE	53
a) Aplicação nas Turmas 2004 e 2005	53
Momento 1: despertando a curiosidade.....	53
Momento 2: derrubando tabus.....	58
Momento 3: criando intimidade com a Física Nuclear	61
b) Aplicação na Turma 2006	61

Momento 1: despertando a curiosidade.....	61
Momento 2: derrubando tabus.....	63
Momento 3: criando intimidade com a Física Nuclear	63
4.5 Considerações, melhorias e possíveis ajustes.....	66
CONCLUSÕES.....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

INTRODUÇÃO

A história da Radioatividade teve seus primeiros passos registrados em Novembro de 1895, com o pesquisador Alemão, Engenheiro Mecânico e Doutor em Física, Wilhelm Conrad Röntgen, que, aos 50 anos de idade, mergulhava experimentalmente no estudo quantitativo de fenômenos delicados, dentre eles os seguintes estudos: “a investigação de eletricidade em cristais, efeito Kerr, propriedades elásticas da borracha, efeito de pressão na viscosidade de líquidos, e muitos outros fenômenos – especialmente estudos sobre influência das altas pressões (...)” (MARTINS, 1998, p. 374).

A descoberta de Röntgen ocorreu de forma inesperada, quando realiza estudo sobre condutividade dos gases, como apresentado por Xavier et al (2007, p.83).

A certa distância da válvula, havia uma folha de papel tratada com platinocianeto de bário usada como tela. Röntgen viu com espanto a tela brilhar, emitindo luz. Achou que esta luz não poderia ser proveniente da válvula, pois a mesma estava coberta por uma cartolina negra e nada (luz ou raio catódico) poderia ter vindo dela. Surpreso, fez várias investigações. Virou a tela, expondo o lado sem o revestimento de platinocianeto de bário, e esta continuava a brilhar. Colocou diversos objetos entre a válvula e a tela e viu que todos pareciam transparentes, mas não demorou a ter uma surpresa maior, quando sua mão escorregou em frente à válvula e viu seus ossos na tela. Registrou em chapas fotográficas suas observações e só então teve certeza de que estava diante de algo novo.

Em 22 de dezembro de 1895 entra em cena a esposa de Wilhelm Conrad Röntgen (Figura 1), Anna Bertha Röntgen, que tem sua mão esquerda exposta à Radiação por cerca de 15 minutos. A figura da mão de Anna aparece claramente revelada no filme, confirmando as observações realizadas por seu marido até então, ali foi possível ver os ossos da mão (Figura 2), o que abriu margem desse uso para diagnósticos médicos usados até os dias de hoje.



Figura 1: Mão esquerda de Anna Bertha Röntgen

Fonte: <https://bbc.in/31UivNE>

No fim do mês de dezembro desse mesmo ano, Röntgen prepara e entrega a Sociedade de Física-Médica de Wultzburg, um relatório onde registrou as pesquisas que fizera durante intensas sete semanas, descrevendo o fenômeno que tornava transparentes objetos, quando expostos aos raios, que foram batizados por ele de raios-X.



Figura 2: Wilhelm Conrad Röntgen
Fonte: <https://bitly.com/zjBFy>

Em 1896, Antoine Henri Becquerel (Figura 3) apresenta mais uma contribuição ao mundo da Radioatividade ao trazer ao público a descoberta dos raios X, que rendeu à comunidade científica mais de 1000 artigos, principalmente aqueles direcionados às aplicações médicas (MARTINS, 1998). “Foi em meio a esses trabalhos que Henri Becquerel descreveu que uma certa substância fosforescente (sulfato duplo de uranila e potássio) emitia radiações penetrantes semelhantes a raios X” (MARTINS, 2003, p. 30).

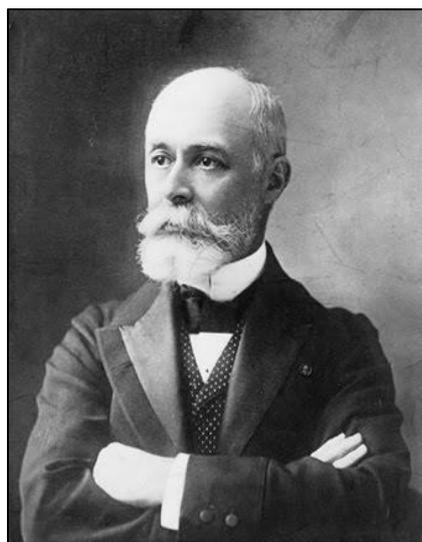


Figura 3: Antoine Henri Becquerel
Fonte: <https://bit.ly/2GtbXNI>

Em 1898, na França, sob pistas da descoberta da radiação do Urânio registradas por Becquerel, o físico francês Pierre Curie e sua esposa polonesa, naturalizada francesa, Marie Sklodowska Curie (Figura 4), avançaram nas pesquisas descobrindo outros novos elementos que também desprendiam um tipo de radiação. Os dois novos elementos químicos eram resíduos provenientes da separação do Urânio, sendo eles o Polônio, nome dado em homenagem a terra natal de Marie Curie e o Rádio, posteriormente descoberto pelo casal (SCHEFFER, 1997).



Figura 4: Pierre Curie e Marie Curie
Fonte: <https://bit.ly/3hZiNYW>

No início de 1902, o casal Curie conseguiu isolar sais de rádio do mineral uraninita, chamado também de pechblenda. Em 20 de Abril deste mesmo ano, Marie Curie anunciava que o peso atômico do rádio era 225, enquanto Rutherford e Frederick Soddy apresentavam um relatório intitulado “A causa e a natureza da Radioatividade”, sugerindo que o fenômeno se relacionava com mudanças subatômicas (ALTMAN, 2010). Em setembro de 1903, Marie Curie recebeu o título de Doutora em Ciências Físicas com menção honrosa e em meados de novembro, recebeu a notícia de que havia sido agraciada com o Prêmio Nobel junto com Pierre e Henri Becquerel. A imprensa deu ampla cobertura ao evento, afinal foi a primeira mulher a ganhar um Prêmio Nobel. Neste ano, William Ramsay e Frederick Soddy confirmaram a teoria de desintegração nuclear, proposta por Rutherford (QUINN, 1997).

Segundo Xavier et. al (2007, p.83), em 1913, os físicos Soddy, Russell e Fajans, em trabalhos independentes, elaboraram uma generalização sobre as emissões α e β , que ficou conhecida como Lei do Deslocamento: “Quando uma partícula alfa for emitida, o novo átomo será deslocado duas casas à esquerda na Tabela Periódica. E quando for emitida uma partícula beta, o novo átomo estará deslocado uma casa à direita na Tabela Periódica”. Os radioelementos que caíssem na mesma posição da tabela periódica seriam quimicamente idênticos. Soddy propôs, para os elementos deste último caso, o nome de isótopos.

Vários cientistas deram continuidade às pesquisas e assim esclareceram diversas propriedades da Radioatividade. Descobriu-se que os processos radioativos eram parte de um grupo mais amplo de processos, que ocorriam no também recém-descoberto núcleo atômico, como a criação do primeiro reator nuclear auto-sustentável em dezembro de 1942, batizado de “Chicago Pile 1” ou simplesmente “CP-1”. Estas pesquisas ocorreram no período que antecedeu

a Segunda Guerra Mundial e, mesmo durante ela, o que causou grande receio aos cientistas envolvidos na pesquisa, a saber, de que esta descoberta fosse utilizada para construção de armas pelas grandes potências mundiais (XAVIER et al., 2007).

Ao fazermos um breve estudo da história da Física Nuclear, observamos a preocupação por parte da comunidade científica na má utilização das descobertas, como a construção de armas para a guerra que ocorria naquele momento. Não podemos, no entanto, provar ou tampouco afirmar que, desde então, ocorre esta associação por parte da sociedade em visualizar o lado negativo da Física Nuclear (ANDRADE JUNIOR, 2015).

A Radioatividade é uma das manifestações dos processos nucleares que não tem o lado sombrio, apresentado à humanidade como processos que prejudicam os seres vivos e causam riscos ao planeta (XAVIER et al., 2007); tem também um lado positivo, que muito auxilia no cotidiano de nossa sociedade criando um diálogo entre os dois pontos de vista sobre o tema.

Assim, surgem as seguintes perguntas: como esse tema é abordado nas salas de aula e qual o ponto de vista que é exposto pelo professor? Qual a noção de nossos alunos sobre a Radioatividade? É algo que se confunde com Energia Nuclear? Como ocorre a transposição didática desses temas? É com a presente investigação, criando canais de comunicação em que ambas as partes, professor e aluno, possam dialogar e expressar suas opiniões, que se baseia o problema desta pesquisa: como inserir o tema Física Nuclear no Ensino Médio, com vistas a uma Aprendizagem Significativa desses conteúdos? As respostas aos questionamentos são encontradas ao longo desta dissertação e devem também servir como reflexão ao se montar um planejamento de aula, seja qual for o conteúdo ministrado.

E ainda, para que esse tópico de Física Nuclear, que se apresenta muito extenso, tenha a funcionalidade da prática do seu uso no aprender/ensinar de cada discente, foram escolhidos alguns subtópicos a serem desenvolvidos, de acordo com a proposta sugerida neste processo de aprendizagem ao longo deste texto: A descoberta da Radioatividade a favor da sociedade; Princípios da Fissão Nuclear; Vantagem e aplicações do uso da Radioatividade; Importância das Usinas Nucleares. Desta maneira, utilizando de Metodologia Ativa, foram apresentadas algumas formas de mudança no olhar dos alunos em relação a esses tópicos.

A aprendizagem é um processo constante de construção e reconstrução de caminhos, para que se possam alcançar os objetivos propostos, seja pelas instituições, seja pelo próprio docente. As dificuldades dos discentes nas áreas de ciências exatas, na maioria das vezes, se devem ao fato de não conseguirem compreender e perceber a aplicabilidade desse conhecimento no cotidiano, tornando assim o ensino como abstrato e sem significado (DEMO, 1995).

Sendo assim, a construção de aprendizagens significativas requer a vinculação entre os saberes prévios e os novos saberes. Não cabe, portanto, aprender por repetição (AUSUBEL, 1982). Um dos caminhos da construção do conhecimento se dá quando o aluno consegue compreender o conteúdo que é exposto pelo professor e faz uma contextualização com a sua realidade, já que, segundo Werneck (2006, p.175), “o homem não ‘descobre’ o conhecimento pronto na natureza, mas relaciona os dados dela recebidos constituindo os saberes.”

Durante a graduação em Engenharia Mecânica, o autor desta dissertação pôde observar que alguns conteúdos não eram aplicados de forma clara, sem conexão com algo prático, o que torna o processo de ensino aprendizagem algo improdutivo. A vivência discente, e anos depois como docente, o permitiu identificar que isso não ocorre exclusivamente nas universidades, mas outros segmentos de nossa educação. Neste contexto, iniciar a carreira no magistério, foi, para o autor, basicamente, reproduzir uma Educação Bancária, que segundo Freire (2000, p. 101) é denotada como “puro treino, é pura transferência de conteúdo, é quase adestramento, é puro exercício de adaptação ao mundo”. Porém, com o passar do tempo, e percebendo a necessidade dos alunos em compreender o real motivo de aprender os conteúdos ministrados,

teve início uma transformação na postura do autor como docente, voltando às aulas para aplicabilidades do cotidiano.

De fato, é necessário, muitas vezes a repetição de algumas atividades para fixar o conteúdo, porém este método não deve ser o único aplicado em sala de aula. Refletir sobre como se ministra o conteúdo é uma tarefa diária, introduzir ferramentas que propiciem a aprendizagem é o desafio constante do docente (SILVA, 2015).

A abordagem da Física Nuclear nesta dissertação estará baseada nos temas de Radioatividade e Energia Nuclear, presentes no currículo mínimo de Física do Estado do Rio de Janeiro. Esses são conteúdos interdisciplinares, presentes nas matérias de Física e Química, pois podem ser inseridos como temas em diferentes disciplinas como Música, Biologia, História.

Esta interdisciplinaridade permite diferentes olhares sobre o mesmo conteúdo, abrindo margem para que o aluno consiga, de uma forma mais ampla, compreender a relação e a ligação entre as ciências, já que a forma fragmentada das disciplinas faz com que os alunos imaginem que são distintas, separadas ou que não se completam, e assim o aprendizado também se torna incompleto ou sem sentido (KRASILCHIK; MARANDINO, 2007).

Essas questões e vivências, aliadas ao conhecimento científico motivaram o que passou a ser o objetivo geral deste trabalho, que é mostrar a presença da física nuclear no dia a dia das pessoas, desmistificando conceitos negativos oriundos do senso comum e criar uma discussão sobre o senso comum, através de intervenção pedagógica, a fim de despertar o interesse pelo conhecimento científico. Decorrente deste objetivo, foi desenvolvida uma Sequência Didática para o Ensino e a Aprendizagem dos conteúdos de Radioatividade e Energia Nuclear para o Ensino Médio, de forma a permitir que cada aluno desenvolvesse um novo olhar sobre esses tópicos da Física Nuclear.

Essa Sequência Didática foi modelada para estimular de alguma forma o uso de Metodologia Ativa, que “são caminhos para avançar mais no conhecimento profundo, nas competências socioemocionais e em novas práticas” (MORAN, 2013, p.1), propiciando dialogismo entre os conteúdos da Radioatividade, Energia Nuclear e o discente.

Assim como este, existem diversos trabalhos de ensino de Física, artigos, dissertações, teses, entre outros, sobre Radioatividade e Energia Nuclear que mostram a visão negativa dos alunos aos tópicos da Física Nuclear, porém, neste trabalho é proposta uma contextualização e a inclusão dos atores no processo de aprendizagem. Neste aspecto, trazer ao aluno as aplicações da Radioatividade e dos processos nucleares no seu cotidiano foi o ponto de partida para a discussão dos impactos desta para a sociedade. A forma como o professor buscará conteúdos em materiais de apoio e as motivações em imergir os alunos nas questões polêmicas se tornam pontos importantes.

Importante ressaltar que a Sequência Didática aqui proposta foi aplicada em turmas do Ensino Médio da rede pública. Como objeto desta pesquisa, temos uma proposta de abordagem significativa de conteúdos de Física Nuclear para inserção no Ensino Médio.

Em vista disso, foram objetivos específicos do nosso estudo desmistificar os conceitos de Radioatividade e Energia Nuclear, e inspirar docentes, por meio da Sequência Didática, a adotar uma abordagem mais inovadora, que aproxime os conteúdos da Física Nuclear a serem tratados à realidade do estudante. Uma abordagem que apresente os diversos ângulos do problema, permitindo que o discente olhe para o símbolo da Radioatividade com respeito, porém sem medo, que adquira consciência de que por trás desses processos perigosos e às vezes obscuros há profissionais preparados, lidando com a tecnologia a favor do bem comum. Esse proveito ao bem comum se manifesta nos campos da saúde, da energia, da tecnologia, da geologia, da indústria de alimentos ou em qualquer área que a Radioatividade se estenda.

Esses objetivos específicos foram alcançados mediante as seguintes etapas: (1) Planejamento inicial; (2) Entrevista com professores da Rede Pública Estadual do Rio de

Janeiro; (3) Adaptação ao Planejamento inicial; (4) Aplicação da Sequência Didática em Escolas Públicas; e (5) Ajustes finais.

Sendo assim, no Capítulo I são apresentadas teorias que introduzem os termos Construtivismo e Aprendizagem Significativa. No Capítulo II faz-se uma abordagem investigativa dos tópicos de Radioatividade e Energia Nuclear, no currículo mínimo para as disciplinas de Física, bem como o currículo mínimo de Química do Estado do Rio de Janeiro, se estendendo para o currículo mínimo Federal. No Capítulo III são descritas as metodologias utilizadas, que foram a Pesquisa-Ação e a Metodologia Ativa. O Capítulo IV apresenta os resultados obtidos durante e após a aplicação da Sequência Didática, apontando considerações e discussões. No Capítulo V são apresentadas as conclusões da pesquisa.

CAPÍTULO I – APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Jean Piaget foi aquele que introduziu o termo construtivismo¹ no século XX (GLASERSFELD, 1998). Para ele, a construção do conhecimento exige uma interação necessária entre o sujeito que conhece o objeto conhecido. É o sujeito ativo que, na ação, constrói suas representações de mundo interagindo com o objeto (CASTAÑON, 2005). As ideias do construtivismo passaram a ser utilizadas com grande entusiasmo, visto que a teoria comportamentalista² enfrentava uma fase de grande questionamento (PELIZZARI, 2002).

Em 1960 uma nova teoria surge com David Ausubel, a Teoria da Aprendizagem Significativa³, que ressalta a importância de uma aprendizagem que gere significados na vida dos alunos (TAVARES, 2008). Segundo Ausubel, a aprendizagem mecânica, que ocorria com a transmissão de informações pelo professor e o estímulo à repetição pelos alunos, não gerava construção de conhecimento. Para que a aprendizagem seja efetiva, ela deve ser significativa, isto é, necessita ter sentido, desenvolvendo relações, o que torna esse método de Aprendizagem Significativa uma grande contribuição para os docentes e discentes no campo do processo ensino-aprendizagem (AUSUBEL, 1982).

O conhecimento prévio que a escola trabalha em seu período letivo, aliado a experiência que o aluno traz, proveniente da contribuição familiar, possibilita uma educação satisfatória, pois são pontos de facilitação a uma adaptação do educando no espaço escolar. A parceria entre família e escola é algo que deve ocorrer de forma contínua, propiciando oportunidades de construção de um perfil capaz de viver e conviver com situações novas e prazerosas para cada aluno. Rogers (2001, p. 84) descreve que a Aprendizagem Significativa é por ele compreendida como:

Por aprendizagem significativa entendo aquela que provoca uma modificação, quer seja no comportamento do indivíduo, na orientação futura que escolhe ou nas suas atitudes e personalidade. É uma aprendizagem penetrante, que não se limita a um aumento de conhecimento, mas que penetra profundamente todas as parcelas da sua existência.

O Quadro 1 sintetiza características relativas à aprendizagem significativa e seu processo de construção, conforme Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.35).

¹Construtivismo: “é uma teoria da aprendizagem, também entendida como uma corrente pedagógica, que tem como principal foco o entendimento da obtenção da aprendizagem relacionado com a interação do indivíduo com o meio”. Disponível em: < <https://bit.ly/2SuJtpi> > Acesso em: 29 out. 2019.

²Teoria comportamentalista (behavioristas) – “As teorias comportamentalistas, ou o behaviorismo, são uma corrente que afirma que o único objeto de estudo da psicologia é o comportamento observável e susceptível de ser medido. De acordo com esta corrente, o comportamento dos indivíduos é observável, mensurável e controlável cientificamente, tal como acontece com os fatos estudados pelas ciências naturais e exatas”. Disponível em: < <https://bit.ly/3le1vsi> > Acesso em: 29 out. 2019.

³Aprendizagem Significativa – “Esta se define como uma aprendizagem construída e relacionada com os conhecimentos prévios, onde o sujeito adquire um papel ativo, reestruturando e organizando a informação”. Disponível em: < <https://bit.ly/2GBT0Zj> > Acesso em 29 out. 2019.

Quadro 1: Aprendizagem Significativa

Aprendizagem Significativa	Requer	Material Potencialmente Significativo	e	Disposição para a Aprendizagem Significativa
Potencial Significativo	depende do(a)	Significado Lógico (a relação não arbitrária e substantiva do material de aprendizagem com as ideias correspondentemente relevantes que se encontram dentro do domínio da capacidade intelectual humana)	e	A disponibilidade de tais ideias relevantes na estrutura cognitiva de um aluno particular
Significado Psicológico (significado idiossincrático fenomenológico)	é o produto da	Aprendizagem Significativa	ou do	Potencial Significativo e a Disposição para a Aprendizagem Significativa

Fonte: Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p.35).

1.1 A importância da Aprendizagem Significativa no contexto social

Aprendizagem Significativa é o ato de aprender e conseguir correlacionar (contextualizar) os conteúdos que foram aprendidos e conseguir relacionar conteúdos novos com os que foram ensinados (MOREIRA, 2003). Este termo surge com David Ausubel, que afirma que:

O aprendizado significativo acontece quando uma informação nova é adquirida mediante um esforço deliberado por parte do aprendiz em ligar a informação nova com conceitos ou proposições relevantes preexistentes em sua estrutura cognitiva. (AUSUBEL, NOVAK; HANESIAN, 1980, p. 159)

A Aprendizagem Significativa não ocorre para totalidade dos alunos em sala, às vezes nem mais de cinquenta por cento dos alunos. Nem sempre o aprendiz consegue se apropriar do que está sendo transmitido a ele, relacionando com sua realidade de vida. Aquilo que foi aprendido fica guardado, porque foi considerado algo importante ou será mais utilizado por ele em algum momento futuro (KHAN, 2013). É tido como ótimo ponto de partida para intervenção do docente, aquele cenário onde o aluno não se mostra capaz de materializar o que lhe foi passado, através de estímulos externos. Tal intervenção se faz mais necessária e não se limita a somente em transferir conteúdo, expor conceitos; requer uma ação mais afetiva, que seja capaz de envolver o aluno e despertar o seu interesse. Uma outra visão de aprendizagem mostrada por Zimring (2010, p. 38), descreve que:

Ela tem uma qualidade de envolvimento pessoal – com toda a pessoa, em seus aspectos sensoriais e cognitivos achando-se dentro do ato da aprendizagem. A aprendizagem é autoiniciada. Mesmo quando o ímpeto ou o estímulo provém do exterior, o senso de descoberta, de alcance, de apreensão e compreensão, vem de dentro. A aprendizagem é difusa. Faz diferença no comportamento, nas atitudes, talvez mesmo na personalidade do que aprende. A aprendizagem é avaliada por ele. Ele sabe se ela está atendendo às suas necessidades, quer conduza para o que ele quer saber, quer ilumine a área sombria de ignorância que está experimentando. A essência da aprendizagem é o significado.

Quando uma aprendizagem assim se realiza, o elemento do significado para o que aprende faz parte integrante da experiência como um todo.

Nesse sentido, o Ensino da Física ainda é um vasto campo a ser explorado pelos pesquisadores (SANTOS; OSTERMANN, 2005), já que grande parte dos (nossos) docentes ainda utiliza um método mecânico (FERRAZZO; MACIEL, 2017) ao lecionar o conteúdo de Física. É preciso haver uma reflexão e um questionamento sobre o motivo desse método ser tão utilizado nas diversas disciplinas curriculares.

Para que se tenha uma aprendizagem completa, deve-se observar o aluno por completo, reconhecendo a função integradora dos sujeitos envolvidos no processo de Ensino-Aprendizagem (WALLON, 1995). Assim, com a criação de um ambiente e relações psicológicas favoráveis, se torna possível o início do processo de aprendizagem pelo docente. Nesta pesquisa, a contextualização entre o mundo e os estudantes foi o principal caminho trilhado pelo mediador pedagógico a fim de suprir as lacunas desta etapa do ensino e da aprendizagem, pois

a inteligência tem no desenvolvimento a função de observar o mundo exterior para descobrir, explicar e transformar os seres e as coisas. Esse conhecimento do mundo decorre da transformação do real em mental, isto é, da capacidade do homem de representar o mundo concreto (ALMEIDA, 2012, p. 51).

O ser humano, ao nascer, não deve ser considerado uma tábula rasa, já que o indivíduo traz uma herança biológica que é o oposto desse contexto “folha de papel em branco”. O professor deve considerar que o aluno possui algum conhecimento sobre o conteúdo a ser ministrado, retirando de sua mente o conceito de “tábula em branco” (BECKER, 1994).

Chegamos então a Piaget e ao construtivismo, segundo o qual o aluno, ao lado do professor, constrói o conhecimento, através de práticas e contextualizações de suas atividades diárias. Neste contexto, cabe ao professor levar o aluno a descobrir esta capacidade, fazendo com que ele, através de algumas metodologias, descubra o seu potencial de aprendizagem, estimulando o aluno a sair um pouco da concepção tradicional de que ele só recebe o conhecimento, enquanto o professor é o ser que possui toda a sabedoria.

Para alguns alunos, os conceitos que aprendem através de vivências do dia a dia, não se conectam ao aprendizado regular ministrado em espaços formais de ensino. Para contornar esse problema, podem ser utilizados espaços não formais. Libâneo (2001) descreve que a educação não-formal se realiza por meio de atividades de caráter intencional, no contexto das organizações políticas, profissionais, científicas, culturais, agências formativas para grupos sociais, educação cívica, entre outras, como, por exemplo, passeios culturais, visitas técnicas, palestras ou mesmo demonstração de experimentos em laboratórios. Quando estas experiências são direcionadas e mediadas pelos docentes, dão aos alunos a possibilidade de compreender a importância do conhecimento e como este será aplicado na sua vida cotidiana ou mesmo profissional.

Para Freire (2005, p.21) “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção”. Neste sentido, podemos observar que nem sempre oferecer um bom processo de aprendizagem aos alunos depende somente de conhecimento específico do docente ou motivação apresentada por este, mas também, de recursos que o capacitem para que essa boa aprendizagem aconteça. Esses recursos podem ter como possibilidades tanto o acesso as mídias digitais como também espaços adequados para que possam utilizar qualquer outro tipo de recurso que auxilie na boa compreensão e vivência deste aprendizado.

Para que esses recursos sejam utilizados com a intenção de uma melhor forma de aprendizado, as instituições escolares precisam estar bem estruturadas para que possam receber e oferecer todos os meios necessários para despertar no discente as diversas formas de chegar ao objetivo, que é aprender de maneira prática e concreta.

De fato, para que seja possível uma Aprendizagem Significativa se faz necessário que haja um processo de contextualização que convença os discentes e assim estimule a motivação dos alunos (PRIETO, 2005) e que torne eficiente a abordagem por parte dos docentes. Para que isso ocorra é necessário um conjunto de ações e recursos, tanto de infraestrutura física da unidade como de formação do docente (DA SILVA AUGUSTO; DE ANDRADE CALDEIRA, 2016). Em relação à parte física podemos citar recursos como laboratórios, bibliotecas, sala de leituras, projetor e sala de informática, que possam ser utilizados pelos docentes. Porém, mais do que disponibilizar tais equipamentos aos docentes, é fundamental ofertar a eles uma formação prática sobre a utilização dos recursos tecnológicos, para que estes sejam utilizados de forma eficiente em sala de aula.

O Censo escolar de 2017, divulgado em Janeiro do ano 2018 pelo Ministério da Educação – MEC –, mostrou que as escolas públicas do Brasil ainda sofrem com pouco investimento no quesito infraestrutura. Para se ter um exemplo, das escolas que oferecem Ensino Fundamental, apenas 41,6% contam com rede de esgoto, e 52,3% apenas com fossa. Em 6,1% delas, não há sistema de esgotamento sanitário. No entanto, de acordo com a lei que rege a educação brasileira, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, nº 9.394 de 1996, é dever do Estado, de acordo com garantir padrões mínimos de qualidade de ensino, definidos como a variedade e quantidades mínimas, por alunos, de insumos indispensáveis ao desenvolvimento dos estudantes.

Mediante as informações apresentadas acima, vimos que os desafios de uma plena implementação de uma prática inovadora de ensino fica muito mais difícil, pois sem uma estrutura básica para receber e comportar os alunos – como sala de aula refrigerada, refeições balanceadas, lugar adequado para acomodação dos alunos, banheiros minimamente estruturados para uso de alunos e professores – torna-se mais difícil enfrentar as barreiras relacionadas à aprendizagem e com isso modificar os baixos índices de aproveitamento que são apresentados em todas as estatísticas que se mostram sobre o desempenho do nosso público alvo. Esse tipo de ambientação torna o trabalho docente mais desafiador e dificultoso, pois não possui uma instituição preparada a receber e favorecer a alunos e docentes no que se refere à melhoria de resultados divulgados pela instituição.

Em resumo, o desafio de todo docente é fazer que ocorra uma Aprendizagem Significativa com os seus discentes, visto que, na era da informática ou tecnologia educacional, os discentes têm acesso rápido às informações, porém essas informações nem sempre se transformam em conhecimento e principalmente em formação acadêmica.

1.2 Transposição didática e interdisciplinaridade: dois elementos para alcançar a Aprendizagem Significativa

O termo Transposição Didática⁴ foi empregado inicialmente pelo sociólogo francês Michel Verret, que presume que a vivência do ensino passa por um processo de transformação do conteúdo do saber, até chegar ao objeto de estudo (CHAGAS, 2009). Chevallard (1991, p. 39), didata francês do ensino das matemáticas, entende que:

⁴ Transposição Didática – “Instrumento através do qual transforma-se o conhecimento científico em conhecimento escolar, para que possa ser ensinado pelos professores e aprendido pelos alunos”. Disponível em <https://www.educabrasil.com.br/transposicao-didatica/> Acessado em 02/01/2020.

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática.⁵

Em outras palavras, a Transposição Didática é uma forma de transmitir o conteúdo sem perder a essência, de maneira que o aluno compreenda. Na Transposição Didática é necessária a utilização de uma linguagem que seja clara para a realidade dos alunos e, partindo deste princípio, alcançar termos mais complexos. Afinal, o aluno não teve a experiência científica que o docente viveu na graduação, fato que deve ser levado em consideração pelo docente da turma. Proporcionar experiências desse tipo pode favorecer que grande parte dos alunos consiga compreender a importância de aprender o conteúdo (VERRET,1975).

O desafio do docente no processo de Transposição Didática implica em vários desafios cotidianos, como mostra a Figura 5, conforme ilustram Gomes, Da Rocha e Terán (2014):

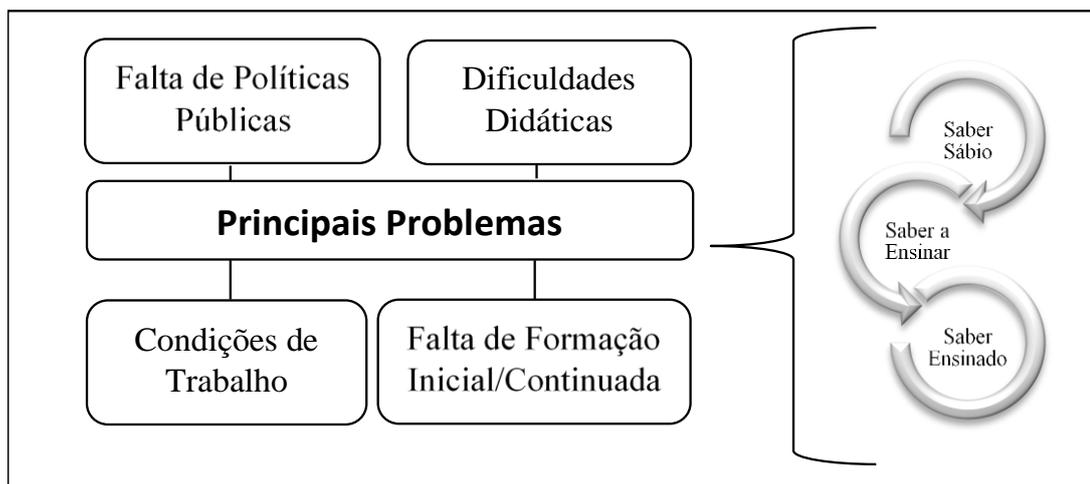


Figura 5: Transposição didática
Fonte: Gomes, Da Rocha e Terán (2014).

Uma Transposição Didática que vise à Aprendizagem Significativa deve levar em conta fatores de diferentes naturezas. Neste processo de transformação do conteúdo a ser inserido o docente deve considerar a realidade social e cultural onde está localizada a sua unidade escolar e o conhecimento prévio de seus discentes. Isso não significa tornar o conteúdo mais fácil (MORAES, 2013), como pode ser interpretado por alguns, mas sim fazer com que os discentes possam compreender de uma forma mais clara e contextualizada.

Explorar a interdisciplinaridade de conteúdos no processo de aprendizagem oferece ao aluno um olhar de maior amplitude. A apresentação de conteúdo na forma integrada visa à formação de um cidadão mais consciente em diversas áreas da esfera social e acadêmica, portanto, sempre que possível, deve-se fazer uma adequação do planejamento à necessidade das turmas. Assim, a interdisciplinaridade do conteúdo analisado aqui é um aspecto vantajoso

⁵ Traduzido pelo autor, do original em francês: “Un contenu de savoir ayant été désigné comme savoir à enseigner subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à prendre place parmi les objets d’enseignement. Le ‘travail’ qui d’un objet de savoir à enseigner fait un objet d’enseignement est appelé la transposition didactique”.

para que ocorra uma Aprendizagem Significativa. Mesmo que este conteúdo esteja presente no currículo de Física, ele pode ser trabalhado em disciplinas distintas como, por exemplo, Geografia, Biologia, Filosofia, Sociologia, Matemática e Artes, pois tem um vasto campo para ser explorado e, quanto mais isso for explorado, mais chance de fazer o aluno ser incentivado a conhecer e aprender sobre o conteúdo apresentado (DO REGO PIRES; DE ANDRADE; DE MELO DANTAS, 2017).

CAPÍTULO II – ABORDAGEM DA RADIOATIVIDADE E ENERGIA NUCLEAR NOS CURRÍCULOS

De acordo com Rodrigues e Rodrigues (2001) os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNs⁶, destacam a importância do ensino da disciplina de Física para formação social e completa do cidadão, ou seja, para que ele exerça de forma consciente sua função social e profissional. Os PCNs orientaram as políticas públicas de Educação nos Estados e Municípios que, a partir desse documento, criaram suas próprias políticas locais.

A partir desse documento, o Estado do Rio de Janeiro, através da Secretaria Estadual de Educação – SEEDUC –, montou um Currículo Mínimo⁷ para servir de orientação clara e objetiva sobre os pontos que devem ser abordados pelo docente em sala de aula, na tentativa de sanar as demandas educacionais dos alunos da Rede Estadual, em conformidade com as diretrizes nacionais. Com base nas habilidades que os alunos devem adquirir com a exposição do conteúdo, o professor trabalharia os conteúdos visando, na medida do possível, a atingir os pontos listados pelo currículo.

De acordo com o Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro o conteúdo relacionado a Física Nuclear é desenvolvido com os alunos no último bimestre do segundo ano do Ensino Médio, apresentando as habilidades e competências a serem desenvolvidas pelos discentes. O Quadro 2 apresenta o conteúdo de Física do segundo ano do Ensino Médio da referida rede de ensino e as respectivas habilidades e competências a serem desenvolvidas pelos docentes.

Quadro 2: Ementa de Física do segundo ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro.

4º Bimestre	
Campo	Energia Nuclear – Usinas Nucleares – Reações Nucleares
Habilidades e Competências	Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas.
	Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina.
	Compreender que a Energia Nuclear pode ser obtida por processos de fissão e fusão nuclear.
	Compreender as transformações nucleares que dão origem à Radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos.
	Compreender que o Sol é a fonte primária da maioria das formas de energia de que dispomos.
	Identificar que a energia solar é de origem nuclear.
	Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência, tecnologia e sociedade.
Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.	

⁶ Os Parâmetros Curriculares Nacionais — “PCN, são referências para os Ensinos Fundamental e Médio de todo o país. O objetivo dos PCN é garantir a todas as crianças e jovens brasileiros, mesmo em locais com condições socioeconômicas desfavoráveis, o direito de usufruir do conjunto de conhecimentos reconhecidos como necessários para o exercício da cidadania. Não possuem caráter de obrigatoriedade e, portanto, pressupõe-se que serão adaptados às peculiaridades locais”. Disponível em: <<https://bit.ly/3d1ZBbn>> Acessado em 29 dez. 2019.

⁷ Currículo Mínimo - Segundo a Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ) o currículo mínimo é um documento que serve como referência a todas as escolas estaduais, apresentando as competências, habilidades e conteúdos básicos que devem estar nos planos de curso e nas aulas. Disponível em <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R1028-2.pdf> Acessado em 03 jan. 2020.

4º Bimestre	
Campo	Energia Nuclear – Usinas Nucleares – Reações Nucleares
	Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

Fonte: Disponível em: < <https://bit.ly/3lgSxup> > Acesso em 04/01/2020.

Observamos que os conteúdos de Radioatividade no Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro estão dentro das Habilidades e Competências de Física. Tal conteúdo é proposto no segundo ano do Ensino Médio, ainda que os livros do Programa Nacional do Livro e do Material Didático – PNLD – sugiram que este conteúdo seja aplicado no terceiro ano do Ensino Médio.

Analisando o que se refere às Competências e Habilidades na disciplina de Química no Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro, nada é encontrado sobre Radioatividade e Energia Nuclear. Independentemente dessa ausência de conteúdo, os livros do PNLD aplicam tal assunto no segundo ano do Ensino Médio, tratando de Radioatividade e Reações Nucleares.

Apresentamos, nos Quadros 3, 4, 5 e 6 as competências e habilidades dos quatro bimestres do Segundo Ano do Ensino Médio para a disciplina de Química.

Quadro 3: Ementa de Química do segundo ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro.

1º Bimestre	
Eixo Temático Química, Tecnologia, Sociedade e Ambiente	
Habilidades e Competências	Compreender a Química como uma ciência construída pelo ser humano e sua importância para a tecnologia e sociedade.
	Reconhecer o papel do uso da Química como atividade humana na criação/solução de problemas de ordem social e ambiental, sempre que possível contextualizando as questões nacionais.
	Compreender a química como uma ciência baseada nos eixos teóricos, representacional e fenomenológico.
	Estabelecer a diferença entre transformação química e transformação física, evidenciando a reversibilidade ou irreversibilidade desses fenômenos.
	Identificar as características dos materiais nos diferentes estados físicos.
	Compreender, representar e interpretar graficamente os processos de mudança de estado físico (temperatura x tempo) da água e outras substâncias.
	Interpretar graficamente a mudança de estado físico de uma substância pura e de misturas.
	Identificar pressão e temperatura como fatores importantes durante a mudança de estado físico de uma substância.
	Identificar ponto de fusão, ponto de ebulição e densidade como propriedades dos materiais.
	Compreender os principais processos utilizados para a separação de misturas, isto é, filtração, decantação e destilação.
Eixo Temático Constituição da Matéria	
Habilidades e Competências	Conhecer as principais teorias que procuravam explicar a constituição da matéria ao longo da história.
	Compreender as leis ponderais de Lavoisier e de Proust.
	Compreender o conceito de átomo, a partir do modelo de Dalton, para explicar as Leis Ponderais.
	Estabelecer diferença entre substância simples e substância composta.

Disponível em: < <https://bit.ly/30zTENU> > Acesso em 04/01/2020.

Quadro 4: Ementa de Química do segundo ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro.

2º Bimestre	
Eixo Temático: A Linguagem da Química – Construção do Modelo Atômico	
Habilidades e Competências	Caracterizar os constituintes fundamentais do átomo (próton, elétron e nêutron) e compreender a construção do modelo atômico como um processo histórico (isto é reconhecer a existência do elétron para a concepção do modelo atômico de Thompson; compreender a Radioatividade como um fenômeno natural e sua importância na evolução e o reconhecimento da existência de núcleo atômico do modelo atômico de Rutherford).
	Obter noções simplificadas do modelo de átomo quântico moderno, incluindo a existência das sub-partículas (quarks, léptons e bósons) e dos modelos que também participaram da evolução da ciência (como a visão antiatomista, vortex de Thompson, etc.).
	Conhecer e aplicar a distribuição eletrônica usando o diagrama de Linus Pauling para átomos e íons.
Eixo Temático Visão Geral da Tabela Periódica	
Habilidades e Competências	Compreender os critérios utilizados na organização da tabela periódica.
	Diferenciar elemento químico de átomo, reconhecendo a existência de isótopos.
	Relacionar a posição dos elementos na tabela com o subnível mais energético da distribuição eletrônica, classificando os elementos em representativos e de transição.

Disponível em: < <https://bit.ly/30zTENU> > Acesso em 04/01/2020.**Quadro 5:** Ementa de Química do segundo ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro.

3º Bimestre	
Eixo Temático: Tabela e Propriedades Periódicas	
Habilidades e Competências	Caracterizar metais e não metais, suas principais aplicações, evidenciando as particularidades dos gases nobres e do hidrogênio.
	Conceituar eletronegatividade, tamanho atômico e potencial de ionização e compreender a variação dessas propriedades ao longo de um período e/ou grupo da tabela periódica.
Eixo Temático: Ligação Química	
Habilidades e Competências	Identificar que os átomos, nos agregados atômicos, interagem por meio de forças atrativas e repulsivas denominadas ligações químicas.
	Compreender que os diferentes tipos de ligação estão associados às propriedades periódicas eletronegatividade, raio atômico e potencial de ionização.
	Relacionar a teoria do octeto aos modelos de ligações iônicas e covalentes.
	Representar as principais substâncias formadas pelas ligações iônicas (isto é: alcalinos e alcalinos terrosos com calcogênios e halogênios) e covalentes (isto é: H ₂ , O ₂ , N ₂ , Cl ₂ , NH ₃ , H ₂ O, HCl, CH ₄).
	Associar a existência de diferentes tipos de ligações químicas às propriedades de materiais do cotidiano.

Disponível em: < <https://bit.ly/30zTENU> > Acesso em 04/01/2020.**Quadro 6:** Ementa de Química do segundo ano do Ensino Médio do Estado do Rio de Janeiro.

4º Bimestre	
Eixo Temático: Ligações Interatômicas	
Habilidades e Competências	Perceber que as transformações químicas das substâncias são causadas pelo favorecimento de novas interações entre as partículas constituintes dessas substâncias, nas mais diversas situações.
	Distinguir, a partir do conceito de escala de eletronegatividade de Pauling, o caráter iônico e o caráter covalente de uma ligação.
	Representar as ligações covalentes, ressaltando a característica do carbono na formação de cadeias em moléculas orgânicas.

4º Bimestre	
Eixo Temático: Interações Intermoleculares	
Habilidades e Competências	Compreender as interações intermoleculares (isto é, ligação de hidrogênio, interações dipolo-dipolo, dipolo-induzido) e relacioná-las às propriedades físicas: ponto de fusão, ponto de ebulição, solubilidade.
	Relacionar a solubilidade de compostos orgânicos e inorgânicos em água, enfatizando o papel dos tensoativos.
	Representar as ligações covalentes, ressaltando a característica do carbono na formação de cadeias em moléculas orgânicas.

Disponível em: < <https://bit.ly/30zTENU> > Acesso em 04/01/2020.

Ao analisar o Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro, pode-se verificar que a parte que aborda a Radioatividade e Energia Nuclear compete à disciplina de Física, porém esse conteúdo é encontrado nos livros de Química, com detalhamentos bastante interessantes, com maior riqueza de detalhes e ilustrações mais claras sobre esses assuntos.

Em linhas gerais, um aspecto importante do ensino desses conteúdos de Física Nuclear está ligado a uma certa desmistificação das concepções que o senso comum carrega a respeito de tais assuntos.

A Radioatividade e a Energia Nuclear têm sido utilizadas cada vez mais em diversas aplicações (INCA, 2019). Por exemplo, com a Radioterapia no tratamento do câncer, por meio de Teleterapia ou da Braquiterapia, deu-se nova esperança de vida àqueles que foram submetidos a tal tratamento; nesse aspecto, o elemento radioativo céscio-137 é muito utilizado em tratamento de tumores cancerígenos. Já na agricultura, para se evitar o desperdício e a infestação por microrganismos, utiliza-se a radiação para a conservação dos alimentos. Por outro lado, em uma provável situação de racionamento de energia, em virtude do esgotamento de suas fontes, a utilização da Energia Nuclear pode vir a ser de grande utilidade. É possível, pois, através de debates envolvendo a sociedade, os técnicos e o governo, estabelecer-se uma política de uso da Energia Nuclear e da Radioatividade em benefício de toda a população.

Todos esses aspectos devem ser apresentados à sociedade, de modo que ela forme um juízo mais elaborado a respeito dos benefícios e riscos envolvidos nesses processos nucleares. Ao nosso ver isso deve começar na educação escolar. Seria bastante desejável que os docentes estivessem atentos a essas questões e as desenvolvessem em sua abordagem.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA DO TRABALHO

3.1 A Pesquisa-Ação

De acordo com Baldissera (2001, p.6) “uma pesquisa pode ser qualificada de Pesquisa-Ação quando houver realmente uma ação por parte das pessoas implicadas no processo investigativo [...] e está centrada no agir participativo e na ideologia de ação coletiva”. Segundo Tripp (2005) as denominações Pesquisa-Diagnóstico, Pesquisa Participante, Pesquisa Empírica e Pesquisa Experimental são processos diferentes que, desde 1948, são designados com a terminologia geral Pesquisa-Ação.

Segundo Roesch (2005, p. 66), a Pesquisa-Diagnóstico “propõe-se levantar e definir problemas, explorar o ambiente. O diagnóstico normalmente reporta-se a uma situação, em um momento definido. A rigor, qualquer mudança organizacional deveria ser precedida de uma fase de diagnóstico”. A Pesquisa-Ação também assume um caráter de Pesquisa Participante. Segundo Streck e Adams (2012, p.482), “o processo investigativo se insere no campo da Pesquisa-Ação, que teve desdobramentos específicos na América Latina e no Brasil, recebendo a denominação de Investigación Acción Participativa (IAP).”

Há ainda a modalidade de Pesquisa Empírica, que tem como centro a escolha de aspectos relacionados às interações entre os sujeitos (MEKSENAS, 2007). Demo (1994, p. 37), descreve que “o significado dos dados empíricos, dependem do referencial teórico, mas estes dados agregam impacto pertinente, sobretudo no sentido de facilitarem a aproximação prática.”

Por fim, há a Pesquisa Experimental, que “toma o próprio objeto em sua concretude como fonte e o coloca em condições técnicas de observação e manipulação experimental nas bancadas e pranchetas de um laboratório, onde são criadas condições adequadas para seu tratamento” (SEVERINO, 2007, p. 123). Neste sentido, o pesquisador seleciona variáveis com a intenção de provar suas relações funcionais, considerando grupos experimentais e utilizando grupos controle. Essa metodologia se faz mais complicada no âmbito das Ciências Humanas, já que não se pode fazer manipulação das pessoas, o que torna essa modalidade plenamente adequada para Ciências Naturais (SEVERINO, 2007). Para Tripp (2005, p.445), na Educação e no Ensino,

A pesquisa-ação educacional é principalmente uma estratégia para o desenvolvimento de professores e pesquisadores de modo que eles possam utilizar suas pesquisas para aprimorar seu ensino e, em decorrência, o aprendizado de seus alunos, mas mesmo no interior da pesquisa-ação educacional surgiram variedades distintas.

Segundo Chisté (2016), John Dewey no final da década de 20, já ressaltava a importância de se pesquisar sobre a prática escolar e envolver todos os sujeitos do processo – professores, família, alunos – a fim de melhorar os resultados dos alunos. Mas faz-se necessário salientar que a Pesquisa-Ação é uma subdivisão de um termo genericamente chamado de Investigação-Ação. Qualquer processo cíclico sistemático, entre investigar a respeito da prática e o agir nesse campo, é classificado como Investigação-Ação. E, por ser um braço da Investigação-Ação, a Pesquisa-Ação, além de uma investigação científica e teórica, é essencialmente uma metodologia de resolução de problemas, exigindo uma estrutura de relação entre os pesquisadores e pessoas envolvidas nos estudos da realidade do tipo “participativo-coletivo” (BALDISSERA, 2001, p. 06). Para Tripp (2005, p. 446):

Houve também quem desenvolvesse versões sob medida para utilizações e situações particulares, porque há muitos modos diferentes de utilizar o ciclo e

executar cada uma das suas quatro atividades. Assim, tipos diversos de investigação-ação tendem a utilizar processos diferentes em cada etapa e obter resultados diferentes que provavelmente serão relatados de modos diferentes para públicos diferentes. Qual tipo de processo se utiliza e como ele é utilizado depende dos objetivos e circunstâncias. Até com “os mesmos” objetivos e circunstâncias, pessoas diferentes podem ter diferentes habilidades, intenções, cronogramas, níveis de apoio, modos de colaboração e assim por diante. Tudo isso afetará os processos e os resultados. O ponto importante é que o tipo de investigação-ação utilizado seja adequado aos objetivos, práticas, participantes, situação (e seus facilitadores e restrições).

Um dos pioneiros da Pesquisa-Ação foi o psicólogo alemão Kurt Lewin. Ele se baseia na seguinte afirmação: “os fenômenos sociais não podem ser observados do exterior nem de modo estático, porque assim eles não se tornam perceptíveis ao pesquisador que os apreende participando de sua construção” (MELO; MAIA FILHO; CHAVES, 2016, p. 153). Lewin propôs que o objetivo da Pesquisa-Ação era a resolução do problema social a partir da interação do pesquisador com o meio. Para ele, ela seria composta por quatro etapas:

- Coleta de dados (planejamento);
- Diagnóstico (descrição);
- Implementação;
- Avaliação.

Na primeira etapa explora-se o campo, registrando os dados relevantes sobre os problemas levantados que, em nosso caso, são realizados pelo mediador pedagógico e pelos alunos. A segunda etapa, chamada diagnóstico, caracteriza-se pela categorização e análise dos dados. A terceira etapa visa à atenuação da distância entre a situação desejada e a situação-problema, através da implementação do planejamento. Finalmente, na quarta etapa, os resultados das realizações são verificados. Visa-se a identificar, após as ações executadas, os resultados obtidos, das quais há lacunas ainda existentes entre a situação desejada e os resultados alcançados, e com isso se coloca em prática a dinâmica de grupo.

3.2 Caracterizando a pesquisa como Pesquisa-Ação

Como já citado na introdução, esta pesquisa se propôs a desmistificar o conceito que os discentes possuem sobre Radioatividade e Energia Nuclear, esclarecendo mitos e inverdades trazidos por eles e construindo um novo conceito, baseados em estudos científicos, que farão com que eles, os alunos, tenham um novo olhar sobre esses novos tipos de energia para o segundo ano do Ensino Médio. Para tal, foi adotada uma metodologia mestra que dá ancoragem a toda pesquisa. Essa metodologia consiste em etapas em que, através da participação do pesquisador, o planejamento e a elaboração do produto didático vão se reformulando, conforme os resultados obtidos a partir do processo. Podemos classificar, portanto, essa metodologia como uma Pesquisa-Ação. A implementação desta pesquisa se deu em cinco etapas:

1º etapa – Planejamento inicial, subdividido em:

I – Levantamento bibliográfico em livros de Ciências do Ensino Fundamental, livros de Física do 3º ano do Ensino Médio e livros de Química do 2º ano do Ensino Médio, todos recomendados pelo PNLB no triênio 2013-2014-2015, visando conhecer a abordagem dos temas Radioatividade e Energia Nuclear em Livros Didáticos. De maneira específica, foi analisado o livro publicado pela Editora Positivo com o título “Física 3º ano”, de Alysso

Ramos Artuso e Marlon Wrulewski e o livro “Ser Protagonista – Química Ensino Médio 2º ano” publicado pela editora SM, uma obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pela própria editora.

II – Busca pelos conteúdos de Física Nuclear, especificamente Radioatividade e Energia Nuclear, no Currículo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro;

III – Elaboração de uma Sequência Didática inicial, a ser apresentada a professores do Ensino Médio de uma Escola da Rede Pública do Estado do Rio de Janeiro.

2º etapa – Entrevista com professores de Física e de Química de uma escola da Rede Pública Estadual do Rio de Janeiro, onde potencialmente seria aplicada a pesquisa. A entrevista teve por objetivo alinhar a Sequência Didática à realidade da sala de aula;

3º etapa – Ajustes à proposta inicial, a partir das colocações apresentadas pelos professores entrevistados, passando-se de uma aula que seria expositiva para uma aula voltada à Metodologia Ativa⁸;

4º etapa – Aplicação da Sequência Didática, já reelaborada, em escolas públicas da Rede Federal e da Rede Estadual;

5º etapa – Ajustes Finais à Sequência Didática, incorporando resultados da aplicação anterior.

A primeira etapa da metodologia foi a elaboração de uma proposta inicial, expositiva, com *slides*, vídeos e a previsão de uma visita a um espaço não formal de ensino⁹. O norteamento para preparação desta proposta se deu através em uma pesquisa bibliográfica, em termos de uma análise qualitativa, de como os tópicos Radioatividade e Energia Nuclear são abordados em livros didáticos. Essa pesquisa teve como ponto de partida livros de Ensino Fundamental de Ciências (indicados no PNLD) do sexto ano, onde há citações sobre Energia Nuclear, livros do nono ano do Ensino Fundamental, com citações sobre Energia Nuclear e Radioatividade, livros de Química do segundo ano do Ensino Médio e livros de Física do terceiro ano do Ensino Médio, ambos indicados pelo PNLD.

Além de dar embasamento a essa primeira proposta, essa análise teve o objetivo de investigar como esse tipo de conhecimento é apresentado ao aluno, que, por sua vez, entende que esses temas são algo bem distante de sua realidade. Cabe ressaltar que esta análise não teve por objetivo desqualificar, julgar, depreciar ou inabilitar qualquer material didático envolvido na pesquisa e sim realizar uma investigação qualitativa sobre como esses tópicos são abordados.

Além do material didático que o professor de ciências tem em mãos para trabalhar com os alunos no Ensino Fundamental, o Ministério da Educação, através da Secretaria de Educação Básica, criou em 2010 um material de apoio científico-pedagógico, para o docente, a fim de

⁸ Metodologia ativa – “a modalidade propõe aos educadores que eles deem menos aulas expositivas, incentivando cada aluno a aprender de forma autônoma e participativa. Um dos principais objetivos dessa modalidade de ensino é o direcionamento dado aos estudantes a vencer desafios, debater ideias, desenvolver argumentação; a serem protagonistas no processo de construção do conhecimento; a estender a sala de aula para outros ambientes, como a própria casa”. Disponível em: <https://bit.ly/3lsmnjN>. Acessado em: 04 jan. 2020.

⁹Espaço não-formal de Educação é qualquer local usado para o processo de Ensino-Aprendizagem diferente do espaço escolar que é definido como espaço formal de Educação. (JACOBUCCI, 2008)

fornecer maior embasamento, como formação continuada, em tópicos que necessariamente devem ser abordados sequencialmente.

A segunda etapa da nossa pesquisa foi uma consulta a professores da rede pública de ensino do Estado do Rio de Janeiro. Realizada concomitantemente a análise dos livros didáticos, a entrevista realizada com um professor de Química e um professor de Física foi um ponto importantíssimo para os ajustes do novo planejamento, pois forneceu uma visão metodológica direcionada para o melhoramento do produto educacional em construção e, por extensão, do processo de ensino aprendizagem a ele relacionado. A visão por eles sugerida é norteada pela Base Nacional Comum Curricular – BNCC¹⁰ –, proposta para o Novo Ensino Médio¹¹, cuja Metodologia Ativa é um caminho para desenvolver competências.

Esses dois processos, entrevista e análise dos livros didáticos, tornaram-se pontos fundamentais na escolha de uma metodologia que atendesse às necessidades do processo envolvendo o público específico e proporcionasse uma atividade em que realmente fosse construída uma Aprendizagem Significativa. Trata-se de uma pesquisa que envolveu uma Observação Participante, na medida em que o pesquisador buscou conhecer a cultura e as realidades das instituições e dos profissionais onde o produto do mestrado foi aplicado.

A partir daí, segue como terceira etapa a montagem de uma proposta de Sequência Didática como forma de produto. Essa Sequência Didática inicialmente foi direcionada para os docentes que lecionam Física e Química em escolas da rede pública de ensino: um professor de Química e outro de Física de uma escola Estadual situada no bairro de Santa Cruz, zona oeste da cidade do Rio de Janeiro – RJ; uma professora de Química e uma de Física da rede federal de ensino situada na zona industrial da cidade de Itaguaí – RJ. Era composta por quatro aulas onde três delas seriam realizadas no espaço formal de ensino de forma expositiva, sobre Radioatividade e suas aplicações até chegar à geração de energia elétrica a partir de reatores nucleares, dando ênfase aos reatores existentes no Brasil. A última aula seria uma visita técnica a um espaço não formal de ensino, que nesta proposta, teria como ambiente as usinas nucleares de Angra dos Reis – RJ.

Com os subsídios colhidos nas entrevistas realizadas com os docentes regentes de turma do Ensino Médio, foi elaborada uma sequência didática ajustada. A Sequência Didática ajustada se estrutura a partir de uma Metodologia Ativa e possui um formato de três encontros, em um dos quais os alunos são os protagonistas do dia, enquanto os outros dois encontros são aplicados pelo pesquisador, respeitando a proposta do Novo Ensino Médio, fazendo conexão entre o conteúdo e as necessidades do dia a dia.

A quarta etapa da nossa pesquisa foi a aplicação da Sequência Didática ajustada em duas escolas da rede pública de ensino. A Sequência Didática foi composta por três momentos. No

¹⁰BNCC “é um documento normativo que define o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica. Seu principal objetivo é ser a balizadora da qualidade da educação no País por meio do estabelecimento de um patamar de aprendizagem e desenvolvimento a que todos os alunos têm direito!” Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>> Acesso em: Acessado em: 04 jan. 2020.

¹¹ Novo Ensino Médio – “A Lei nº 13.415/2017 alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional e estabeleceu uma mudança na estrutura do ensino médio, ampliando o tempo mínimo do estudante na escola de 800 horas para 1.000 horas anuais (até 2022) e definindo uma nova organização curricular, mais flexível, que contemple uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e a oferta de diferentes possibilidades de escolhas aos estudantes, os itinerários formativos, com foco nas áreas de conhecimento e na formação técnica e profissional. A mudança tem como objetivos garantir a oferta de educação de qualidade a todos os jovens brasileiros e de aproximar as escolas à realidade dos estudantes de hoje, considerando as novas demandas e complexidades do mundo do trabalho e da vida em sociedade”. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/component/content/article?id=40361>> Acesso em: Acessado em: 04 jan. 2020.

primeiro momento, ao chegar nas turmas, o pesquisador iniciou o encontro falando um pouco de sua história pessoal, oriunda da periferia do Rio de Janeiro, assim como de sua trajetória estudantil em instituições de ensino público (Ensino Fundamental, Ensino Médio Técnico, Graduação e Mestrado). Após essa breve apresentação, a turma foi convidada a participar de uma atividade lúdica de curta duração que permitiu maior interação entre aplicador e discentes. Lembrando que esse tipo de atividade só se torna interessante no caso de algum docente, que não participe da realidade da turma, se dispuser a aplicação do produto.

Estabelecida a relação interpessoal com o grupo, foi feita uma tempestade de ideias, também conhecida como *Brainstorming*¹² entregando duas folhas coloridas autoadesivas para cada aluno, para que eles respondessem por escrito o que viesse à mente ao ouvirem as palavras Radioatividade e Energia Nuclear. Enquanto os alunos anotavam a segunda palavra na outra folha autoadesiva, o docente responsável pela aplicação do produto usou um marcador de quadro para criar dois campos na lousa, sendo um lado para termos de conotação positiva e outro, negativa. Os alunos foram convidados pelo professor a irem à lousa e a colarem suas folhas adesivas no lado que julgassem que as palavras escritas nos papéis melhor se encaixariam.

Nesta etapa, o objetivo foi identificar a porcentagem de alunos que enxergam esse tema com positividade ou negatividade.

Na sequência, a turma foi dividida em pequenos grupos. Concomitantemente, foram expostos pelo pesquisador, em cima de uma mesa, objetos comuns do dia a dia, a fim de que cada grupo escolhesse dentre eles aquele que acreditassem ter relação com a Radioatividade. Uma vez feita a escolha do objeto, os alunos receberam as seguintes tarefas:

- Apresentar como ocorre a Radioatividade no objeto escolhido por eles;
- Apresentar outra aplicação da Radioatividade;
- Falar sobre como funciona uma Usina Nuclear;
- Apresentar mitos e verdades sobre Radioatividade e/ou Energia Nuclear;

No segundo encontro, os alunos assumiram o papel de protagonistas, apresentando seus trabalhos. Já no terceiro e último encontro foi feita uma aula expositiva com *slides* e vídeos, na qual foi possível sanar dúvidas e curiosidades despertadas. Após o debate, os alunos foram convidados a participar da mesma dinâmica realizada no encontro inicial, para uma nova análise quantitativa, a fim de saber se, após a realização das atividades, houve mudança de opinião. A Figura 6 ilustra o percurso metodológico desta pesquisa.

¹²Brainstorming é uma técnica utilizada para propor soluções a um problema específico. Consiste em uma reunião também chamada de tempestade de ideias, na qual os participantes devem ter liberdade de expor suas sugestões e debater sobre as contribuições dos colegas. Disponível em <neilpatel.com/br/blog/o-que-e-brainstorming>. Acesso em: 13 Nov 2019.

FASES DA METODOLOGIA

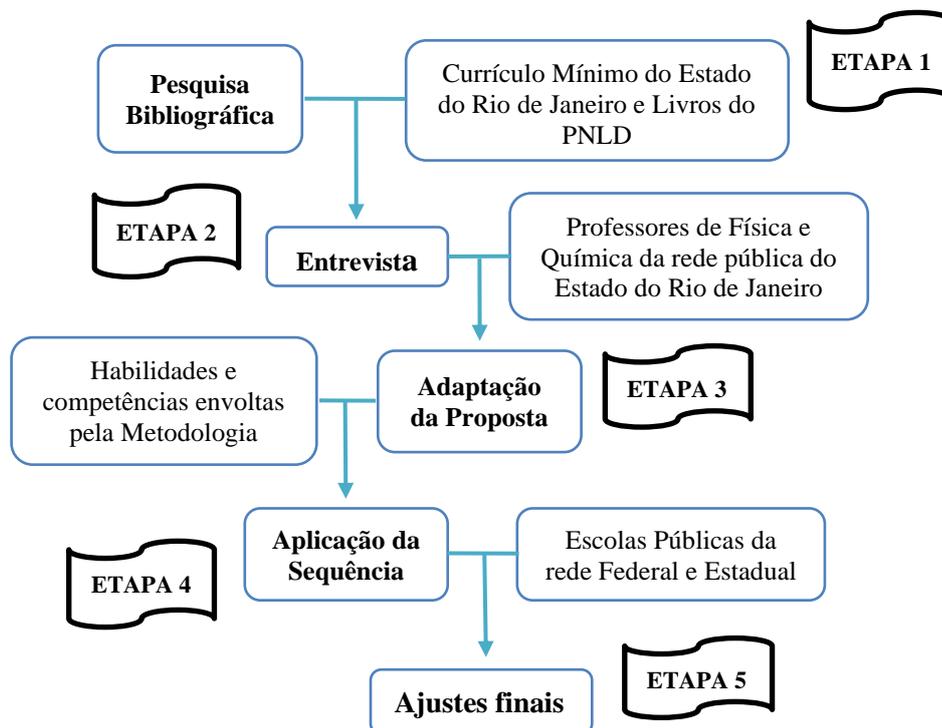


Figura 6: Fases da Metodologia
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Descrição da Primeira Proposta

A primeira proposta elaborada consistiu em uma Sequência Didática de cinco aulas sobre os temas Radioatividade e Energia Nuclear, visando desmistificar os conceitos já existentes sobre o assunto proposto e despertar o conhecimento científico mediante o senso comum já existente nos discentes.

Cada aula possuía um objetivo específico a ser abordado, de forma que a construção do conhecimento se desse gradualmente. A primeira aula visou introduzir, de forma expositiva, a história do desenvolvimento da Radioatividade, as consequências e os benefícios de seus diversos usos para a sociedade. Na segunda aula foi esclarecida aos alunos a diferença entre radiação ionizante e não-ionizante, assim como o poder de penetração das partículas alfa, beta, raios-x e raio gama, em materiais do dia a dia. Já o terceiro encontro foi uma aula expositiva sobre os benefícios e os perigos da Radioatividade, dando ênfase nas aplicações da Radioatividade na Medicina; conservação e esterilização de alimentos através da Radioatividade; datação radiométrica de fósseis, múmias e relíquias através do carbono 14; tempo de Meia-vida; contaminação e irradiação; efeitos biológicos da radiação em seres humanos fazendo analogia ao personagem da *Marvel* “O Incrível Hulk”.

Com o objetivo de apresentar a modalidade de geração de energia limpa para o aluno, o quarto encontro evidenciava o princípio de funcionamento dos reatores nucleares usados no Brasil, demonstrando inicialmente a matriz de geração energética do país até chegar na essencial contribuição que as usinas de Angra I e Angra II ofertam para a região sudeste; a importância do urânio em todo esse processo e as vantagens que o Brasil possui por estar no quinto lugar mundial em reservas de urânio.¹³

Por fim, a quinta e última aula seria a visita técnica às usinas de Angra para consolidar os temas abordados, por meio de uma Aprendizagem Significativa.

4.2 Entrevista com Professores de uma Escola Estadual da Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro/RJ

O planejamento da pesquisa previa um momento de diálogo com professores da rede estadual de ensino. A ideia inicial era aplicar um questionário investigativo entre professores que lecionam os tópicos de Física Nuclear numa Escola Técnica Estadual do Rio de Janeiro¹⁴, já que o produto (Sequência Didática) acompanha um material de suporte voltado para o docente.

¹³Os quatro primeiros colocados com maior reserva são Austrália (28,7%), Cazaquistão (11,2%), Canadá e Rússia (8,3% cada). O Brasil possui 309 mil toneladas da substância, o que representa 5,3% do total no mundo. Em relação aos países com reatores nucleares, o Brasil ocupa a 21ª posição, com duas plantas que totalizam 1.990 Mega Wats de capacidade instalada. Disponível em: <<https://www.osul.com.br/a-exploracao-de-uranio-pode-ser-retomada-no-brasil/>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

¹⁴Com planta em módulos, telhados verdes, acessibilidade total e captação de água das chuvas, dentre outras soluções aplicadas, a referida Escola Estadual localizada em Santa Cruz, Zona Oeste do Rio de Janeiro, oferece a formação Técnica em Administração de Empresas e é a primeira da América Latina a receber o certificado LEED SCHOOLS DO GREEN BUILDING COUNCIL. Disponível em: <<https://urlless.in/1u5bY>>. Acesso em: 10 nov. 2019.

Em reunião com os professores de Física e Química dessa mesma escola, chegamos à conclusão de que seria mais produtivo fazermos uma conversa, efetuando uma análise crítica do que seria a Sequência Didática, de seus pontos fracos, do que se faz relevante e o que realmente funciona em sala de aula no que se refere ao processo de Ensino Aprendizagem, do que a aplicação daquele que seria o questionário investigativo. Apresento abaixo alguns trechos dessa entrevista com um professor de Física:

Então, primeiramente, como é uma aula, eu acho que o primeiro passo seria você dar uma olhada na BNCC e ver onde se encontra a questão da Radioatividade neste documento. O novo Ensino Médio não vai ser pautado em conteúdo, [...] Você não vai fazer um plano de aula [...] você vai trabalhar com competência e habilidade. Você pensa: “Quais as competências que você quer que o aluno desenvolva? Quais as habilidades que ele tem? E quais as habilidades que você quer que ele desenvolva?” E a partir daí você irá buscar que conteúdo ele precisa para entender aquilo. Você chegou perto disso quando você diz: ah, eu quero que ele perca esse temor pela Radioatividade porque a coisa já evoluiu muito e hoje os processos são outros, então eu quero desmistificar essa onda de que “tem Radioatividade é ruim”. [...] tentar ver se ele acha que a Radioatividade é só na Usina Nuclear que tem[...]porque hoje o aluno não está mais satisfeito com essa ideia do professor lá no centro da aula, no centro do processo de ensino-aprendizagem e ele lá passivo, só ouvindo, recebendo essa coisa da transferência de conhecimento[...]aí a gente tem muitos conflitos em sala de aula, a gente tem muito desentendimento, muito aluno querendo dormir, muito aluno querendo estar no celular, muito aluno querendo brigar, o aluno não quer mais ser um sujeito passivo na sala de aula e a gente tem muitos problemas de conflitos. Então essa coisa da gente preparar uma aula, para chegar lá e ficar transferindo, transferindo, transferindo para o aluno, isso está meio ultrapassado e a BNCC já prevê isso quando ela não trata mais com conteúdo. Em 2023 todos os colégios do Brasil vão ser obrigados a ter um plano de curso, um plano de aula baseado no novo Ensino Médio. E aí não vai ser mais um plano assim: Radiação, vamos estudar o que: energia, trabalho, força... não vai ser mais assim! Você vai ter as competências que você quer trabalhar e a partir dali você desenvolver uma Sequência Didática, [...] e nessa Sequência Didática você vai precisar ter alguns conhecimentos, aí sim você vai no conteúdo!

A entrevista acima, concedida pelo professor de Física, foi um passo decisivo na trajetória do trabalho. A partir dela foi possível mudar a estrutura planejada. De todos os elementos extraídos dessa participação, destacamos, sobretudo, a ideia de que uma aula expositiva, ainda que com exemplos contextualizados, seria insuficiente para capturar o interesse dos estudantes. As considerações foram valiosas e importantíssimas.

4.3 Descrição da Segunda Proposta

Conforme dissemos, a entrevista com o Professor de Física da escola pública da Zona Oeste foi decisiva para que concluíssemos que seria necessário reformular a proposta didática inicial, tornando-a mais participativa. A partir daí, evoluímos para a construção de uma segunda proposta didática.

Essa segunda proposta foi uma nova Sequência Didática de quatro encontros/aulas sobre Radioatividade e Energia Nuclear com o mesmo objetivo geral da primeira proposta. Porém,

como dissemos, após a entrevista com os professores, tudo se redirecionou para uma abordagem voltada para a Metodologia Ativa.

O primeiro encontro para aplicação dessa nova Sequência Didática previa uma atividade lúdica (dinâmica), cujo objetivo foi criar uma relação interpessoal com a turma. Entendemos que seria necessário esse momento, visto que o planejamento didático não estaria sendo de caráter intervencionista pelo professor regular. Assim, já entrosados e com um clima “mais à vontade”, seriam entregues duas folhas coloridas autoadesivas para cada aluno, nas quais eles responderiam por escrito em uma única palavra a seguinte pergunta: “Qual a primeira palavra que vem a sua mente quando você ouve Radioatividade?” Após anotação das palavras nas folhas, seria feito um segundo questionamento: “Qual a palavra que vem a sua cabeça quando você ouve Energia Nuclear?” Uma segunda anotação seria feita por cada aluno em folha diferente.

Enquanto os alunos anotavam a segunda palavra no papel autoadesivo, o docente responsável pela aplicação do produto usou um marcador de quadro para criar dois campos na lousa, sendo um lado positivo e outro negativo (Figura 7). Os alunos foram convidados pelo professor para ir a lousa e colar suas folhas adesivas no lado que julgassem que suas palavras escritas no papel melhor se encaixavam (positivo ou negativo). Nesta etapa, o objetivo foi identificar de forma quantitativa a visão, positiva ou negativa, dos alunos em relação aos temas Radioatividade e Energia Nuclear.



Figura 7: Divisão do quadro
Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

No momento seguinte, foram expostos aos alunos objetos comuns do dia a dia (Figura 8), tais como: uma cebola, uma cenoura, uma cabeça de alho, um rolo de atadura, um bisturi descartável, um par de luvas descartáveis, duas pedras ornamentais, um saco de milho de pipoca, um saco de feijão, duas lâmpadas fluorescentes eletrônicas e dois telefones celulares. A diversidade de objetos presente no dia a dia dos alunos foi intencional e visou mostrar aos estudantes que a Radioatividade já é um elemento presente no cotidiano, sem que, muitas vezes, eles a percebam.



Figura 8: Elementos vinculados à Radiação
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Em seguida, foi solicitado aos alunos que formassem equipes, e informado que cada equipe precisaria escolher um objeto que estava em cima da mesa. O professor solicitou então que um representante de cada grupo se dirigisse até a mesa para pegar um dos objetos que, na visão deles, possuísse relação com as palavras das perguntas anteriores (Radioatividade e Energia Nuclear).

Como esperado, surgiram, naturalmente, questionamentos em razão da curiosidade e, nessa hora, o docente explicou que todos esses objetos expostos na mesa possuíam uma relação direta ou indireta com a Radioatividade.

Com os grupos formados, foi explicada a tarefa seguinte, na qual os estudantes deveriam pesquisar sobre três tópicos da Física Nuclear, a partir dos questionamentos propostos:

- 1 – Qual a relação que o objeto escolhido pelo grupo tem com a Radioatividade?
- 2 – Responder à mesma questão referente a um segundo objeto ou tema relacionado à Radioatividade, escolhido por eles.
- 3 – Como funcionam as usinas nucleares?

Além das pesquisas sobre esses três subtópicos, os alunos foram orientados a levar para o encontro subsequente cinco “mitos” e “verdades” a respeito de cada subtópico proposto. Esse trabalho poderia ser apresentado em forma de vídeo, slide, cartazes, exposição ou qualquer outra forma. O tipo de apresentação ficou a critério do grupo, observando-se que no próximo encontro cada grupo teve de 10 a 15 minutos para apresentar/expor para a turma o resultado de sua pesquisa.

No segundo encontro de aplicação da Sequência Didática, ocorreu o retorno da tarefa solicitada aos alunos. Foi integralmente livre o formato de apresentação das pesquisas em forma de filmes, músicas, desenhos, séries, dicas, piadas, slides em “PowerPoint”, vídeos produzidos, letras de música, encenações, ou simplesmente falar sobre o objeto de pesquisa.

O terceiro encontro da Sequência Didática planejada teve como proposta uma aula de aprofundamento sobre o tema, sanando possíveis dúvidas que tivessem surgido entre os alunos durante a pesquisa que fizeram para a tarefa apresentada no encontro anterior. Foi uma aula expositiva com slides e pequenos vídeos. A estimativa de duração desta etapa foi de cinquenta minutos, sendo os últimos vinte destinados a dúvidas e debates. O pesquisador realizou o debate

com os alunos entregando novamente duas folhas autoadesivas e lançou o seguinte questionamento: “E agora, depois de toda essa carga de informação pesquisada e apresentada, o que vem a mente de vocês ao ouvir a palavra Radioatividade?” Após anotação das palavras nas folhas, foi feito um segundo questionamento: “O que vem à mente de vocês ao ouvir falar sobre Energia Nuclear?”

Enquanto os alunos efetuavam as anotações, o pesquisador novamente se direcionou à lousa para dividi-la em duas partes com as palavras “Positivo” e “Negativo”. Com as anotações dos alunos prontas e o quadro dividido, ele convidou os protagonistas para colarem as folhas autoadesivas de acordo com o novo julgamento sobre o que era ou não positivo, segundo o entendimento deles. Nesse momento se iniciou o debate e a exposição de opiniões.

O quarto e último encontro foi constituído por uma visita guiada a um espaço de ensino não formal. Em virtude do tema, pensamos na utilização das instalações das usinas nucleares existentes no município de Angra dos Reis, no sul do Estado do Rio de Janeiro.

Construída a partir de uma parceria entre Brasil e Alemanha, as Usinas de Angra 1 e Angra 2 possuem um espaço externo institucional direcionado à visitação, chamado Observatório Nuclear. Nele há uma exposição permanente, com maquetes (Figuras 9 e 10), filmes e folhetos educativos, todos direcionados à explicação de como é gerada energia elétrica a partir de reatores nucleares de água pressurizada – PWR (Pressurized Water Reactor).



Figura 9: Maquete em corte de parte da usina
Fonte: Acervo do autor, 2019.



Figura 10: Maquete em corte do reator PWR
Fonte: Acervo do autor, 2019.

Visitas guiadas à Central Nuclear¹⁵ propriamente dita também são permitidas, desde que os visitantes sigam protocolos e exigências, como, por exemplo, traslado interno da usina no ônibus fretado pelo grupo e que todos os visitantes sejam maiores de idade. Nesta modalidade guiada, os visitantes caminham pelo ambiente fabril das usinas de Angra 1 e Angra 2 (Figura 11).

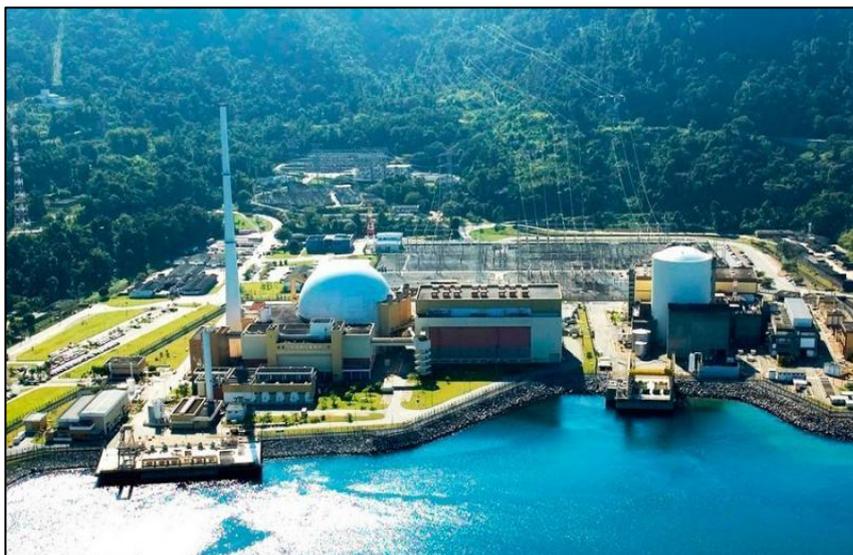


Figura 11: Vista aérea das usinas de Angra 1 e Angra 2
Fonte: <https://bit.ly/33GY3PP>

¹⁵ Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto – CNAEA, composta pelas usinas nucleares de: Angra 1 – em operação comercial desde 1985 e potência de 640 megawatts. Angra 2 – operando comercialmente desde 2001 com potência de 1350 megawatts. Angra 3 – em obras, com 67,1 % executadas e com potência estimada de 1405 megawatts. Disponível em: <https://bit.ly/31xTasd>

4.4 Aplicação da Nova Proposta

A nova proposta, tal como descrita, foi aplicada em duas instituições de ensino do Estado do Rio de Janeiro: a primeira instituição foi uma Escola Técnica Federal, localizada na região industrial da cidade de Itaguaí – RJ, um município da região metropolitana, no estado do Rio de Janeiro. Localizada a 73 quilômetros de distância da Capital do Estado. É classificado como o 25º município mais populoso do Estado. Seu IDH é de 0,715, considerado alto pelo Programa das Nações Unidas para o desenvolvimento. A instituição federal oferece curso técnico em Mecânica Integrado ao Ensino Médio¹⁶. A outra instituição de ensino foi uma Escola Pública da Rede Estadual, situada na Zona Norte da Cidade do Rio de Janeiro, no bairro de Coelho Neto. Na Escola Técnica Federal, a Sequência Didática foi aplicada em duas turmas distintas: uma do primeiro ano e outra do terceiro ano, ambas do Ensino Médio Técnico.

Faremos, então, um relato detalhado de cada uma dessas experiências.

4.4.1 A Aplicação da Sequência em uma Escola Técnica Federal - ETF

Conforme foi dito, o primeiro encontro planejado previa, como primeiro momento, a realização de uma dinâmica, com o objetivo de estabelecer uma relação interpessoal com a turma, e, só depois, a aplicação efetiva das atividades relacionadas ao conteúdo objetivado, no caso, Radioatividade.

a) Aplicação na turma de último ano do Ensino Médio

O primeiro contato com a aplicação da sequência em sua versão final foi realizado na escola técnica federal mencionada, com uma turma do último ano do Ensino Médio. A seguir, descreveremos os três momentos envolvidos na aplicação.

Momento 1: despertando a curiosidade

A primeira etapa desse encontro foi de bastante interação e conversa. As carteiras estavam desarrumadas e permaneceram assim para caracterizar o ambiente mais natural possível aos alunos. Essa etapa teve início com uma atividade lúdica: o docente conduziu uma dinâmica de grupo (Figura 12), durante a qual foi solicitado que todos os alunos separassem uma folha de caderno, colocassem seu próprio nome, amassassem a folha formando uma bola e, com uma lixeira já posicionada na parte da frente da sala, arremessassem as bolinhas, todos juntos, com o objetivo de acertar a lixeira. Como era esperado, a maioria dos alunos do fundo da sala ressaltaram que os posicionados nas primeiras fileiras teriam mais chances de acertar. Os que estavam atrás tiveram o mesmo número de oportunidades (duas), porém as condições não lhes eram favoráveis.

¹⁶A instituição de ensino em questão é um Centro Federal de Educação que oferece os cursos Técnico Integrado ao Médio, Técnico Pós-Médio em Portos, cursos de graduação em Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção.



Figura 12: Dinâmica da bolinha de papel
Fonte: Acervo do autor, 2019.

O objetivo da dinâmica foi dar início à conversa e provocar reflexões sobre oportunidades. Foram apontados alguns aspectos da vida real, voltados ao mercado de trabalho no qual os estudantes estarão inseridos. Nesse momento, a atenção de todos foi total, uma vez que a maioria, ou quase todos, jamais pensaram em cargos de gestão, coordenação, direção, supervisão, gerência e/ou liderança no mercado de trabalho.

A segunda etapa desse primeiro encontro teve como objetivo fazer um *Brainstorming* entre os alunos. Foi solicitado a cada aluno que pegasse uma caneta e foram entregues a cada um deles duas folhas autoadesivas coloridas. Numa das folhas eles deveriam escrever o que viesse a mente ao ouvirem a palavra Radioatividade. Dado o tempo de preenchimento da primeira folha autoadesiva, os alunos voltaram a atenção para o docente mediador que pediu para que, escrevessem, na segunda folha o que viesse a mente ao ouvirem as palavras Energia Nuclear.

Enquanto os alunos, em silêncio, preenchiam suas folhas autoadesivas, foram escritas no quadro branco as palavras positivo e negativo. Em seguida, os alunos foram convidados a ir ao quadro e colar seus papéis no lado que achassem que suas palavras melhor se encaixariam (positivo ou negativo). Nesse momento, ficou claro que mais da metade das palavras relacionadas aos temas sugeridos foram compreendidas por eles como sendo negativas (Figura 13).

Uma aluna se prontificou a ler as palavras no quadro, de forma a compartilhar o que havia sido escrito pelos colegas. Respeitando a opinião dos alunos, foi feita uma breve abordagem sobre o que seria senso comum¹⁷ e o que seria conhecimento científico, instigando a curiosidade para a próxima etapa do encontro. Na terceira etapa, uma mesa (Figura 15) foi colocada na frente da sala com alguns objetos expostos sobre ela.



Figura 15: Objetos expostos, turma do último ano do EPF
Fonte: Acervo do autor, 2019.

A turma foi convidada a se organizar em grupos de quatro alunos presentes, com a liberdade de acrescentarem mais dois alunos ausentes. Nesse dia, muitos alunos faltaram à aula. Uma vez divididos, um representante de cada grupo se direcionou à mesa e pegou um dentre os vários objetos. Vale ressaltar que na mesa havia: 1 par de luvas cirúrgicas, 1 atadura, 1 bisturi descartável, 1 pacote de milho de pipoca, 1 interruptor, 1 “telefone móvel”, 1 cebola, 1 cabeça de alho, 2 lâmpadas eletrônicas fluorescentes e 1 pedra ametista.

A escolha do grupo tinha a seguinte motivação: pegar o que, na opinião deles, tinha, de alguma forma, relação com a radiação. Animados e entre risadas, os alunos pareciam competir entre si para pegar o objeto que, na visão deles, teria maior relação com a Radioatividade. Não era nítida a relação dos objetos com a radiação, pois o senso comum mostrava ter maior presença no meio deles do que o conhecimento científico.

Na quarta e última etapa, foi proposta uma atividade na qual, como já mencionado, eles deveriam pesquisar sobre três tópicos da Física Nuclear. A primeira, das questões propostas foi: que relação o objeto escolhido pelo grupo tem com a Radioatividade? Além do objeto escolhido, os grupos tiveram a liberdade de pesquisar sobre outra área de aplicação da Radioatividade e sobre como funcionam as Usinas Nucleares. A partir desses três tópicos da Física Nuclear, os grupos receberam a tarefa de, no segundo encontro, marcado para o dia 11/10/19, sexta feira, no horário da aula de Física, trazer supostos mitos e verdades sobre esses temas. É importante destacar que:

¹⁷ “Conhecimento vulgar e prático com que no cotidiano orientamos as nossas ações e damos sentido à nossa vida”. (SANTOS, 1988, p.70)

- Não havia a presença de qualquer outro docente na turma, pois a coordenação da instituição deu autorização para que, na aplicação da Sequência Didática, fossem usados tempos vagos;

- A dinâmica teve aproximadamente 30 minutos de execução;
- Treze das folhas adesivas escritas pelos alunos foram classificadas como positivas;
- Houve uma folha adesiva que foi classificada como positiva e negativa;
- Vinte folhas adesivas foram classificadas como negativas;
- 20 alunos estavam presentes de um total de 32 alunos regularmente matriculados.

A experimentação dessa primeira aula da Sequência Didática teve aplicação de uma Metodologia Ativa que, em seu aspecto geral, se deu de forma positiva, favorável, tendo um nível de retorno (*feedback*) que podemos considerar muito bom.

Momento 2: derrubando tabus

Apesar da aparente resposta positiva no primeiro encontro, a turma não se mostrou motivada para a entrega de trabalhos no segundo encontro, talvez porque não tivessem se sentido estimulados pela obtenção de pontos em disciplina alguma. Sendo assim, somente um grupo cumpriu com o combinado, no caso, retornar com as pesquisas feitas.

Esse grupo havia escolhido como objeto de pesquisa o alho. Portanto, iniciou sua explanação falando sobre a “Radioatividade em alimentos”. Foi feita uma abordagem bastante peculiar, mostrando a aplicação da radiação em especiarias e condimentos. As Figuras 16 (Radioatividade em alimentos), 17 (datação de fósseis) e 18 (Efeito da Radiação no alho) são slides produzidos pelos estudantes do referido grupo para expor a apresentação.



Figura 16: Radioatividade em alimentos

Fonte: Acervo do autor, 2019.



Figura 17: Datação de Fósseis
Fonte: Acervo do autor, 2019.



Figura 18: Efeito da Radiação no alho
Fonte: Acervo do autor, 2019.

Durante a apresentação surgiram perguntas como: “E será que essa radiação aplicada faz mal à saúde? Causa câncer ou outros problemas?” Em suma, o grupo verificou que esse tipo de técnica de prolongamento da vida útil dos alimentos melhorou a qualidade sanitária e aumentou a validade comercial, através de dosagens controladas ionizantes. Além disso, nas buscas e pesquisas, os alunos encontraram o tempo de vida útil do morango, que é de três dias, quando cultivado de um modo orgânico, e de quarenta e cinco dias, quando irradiado. Outro grupo abordou, ainda, informações sobre o funcionamento simples do reator nuclear PWR e organizou, por meio de slides, a apresentação conforme ilustra a Figura 19.

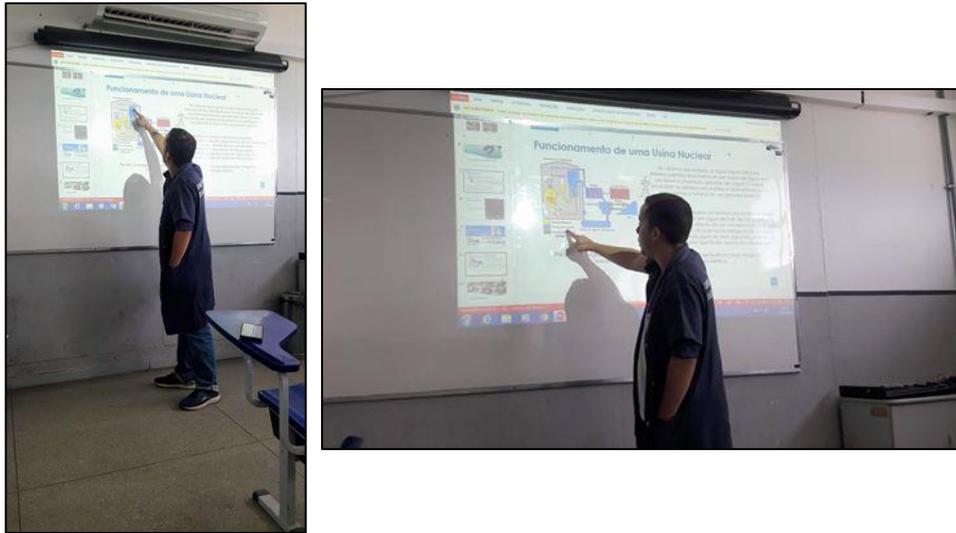


Figura 19: Abordagem sobre o funcionamento do reator nuclear PWR
Fonte: Acervo do autor, 2019.

Momento 3: criando intimidade com a física nuclear

Infelizmente esta etapa não ocorreu, devido a vários contratemplos relacionados à dinâmica escolar, que implicaram em adiamentos e remarcações de agenda e que, ao final, dadas as dificuldades de prazo, terminaram inviabilizando a aplicação do restante da sequência nessa turma.

b) Aplicação na turma de primeiro ano do Ensino Médio

O segundo contato com a dinâmica em sua versão final foi realizado na mesma instituição federal localizada na região industrial da cidade de Itaguaí – RJ, porém, desta vez, com uma turma do primeiro ano do Ensino Médio.

Momento 1: despertando a curiosidade

A primeira etapa com a turma de primeiro ano foi bastante interessante. Ao iniciar a dinâmica com a atividade lúdica planejada – na qual cada aluno pegava uma folha de papel, escrevia o nome, amassava a folha e a jogava na lixeira – os alunos fizeram questionamentos antes de jogar a folha fora: “Vamos jogar todos ao mesmo tempo?” “Posso ficar em pé na minha cadeira?”

Ainda no desenrolar da dinâmica, os alunos tiveram a primeira tentativa, na qual ninguém acertou a lixeira. Prontamente e sem sugestões, estratégias foram feitas pelos alunos, permitindo assim o aumento de possibilidades de acerto de bolinhas na lixeira. Nesse instante, foi notória a cumplicidade coletiva daquele grupo e, com isso, alguns alunos alcançaram o objetivo.

Cumprida a primeira etapa, cujo objetivo era, como já enfatizamos, estabelecer uma relação interpessoal com a turma, a segunda etapa consistiu, novamente, na entrega de duas folhas coloridas e autoadesivas para que cada um escrevesse nessas folhas o que vinha a mente

ao ouvir a palavra Radioatividade. Dado o tempo de escrita na primeira folha, novamente, foi solicitado que escrevessem na outra folha o que veio à mente ao ouvirem as palavras “Energia Nuclear”.

Enquanto escreviam na folha, como planejado, o pesquisador foi ao quadro branco, o dividiu ao meio com uma linha vertical e escreveu em cada lado as palavras positivo e negativo. Quando todos finalizaram seus registros nas folhas autoadesivas, os alunos foram convidados a ir ao quadro colar essas folhas. Esse momento ocorreu com bastante animação e agitação. Os próprios alunos liam e analisavam as palavras. Alguns viam suas palavras tanto como positivas, como negativas. Nesse processo, não houve qualquer intervenção do docente, que deu total liberdade de escolha e classificação das palavras. As Figuras 20 e 21 ilustram esse processo de divisão do quadro e colagem das palavras. Na Figura 22 é possível observar a opinião dos alunos por meio da quantidade de folhas autoadesivas coladas no quadro, em cada um dos lados.

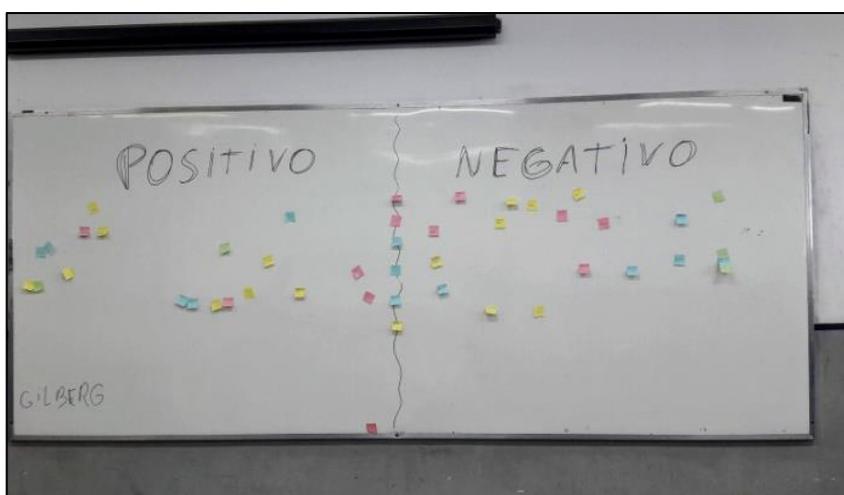


Figura 20: Post-its colocados pelos alunos no quadro
Fonte: Acervo do Autor, 2019.



Figura 21: Colando as palavras no quadro
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Momento 2: derrubando tabus

No segundo encontro com a turma eles assumiram o papel de protagonistas. Enquanto se esperava pelos alunos atrasados, foram organizadas as mídias dos trabalhos a serem apresentados no computador da instituição.

O primeiro grupo dessa turma – G1, escolheu como objeto a lâmpada fluorescente (Figura 25). Eles começaram esclarecendo as perguntas através de slides: “O que é radiação? E para que serve?” Na explanação, comentaram brevemente que a radiação é um processo físico de emissão e de propagação de energia por meio de partícula ou de ondas eletromagnéticas. Abordaram parâmetros gerais da radiação ionizante e não ionizante, chamando a atenção quanto à origem nuclear ou não para as radiações. “O que a lâmpada tem a ver com a radiação?” (Figura 25), foi uma das questões apresentadas pelo grupo, que fez uma síntese, desfazendo a mística de que a Radiação Ultra Violeta – UV, emitidas pelas lâmpadas fluorescentes dentro de casa não oferecem riscos significativos a saúde.

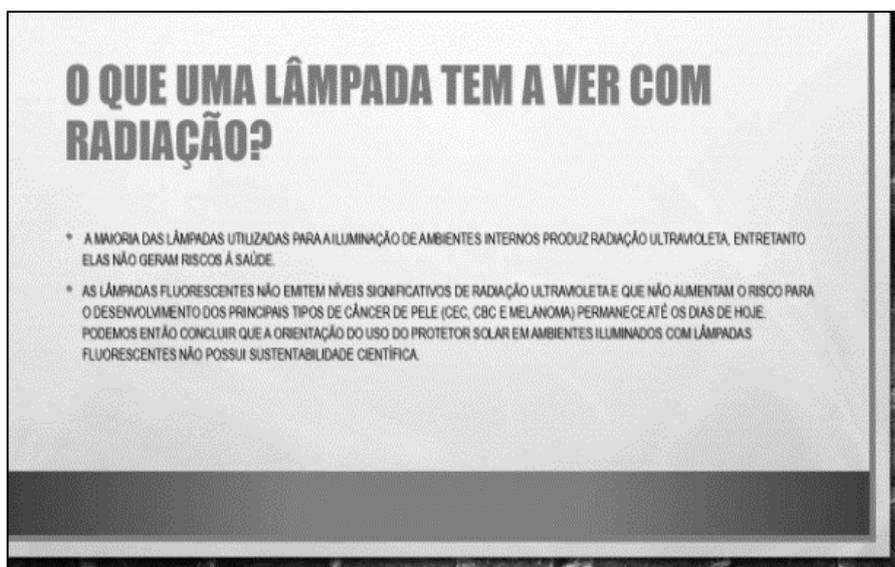


Figura 26: Lâmpada x Radiação
Fonte: Acervo do autor, 2019.

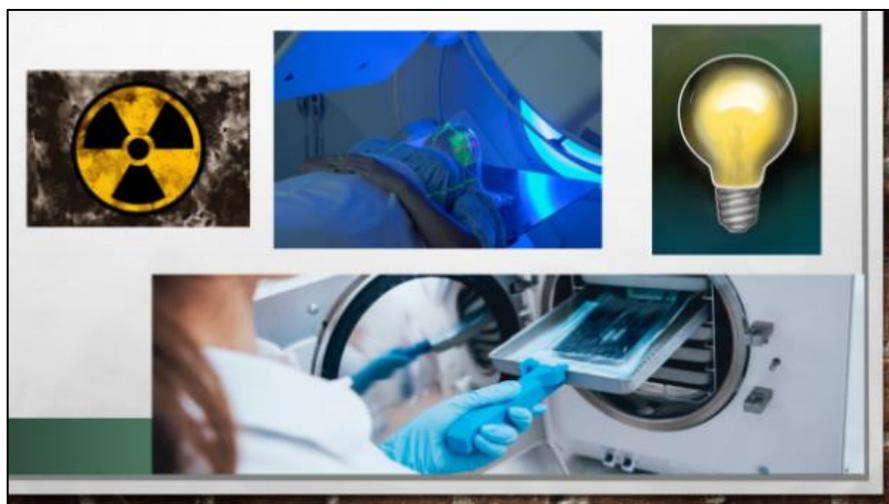


Figura 25: Radioatividade e aplicações.
Fonte: Acervo do autor, 2019.

A partir da colocação: “Agora chegou a hora de entender como funcionam as usinas nucleares”, os alunos fizeram uma comparação das usinas nucleares do Brasil, exaltando ser um tipo de energia limpa, diferente das termoelétricas que necessitam queimar algum tipo de combustível como Diesel, Carvão e / ou Gás natural, para geração de energia. Também foi solicitado aos alunos que demonstrassem mitos e verdades que, nesse caso, foram chamados de curiosidades (Figuras 27, 28, 29 e 30).



Figura 27: Reatores Brasil x Reatores Chernobyl
Fonte: Acervo do autor, 2019.



Figura 28: Abordagem sobre mitos e curiosidades
Fonte: Acervo do autor, 2019.

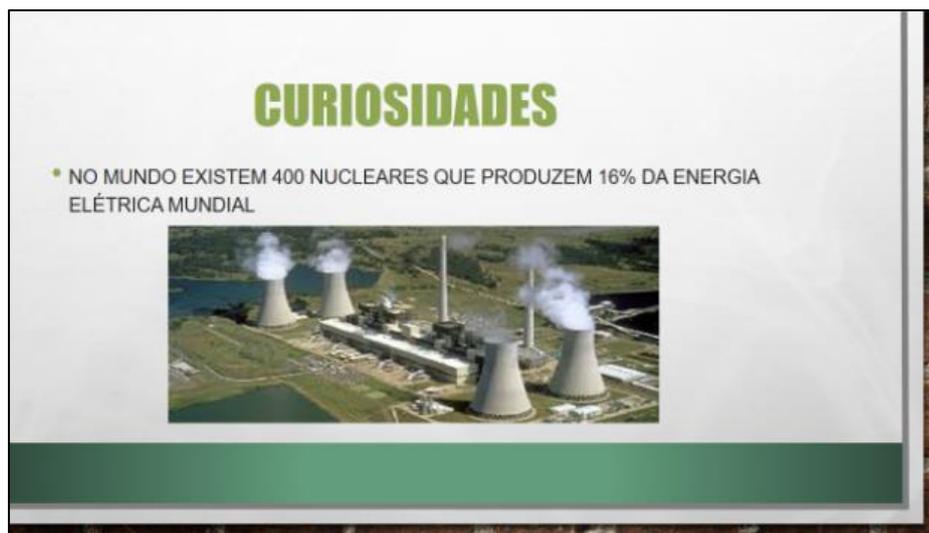


Figura 30: Usinas nucleares no mundo
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

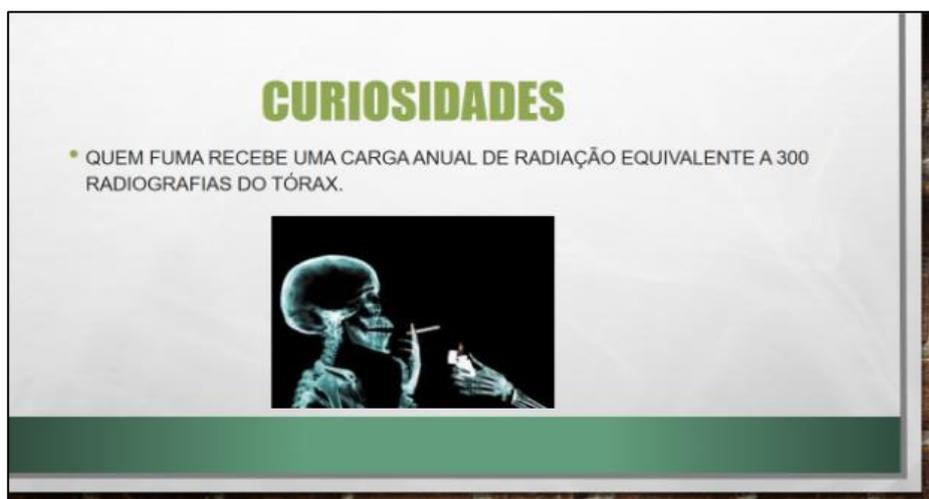


Figura 29: Cigarro x Radioatividade
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Durante as apresentações, entre um slide e outro, foi comentado pelos alunos o fato de terem usado seus celulares para preparar os trabalhos. A ferramenta de “bloco de notas” foi usada em quase todas as apresentações, o que parece ser um hábito peculiar bastante comum entre indivíduos da geração Z¹⁸.

¹⁸ “A Geração Z surgiu nos anos 1990 e uma das características marcantes é a extrema rapidez com que conseguem as informações e a fácil irritabilidade quando estas não lhes chegam rapidamente. Estudiosos acreditam que, por serem individualistas, terão grande dificuldade em realizar trabalhos em equipe e em compreender a si mesmos”. (NETO, et al, 2015, p.295)

O segundo grupo – G2, ao se apresentar, foi bastante sucinto e pouco generoso em seu trabalho e aplicações. Um dos objetos de pesquisa foram os “smartphones”, a dependência pelos aparelhos e uma possível influência da radiação emitida por eles, nos seres humanos (Figura 31). Este mesmo grupo também fez menção à relação entre Radioatividade e cigarro (Figura 32).

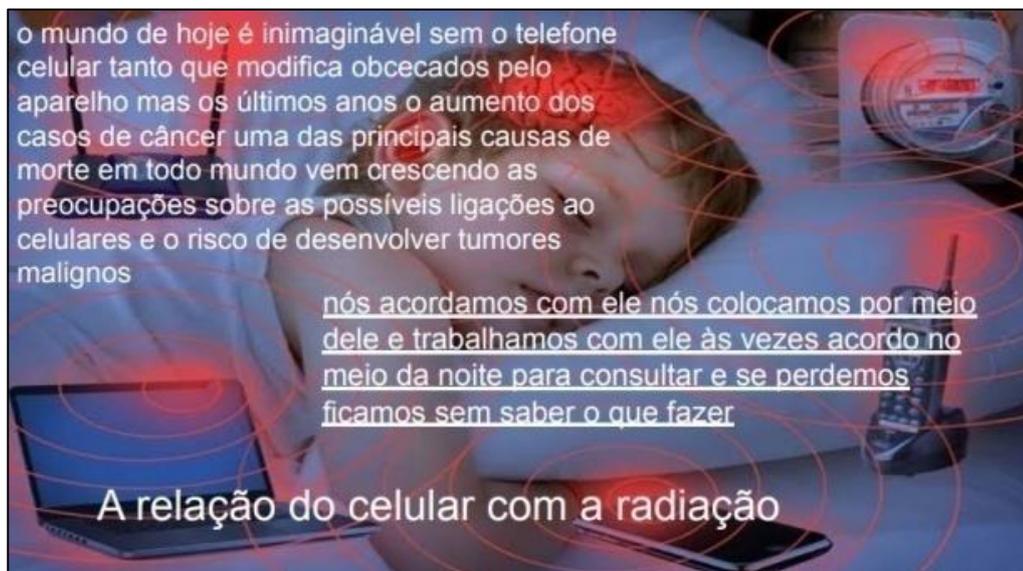


Figura 31: Celulares x Radiação

Fonte: Acervo do Autor, 2019.

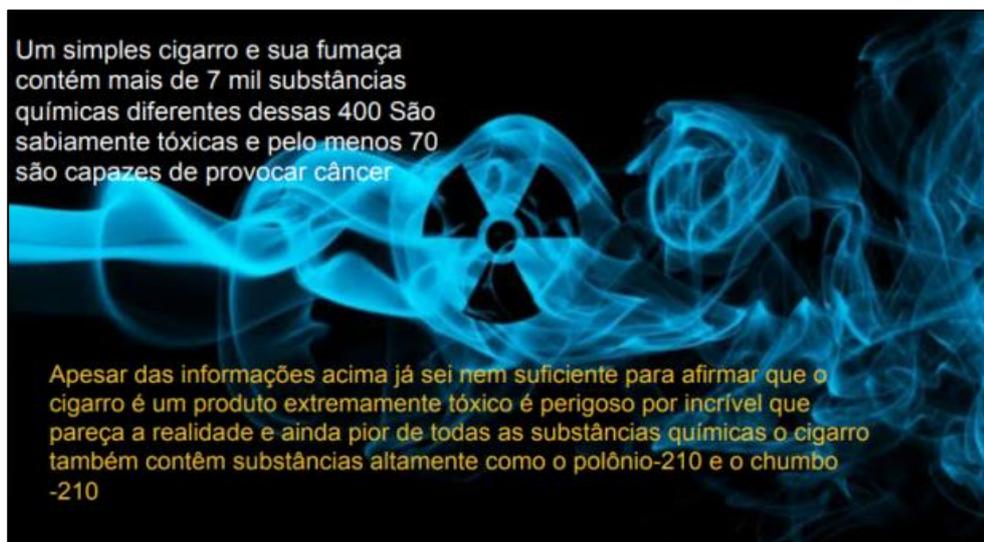


Figura 32: Cigarro x Radioatividade

Fonte: Acervo do Autor, 2019.

O terceiro grupo – G3, fundamentou sua apresentação, buscando o início da história da radiação, passando por Henry Becquerel e o experimento de Urânio (Figura 33) na lâmina fotográfica, bem como as descobertas de elementos como Polônio e Rádío, pelo casal Pierre Curie e Marie Curie (Figura 34).

ESTUDANDO A RADIAÇÃO

- A radioatividade teve seu início como fato científico quando Henry Becquerel em 1896 depositou um sal de [Urânio](#) sobre uma lâmina fotográfica e após certo tempo notou que o mesmo havia deixado a marca das suas radiações emitidas nesta chapa



Figura 33: Becquerel e o Urânio
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

ESTUDANDO A RADIOATIVIDADE

- A partir disso, esse fenômeno causou curiosidade em diversos cientistas entre eles [Marie Curie](#) e Pierre Curie, um casal de químicos que trabalhava nos laboratórios de Becquerel. Em 1898, Marie Curie descobriu um elemento muito mais radioativo que o Urânio e o nomeou de acordo com seu país natal, era o [Polônio](#). Após isso foi descoberto pelo casal Curie outro elemento ainda mais radioativo e então o chamaram de [Rádío](#).



Figura 34: Casal Curie
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

O Grupo 3 fez uma explanação técnica sobre reatores nucleares, diferenciando as Usinas de Angra 1, Angra 2 e Angra 3 (Figura 35). O grupo fez ainda uma surpreendente e excelente abordagem sobre o plano de emergência e o envolvimento das três forças armadas, Marinha, Exército e Aeronáutica, nos treinamentos periódicos de evacuação de emergência, que ocorrem a cada dois anos (Figura 36).



Figura 35: Angra 1, Angra 2 e Angra 3
 Fonte: Acervo do Autor, 2019.



Figura 36: Zona do Plano de Emergência – ZPE
 Fonte: Acervo do Autor, 2019.

A última parte da apresentação do G3 mostrou o princípio da Fissão Nuclear (Figura 37), as vantagens e desvantagens do uso de reatores para geração de energia e a comparação entre o gerador nuclear usado no Brasil, “Pressurized Water Reactor – PWR” e o gerador moderado a grafite usado em Chernobyl, chamado “Reaktor Bolshoy Moshchnosty Kanalnyy – RBMK” (Figura 38).

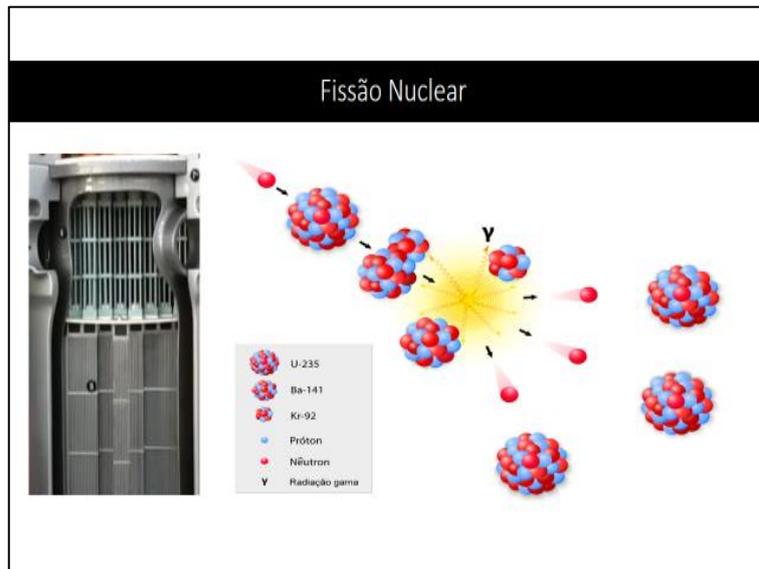


Figura 37: Princípio da Fissão Nuclear
 Fonte: Acervo do Autor, 2019.

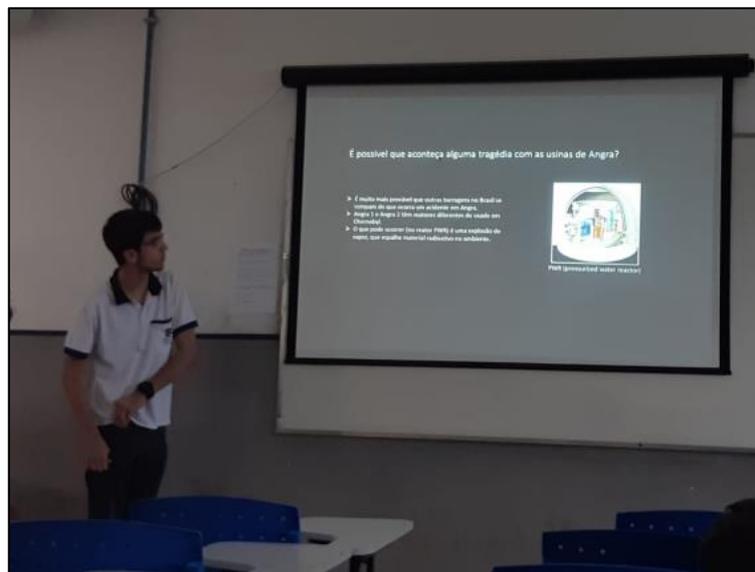


Figura 38: Baixo risco nos reatores
 Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Momento 3: criando intimidade com a física nuclear

Prevista para ocorrer no terceiro encontro, essa etapa ocorreu no segundo encontro, por motivo de força maior, relacionado às dificuldades de calendário. Após apresentação dos grupos, o pesquisador assumiu o protagonismo desse encontro e fez uma apresentação expositiva, com o auxílio de slides, previamente preparada para sanar dúvidas surgidas entre os alunos durante as atividades e após as apresentações por eles realizadas. Os temas abordados na apresentação seguem descritos nos tópicos abaixo:

- Classificação da radiação em ionizante e não ionizante;
- Símbolo da Radioatividade e símbolo do risco biológico;
- Breve definição de Radioatividade alfa;
- Beta e gama; espectro de frequência;
- Penetração das radiações na matéria;
- A energia em joules gerada por 1kg de urânio 235;
- Princípio da geração de energia elétrica em uma usina nuclear;
- Diferença de irradiação e contaminação;
- Radiação para diagnóstico de doenças;
- Radiação para tratamento de doenças;
- Conservação e esterilização de alimentos;
- Traçadores radioativos em plantas;
- Traçadores radioativos em insetos como formigas e abelhas;
- Esterilização e controle de insetos;
- Verificação de falhas em estruturas cristalinas;
- Medição de nível de líquidos;
- Determinação de temperatura de corpos incandescentes;
- Datação de fósseis;
- Medições de radiação.

As Figuras 39 a 45 ilustram alguns slides usados na aula expositiva:



Figura 39: Slide usado na aula expositiva – Radioatividade
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

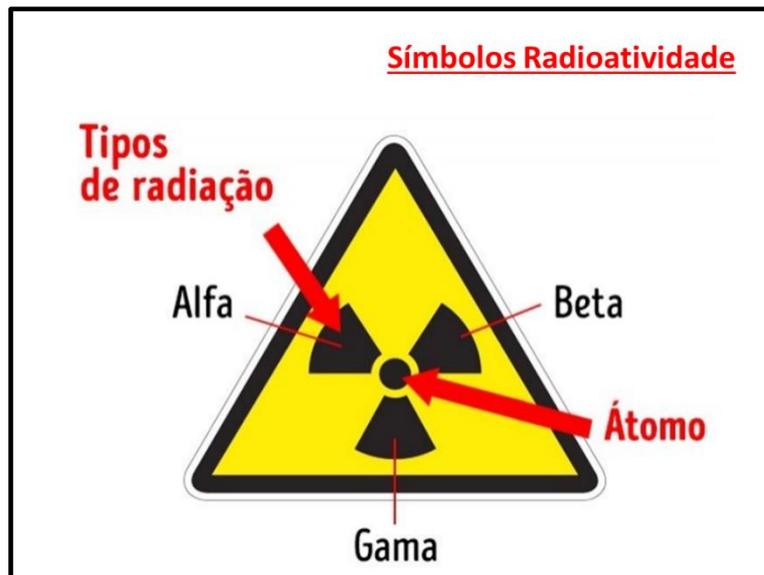


Figura 40: Slide usado na aula expositiva - Tipos de radiação
Fonte: Acervo do Autor, 2019.



Figura 41: Slide usado na aula expositiva - Risco biológico
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

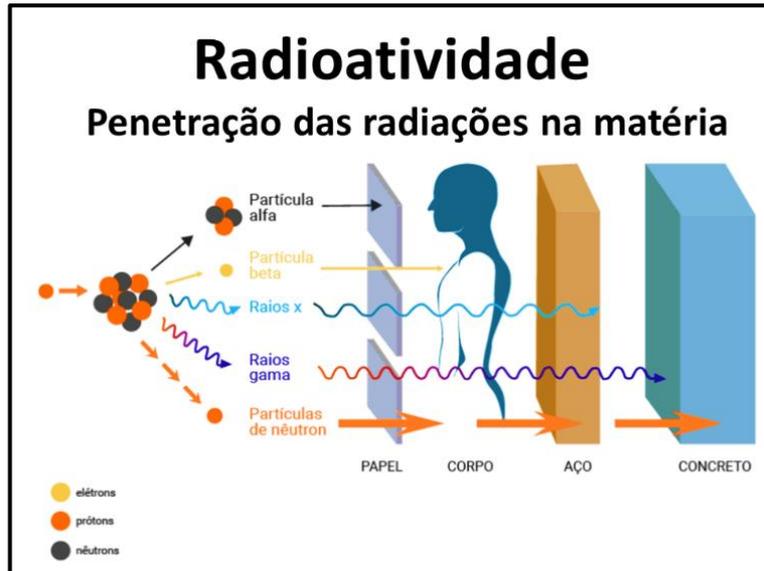


Figura 42: Slide usado na aula expositiva - Penetração das radiações na matéria
 Fonte: Acervo do Autor, 2019.

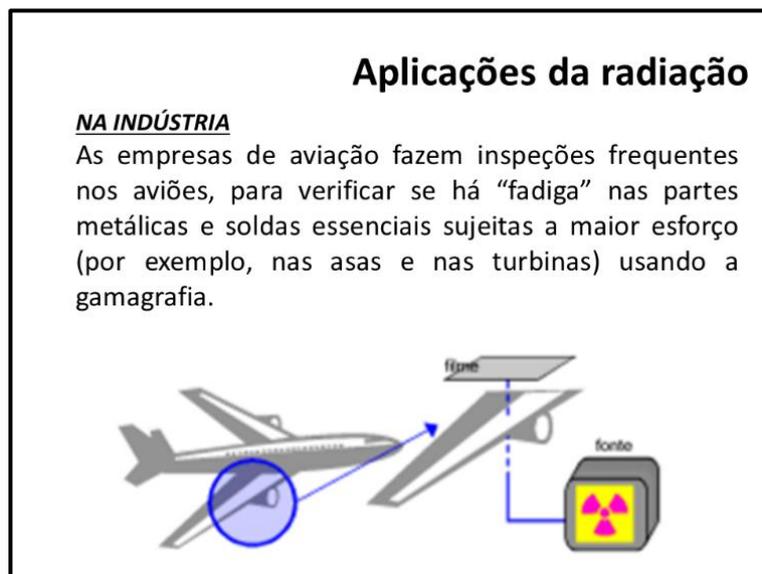


Figura 43: Slide usado na aula expositiva – Aplicações da Radiação na Indústria
 Fonte: Acervo do Autor, 2019.



Figura 44: Slide usado na aula expositiva - Aplicações da Radiação
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Aplicações da radiação

PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os reatores nucleares produzem energia elétrica, para a humanidade, que cada vez depende mais dela. Baterias nucleares são também utilizadas para propulsão de navios e submarinos.

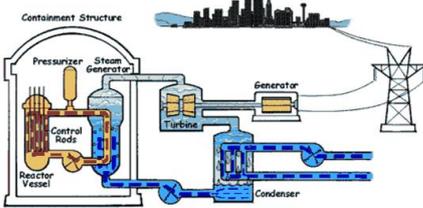


Figura 45: Slide usado na aula expositiva - Aplicações da Radiação –
Produção de Energia Elétrica
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Dúvidas apareceram e, como esperado, muitas respostas surpreenderam os alunos, como, por exemplo, o volume de lixo radioativo produzido pelas usinas nucleares e a comparação energética de 10g de Urânio 238 com 700 Kg de petróleo cru (Figura 46). Como e onde é estocado o rejeito nuclear e qual tipo de tratamento deve ser dado a esse resíduo foram os primeiros pontos de dúvidas levantadas. Um dos poucos questionamentos realizados pelos alunos, que ficou sem resposta durante a apresentação foi: “Professor, o que é mais caro, 10g de Urânio enriquecido ou 700 kg de petróleo cru?”.

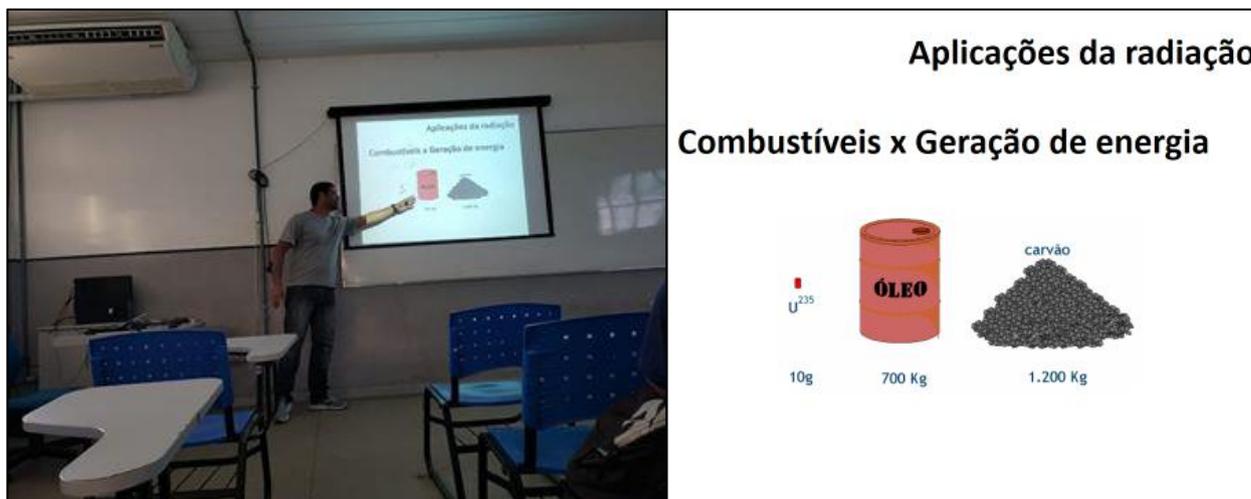


Figura 46: Uso do material de apoio descrevendo algumas das aplicações da Radioatividade
 Fonte: Acervo do Autor, 2019.

A última dinâmica (Figura 47) teve seu início após a sabatina realizada pelos alunos. Foi proposto um novo *Brainstorming*, onde o pesquisador entregou novamente duas folhas autoadesivas para cada aluno. Cada um toma sua caneta em mãos e, a pedido do pesquisador, novamente os alunos escreveram na primeira folha o que veio à mente quando ouviram a palavra “Radioatividade”. Após um breve espaço de tempo, os participantes escreveram, na segunda folha, o que veio à mente ao ouvir “Energia Nuclear”. Em seguida, foram até a lousa, colar suas folhas adesivas nas divisões positivo e negativo.



Figura 47: Dinâmica Final
 Fonte: <https://radioprotecaonapratica.com.br/de-onde-vem-radiacao/> Acessado em: 03/10/2019.

A Figura 50 ilustra a visão dos alunos sobre Radioatividade e Energia Nuclear, e a disposição das palavras, de acordo com a classificação positiva ou negativa.



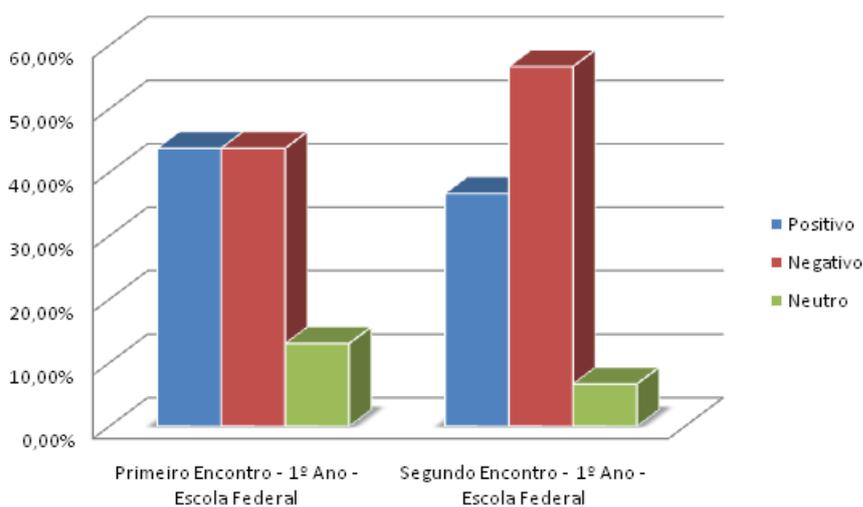
Figura 50: Alunos 1º ano, colagem de palavras
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Feita análise quantitativa das visões positivas e negativas sobre Radioatividade e Energia Nuclear, faz-se necessário ressaltar que:

- Quatorze folhas adesivas escritas pelos alunos foram classificadas como positivas;
- Houve duas folhas adesivas classificadas ao mesmo tempo como positivas e negativas;
- Vinte folhas adesivas foram classificadas como negativas;
- 18 alunos estiveram presentes de um total de 38 alunos regularmente matriculados.

O Gráfico 1 compara a variação na opinião dos alunos, após a aplicação da Sequência Didática, considerando o quantitativo de palavras classificadas como positivas, negativas ou neutras (entendidas como positivas e negativas).

Gráfico 1: Espelho comparativo (resultados) após o segundo Brainstorming na Escola Pública Federal (1º Ano do Ensino Médio)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2019.

Os resultados apresentados denotam o comportamento, expressado em palavras pelos alunos sobre o que, na visão deles, é encarado como algo positivo e/ou negativo para suas vidas, considerando a temática abordada nesta pesquisa. Para surpresa de todos os envolvidos, esta turma teve uma resposta exorbitantemente contrária a toda a proposta do trabalho em questão: no segundo encontro, o número de palavras associadas ao lado negativo aumentou, enquanto que o número de palavras associadas ao lado positivo diminuiu, assim como o quantitativo de palavras classificadas como positivas e negativas (caracterizada no gráfico como neutro). Não é possível explicitar os motivos dessa variação, considerando que se esperava, a partir das dinâmicas e exposições, os estudantes demonstrassem visões mais positivas sobre a Radioatividade e a Energia Nuclear, de modo a desmitificar os conceitos negativos oriundos do senso comum.

4.4.2 A dinâmica em uma Escola Pública Estadual – EPE

A Sequência Didática em sua versão ajustada também foi aplicada em uma escola pública da rede estadual de ensino, localizada no bairro de Coelho Neto, Zona Norte do município do Rio de Janeiro. Um bairro predominantemente residencial, com um comércio razoável e bem servido de transporte público. Possui o IDH, no ano 2000, de 0,806, sendo o 85º melhor bairro do município do Rio de Janeiro¹⁹. Os tempos de aula foram gentilmente cedidos pelo professor regular de Biologia daquela instituição. A dinâmica foi aplicada em três turmas do segundo ano do Ensino Médio, conforme relataremos a seguir.

a) Aplicação nas Turmas 2004 e 2005

Momento 1: despertando a curiosidade

Nas turmas 2004 e 2005, a aplicação da Sequência Didática se deu de forma muito similar, ainda que aplicada separadamente. Ambas são turmas de segundo ano regular e o primeiro contato do mediador pedagógico com cada uma foi na aula de Biologia, gentilmente cedida pelo professor regente, em horários distintos.

Após o anúncio daquilo que seria “uma aula diferente”, nada foi dito sobre qual tema estaria por vir. A figura de um professor diferente da rotina deles causou burburinhos e antes que houvesse maior dificuldade de comunicação entre as partes, foi feito o convite para deixar em cima da carteira somente uma caneta e uma folha de caderno.

A pedido do pesquisador, os alunos individualmente escreveram seus nomes em qualquer parte da folha. Enquanto escreviam, o pesquisador tomou em mãos, mais uma vez, uma pequena lixeira e a posicionou à frente da sala, praticamente abaixo da lousa (Figura 51). O pesquisador se dirigiu para o grupo e disse: “Agora que vocês escreveram seus nomes nas folhas, cada um amassa sua folha formando uma bolinha de papel e, ao meu comando, vocês irão lançá-las na lixeira!”. Entre muitas risadas e grande envolvimento, os alunos empunharam suas bolinhas de papel e dado o comando para o lançamento delas em direção à lixeira (Figura 52), as reclamações vieram quase que em cascata, principalmente dos alunos sentados ao fundo da sala, por estarem mais distantes do alvo.

¹⁹ Fonte: http://www.camara.rj.gov.br/planodiretor/pd2009/saudepd/Anexo3_IDH.pdf



Figura 51: Posicionamento do cesto
Fonte: Acervo do Autor, 2019.



Figura 52: Lançamento de bolinhas turma 2005
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Dada uma segunda oportunidade de arremessar as bolinhas, estratégias para acerto foram criadas pelos alunos e com elas o êxito na atividade que teve por objetivo criar uma proximidade maior entre pesquisador e alunos.

A etapa seguinte deste primeiro encontro foi a realização de um *Brainstorming* a fim de realizarmos uma análise das palavras avaliadas como positivas e negativas, relacionadas aos tópicos de Radioatividade e Energia Nuclear. Para tal, foram entregues duas folhas auto-

adesivas para cada aluno e com elas em mãos, veio a orientação: “escreva na folha o que passa em tua mente quando ouve a palavra Radioatividade”. Enquanto ocorre essa transcrição, o mediador pedagógico se dirige para lousa e com uma caneta de quadro, divide a mesma em duas partes sendo elas positivo e negativo. Retomando atenção aos alunos, um segundo pedido foi feito: “escreva, em sua folha autoadesiva, o que vem a sua mente quando ouve a palavra Energia Nuclear”. Com o clima de animação, os alunos são direcionados a irem no quadro (Figura 53), colar suas folhas adesivas em um dos dois campos, colocando-os de forma livre e sem intervenção do mediador, no lado positivo ou negativo (Figura 54).



Figura 53: Brainstorming 2004
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

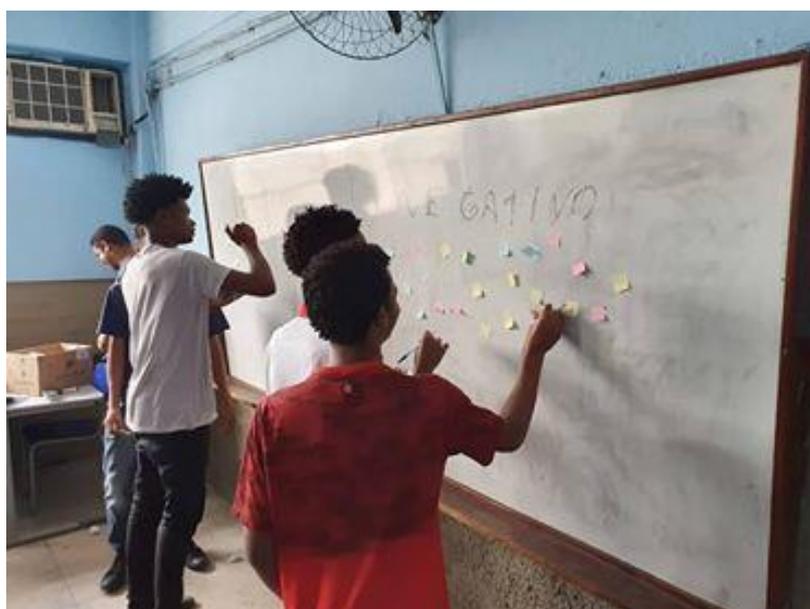


Figura 54: Brainstorming turma 2005
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

A fase seguinte a essa tempestade de palavras, foi a exposição de objetos comuns do dia a dia. Em ambas as turmas, alguns estudantes se ofereceram como voluntários para ir a frente auxiliar na identificação de cada item exposto: uma cebola, uma cenoura, uma cabeça de alho, um rolo de atadura, um bisturi descartável, um par de luvas descartáveis, duas pedras ornamentais, um saco de milho de pipoca, um saco de feijão, duas lâmpadas fluorescentes eletrônicas e dois telefones celulares (Figura 57). Após a exposição de todo esse material, o mediador dividiu a turma em grupos de até cinco integrantes e convidou um representante para que fosse até a mesa (Figura 58) e em comum acordo com seu grupo recolhesse um objeto que o grupo julgasse ter relação com a palavra Radiação.

Com o objeto em mãos e aparentemente não vinculados ao tema, o mediador fez um desafio. Cada grupo: teria que pesquisar qual relação teria o objeto escolhido com a Radiação; teria que pesquisar uma aplicação da Radioatividade; apresentar como funciona uma Usina Nuclear; e, por último, buscar cinco mitos e verdades sobre temas ligados à Física Nuclear.



Figura 57: Exposição objetos 2004
Fonte: Acervo do Autor, 2019.



Figura 58: Exposição de objetos turma 2005
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Momento 2: derrubando tabus

A instituição em questão possui uma sala de vídeo com equipamento próprio de multimídia, capaz de comportar 45 alunos sentados. Como as duas turmas são compostas com uma média de 35 alunos, a utilização desse espaço para exposição oral foi algo maravilhoso. Além da otimização de tempo para apresentação dos trabalhos, houve retorno em massa dos alunos, cerca de 90% desse total. Esse retorno pode ter tido uma relação direta com o apoio dado pelo professor de Biologia durante a realização da pesquisa.

Cada grupo que assumia o “comando” do encontro, apresentando suas pesquisas realizadas utilizou uma linguagem bastante característica de periferia suburbana, porém sem uso de termos de baixo calão e sem faltar com respeito a quem os assistia.

Sobre os trabalhos apresentados pelos alunos da turma 2004, o primeiro grupo G1, fez uma abordagem sobre geração de energia a partir da Fissão Nuclear (Figura 59) e lâmpadas fluorescentes (Figura 60). Mostraram um breve histórico sobre a origem da lâmpada, citando Tesla como criador; vidro a base de fósforo; vapor de mercúrio e seu baixo consumo bem como sua maior durabilidade. Também falaram sobre Radiação solar, faixa de luz visível, radiação Infravermelho e radiação Ultravioleta. Dentre os relatos expostos nas apresentações destacamos: “Minha avó achou que por ser luminosidade UV, deveria passar protetor solar dentro de casa!” descreveu uma integrante do grupo.



Figura 59: Slides G1 sobre geração de energia a partir da Fissão Nuclear
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

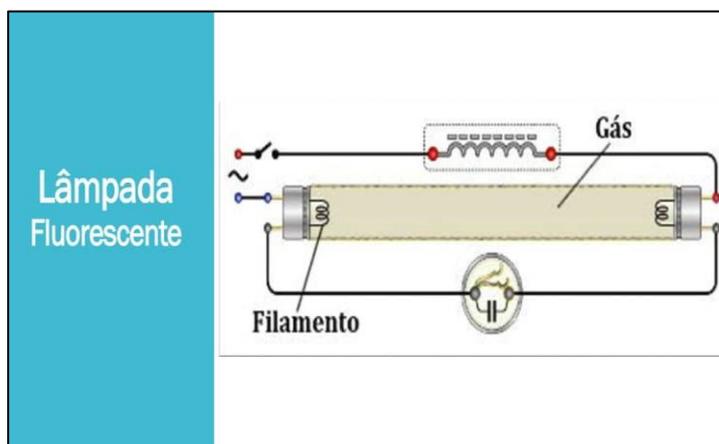


Figura 60: Slides G1 sobre lâmpadas fluorescentes
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

O segundo grupo (G2), da turma 2004, fez uma descrição superficial sobre rochas (Figura 61) e fontes de radiação de minerais. Logo depois, fez um resumo de como funciona as Usinas Nucleares no Brasil e fechou a apresentação com mitos e verdades sobre aplicações de raio-x em alimentos (Figura 62).



Figura 61: Exposição oral do G2 sobre rochas
Fonte: Acervo do Autor, 2019.



Figura 62: Exposição oral do G2 irradiação de alimentos
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

O grupo G3, da turma 2004, falou sobre rochas e os efeitos da radiação nas mesmas, inclusive na abordagem do funcionamento das Usinas Nucleares (Figura 63). No tópico de mitos e verdades o grupo abordou aplicações do raio-x (Figura 64).



Figura 63: Slides G3 geração de energia a partir da Fissão Nuclear
Fonte: Acervo do Autor, 2019.



Figura 64: Slides G3 Aplicações médicas do Raio-X
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

O quarto grupo da turma 2004 (G4) descreveu o que é radiação, as consequências do excesso de radiação em animais e humanos (Figura 65), o uso da radiação para esterilização de bisturis (Figura 66), abordou o funcionamento de uma usina nuclear e ao falar sobre mitos e verdades, deu ênfase à radiação em alimentos e à segurança na geração de energia, a partir da fissão do urânio.

O QUE É RADIAÇÃO?

O QUE É?
Radiação são variados tipos de energia na forma de partículas ou de ondas eletromagnéticas que se deslocam no espaço. As radiações apresentam diferentes composições e origens.



Figura 65: Slides G4 sobre o que é radiação e as consequências do excesso de radiação em animais e humanos
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

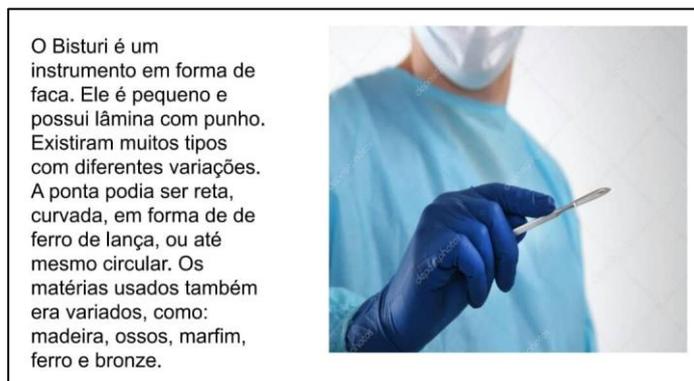


Figura 66: Slides G4 sobre o uso da radiação para esterilização de bisturis
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

O primeiro grupo da turma 2005 (G1) fez uma excelente abordagem sobre pedras radioativas, dando ênfase a pedra Tobernita, que é um mineral secundário com presença de Urânio. Mostraram a uranita de cobre e como a perda de água muda sua coloração. Na abordagem das Usinas Nucleares valorizaram o urânio na geração de energia, divisões do reator no sistema primário, secundário e condensador da usina.

O segundo grupo da turma 2005 (G2), iniciou um histórico do uso de velas até chegar em Thomas Edson, encadeando falas sobre lâmpadas incandescentes, lâmpadas fluorescentes e lâmpadas de LEDs. Um ponto a ser destacado nesse grupo foi a vontade que os membros demonstraram para apresentar o trabalho. Os membros do G2 se organizaram durante a apresentação do G1, utilizando dispositivo móvel para separar suas falas, sem o apoio de slides.

O terceiro grupo da turma 2005 (G3) falou sobre a mudança de DNA através de radiação ionizante. Esse grupo foi o único a apresentar um trabalho que explicou as diferenças entre radiação ionizante e não-ionizante, deu exemplos de radiações naturais e artificiais, citando espectro de frequência.

Momento 3: criando intimidade com a Física Nuclear

Proposto para ser abordado no quarto bimestre do ano letivo, segundo o currículo mínimo, infelizmente esta etapa não foi possível ser realizada por falta de agenda junto aos professores e alunos das turmas 2004 e 2005.

b) Aplicação na Turma 2006

Momento 1: despertando a curiosidade

A primeira etapa de aplicação da Sequência Didática significava, para a turma 2006 foi, literalmente, um primeiro contato do pesquisador com os alunos do segundo ano do Ensino Médio regular e vice-versa. Mediado pelo professor regente da turma, foi realizada uma breve apresentação do pesquisador aos jovens envolvidos com a pesquisa, passando o pesquisador então a assumir a liderança do encontro, solicitando que cada aluno separasse uma folha de caderno e nela escrevessem seu nome. O pesquisador pediu, como nas outras turmas, que cada

aluno amassasse a folha, formando uma bolinha de papel enquanto posicionava uma lixeira na frente da sala de aula.

Curiosos, os alunos perguntam “Pra que isso professor?” e nesse momento foi pedido para que jogassem as bolinhas na lixeira, após contagem regressiva de 3,2,1. A agitação tomou conta da sala de aula, carregada de reclamações, principalmente dos alunos que estavam sentados mais distante da lixeira. Pouquíssimos alunos tiveram êxito nessa atividade e, em meio a muitas reclamações, o pesquisador fez uma enquete verbal para saber quem gostaria de repetir a atividade. Animados, todos aceitaram, e com esse retorno, o pesquisador pediu para que cada um tornasse a pegar a sua bolinha de papel na lixeira e, após contagem regressiva, repetissem o ato.

Após essa atividade lúdica, que teve por objetivo criar uma relação interpessoal entre todos os envolvidos, o pesquisador entregou para cada aluno duas folhas autoadesivas fazendo um novo pedido para escrever em uma das folhas: “O que vem em sua mente ao ouvir a palavra Radioatividade?”. Enquanto escreviam o pesquisador foi até a lousa e, com um marcador de quadro branco, a dividiu ao meio colocando de cada lado as palavras positivo e negativo. Em seguida, foi solicitado à turma que escrevesse na outra folha autoadesiva o que vinha a mente ao ouvir as palavras Energia Nuclear. Feito esse *Brainstorming*, os alunos foram gentilmente convidados para irem à lousa colar seus adesivos do lado que julgassem que a palavra escrita fosse positiva ou negativa. Esse processo ocorreu de forma bastante descontraída.

A fim de fazer uma análise quantitativa, um voluntário foi chamado para ir ao quadro ler cada palavra e, após a leitura, contar quantas palavras/expressões positivas e negativas foram escritas por seus colegas. As palavras/expressões vinculadas à Radioatividade ou Energia Nuclear, julgadas por eles como positivas foram: elétrico, o que é raio?, o que é energia?, calor, rádio (2x), flash, mengo, raio ativo, raio, eletricidade, dormir, fome, urânio e Homer.

E as palavras descritas pelo grupo como negativas foram: Chernobyl (5x), energia (5x), núcleo, flash, comida, sexo, sol (2x), acidente, dinheiro, felicidade, ano libertadores, câncer, careca, física eletricidade, usina onde o Homer Simpson trabalha, torcida, flamengo, radiação, raio (2x), atividade, rádio (3x), Simpsons (2x), usina (3x), indústria, elétrico, danger, Coréia do Norte, magma da terra, nada, bomba 5(x), doença, morte, infecção, microondas, explosão, vingadores, bomba nuclear (3x), Coreia do Sul, contaminação (2x), tóxico (2x). A Figura 67 apresenta uma nuvem de palavras gerada no primeiro encontro com a turma 2006 da Escola Pública Estadual.

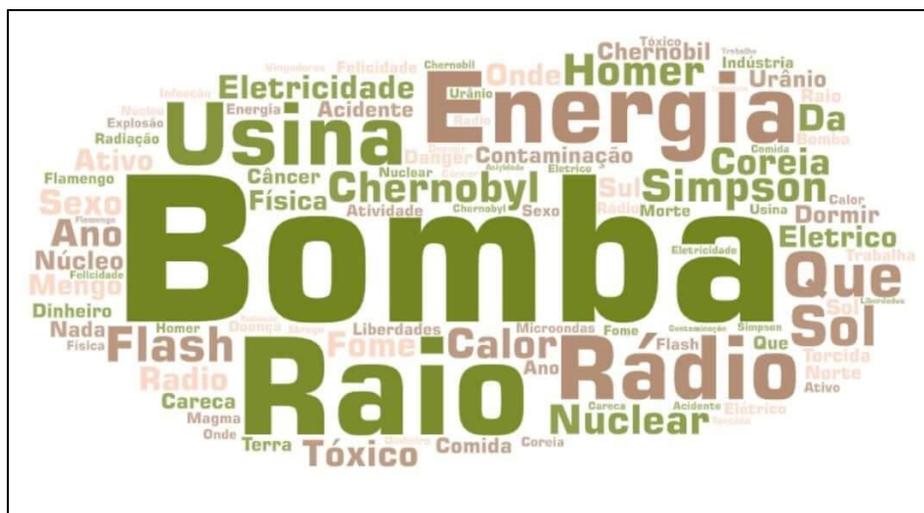


Figura 67: Nuvem de palavras geradas pela turma 2006

Fonte: Acervo do Autor, 2019.

O momento seguinte consistiu na exposição de objetos e prontamente dois alunos se voluntariaram para ajudar arrumá-los sobre a mesa. A curiosidade era notória entre os envolvidos, à medida em que os itens eram expostos. Após a apresentação desses objetos, a turma foi convidada a se dividir em pequenos grupos de cinco membros e, dentro de cada grupo, um representante deveria ser escolhido. Os membros discutiriam entre si, o item escolhido que, para eles, tivesse relação com a Radioatividade. Eles foram até a mesa onde se encontravam os objetos expostos e a disputa por alguns foi acirrada mesmo que, para a maioria dos participantes da atividade, tudo parecesse ser desconexo em relação ao tema abordado.

Para essa turma, os objetos em exposição foram: 1 par de luvas cirúrgicas, 1 atadura, 1 bisturi descartável, 1 pacote de milho de pipoca, 1 interruptor, 2 telefones móveis, 1 cebola, 1 cabeça de alho, 2 lâmpadas eletrônicas fluorescentes, 1 cenoura, 1 pacote de feijão, 1 radiografia e 2 pedras.

De posse de cada objeto escolhido, o pesquisador anunciou algo que surpreendeu quase toda turma, que seria o fato de cada item ali presente ter relação, direta ou indireta com Radiação. Os grupos receberam a seguinte tarefa: pesquisar a relação desse objeto com a Radiação; pesquisar uma aplicação da Radioatividade; pesquisar como é gerada a Energia Nuclear e trazer informações sobre mitos e verdades relacionados ao tema.

Momento 2: derrubando tabus

Nesse segundo encontro, ocorrido em uma turma de segundo ano do Ensino Médio (turma 2006), somente um grupo fez o trabalho solicitado e apresentou os resultados que os tornariam protagonistas desse passo no processo de ensino-aprendizagem. O slide de apresentação do grupo se mostrou bastante acolhedor com o pesquisador, pois nele estavam os nomes dos integrantes do grupo, a combinação das disciplinas de Física e Biologia, o número da turma, o tema por eles intitulado “Os efeitos da Radioatividade”, o nome da instituição Estadual de ensino, a data de entrega e o único nome de docente presente era o de “Professor Convidado”.

A escolha do grupo havia sido pelo interruptor de luz e, antes de chegar propriamente ao objeto, os componentes fizeram uma breve descrição sobre o que é Radioatividade, o que são as radiações alfa, beta e gama. Essa descrição foi seguida de algumas singelas considerações sobre como é gerada a energia elétrica nas usinas nucleares do Brasil.

Os alunos mostraram particular interesse pelo fato de o criador daquele que seria o primeiro modelo de interruptor da história, *Golding Bird*, ter tido formação médica. A partir da motivação da atividade, os alunos mergulharam em conceitos físicos como circuitos abertos e fechados, bem como circuitos em série e paralelo.

Momento 3: criando intimidade com a Física Nuclear

Esta etapa, planejada para um terceiro contato com os estudantes, também ocorreu no segundo encontro com a turma, por conta do calendário letivo, que desfavoreceu a aplicação do produto. Foi realizada uma breve explanação sobre aplicações da Radioatividade no cotidiano da sociedade, bem como sobre como ocorre a fissão nuclear dentro dos reatores. Como a disponibilidade de tempo era grande para a turma 2006, de segundo ano, foi possível reservar um tempo para perguntas após apresentação do material.

Algumas das curiosas perguntas foram: “Como aparece ou chega a gasolina ou gás natural para nós?”; “Quantas usinas nucleares existem no Brasil?”; “Se a usina de Angra explodir, a radiação chega até nós?”; “Quem trabalha com radiação, morre mais rápido?”; “Se eu for a Chernobyl e voltar eu morro?”; “É verdade que animais gerados por lá, em Chernobyl, nascem com alterações genéticas, tipo duas cabeças?”; “Professor qual a diferença do risco nuclear e o risco biológico? Qual o mais perigoso?”; “A banana é realmente muito radioativa?”

A partir dessas questões, foi falado o por que da geometria esférica na parte superior da usina. Também foi esclarecido que a fumaça que sai da usina é o vapor do condensador que, por sua vez, resfria o vapor proveniente do secundário do reator. Foi mostrado o por que de a usina ter sido construída próximo ao mar.

Após as dúvidas, esclarecimentos e desmistificações, foi perguntado aos alunos dessa turma se aceitariam fazer mais uma dinâmica. Eles aceitaram na hora, pois era visível o envolvimento deles com o assunto. Sendo assim, mais um convite foi feito para que pegassem uma caneta. Enquanto isso, foi distribuído a cada um novamente duas folhas adesivas e, com a caneta em mãos, eles foram questionados: “O que vem à mente de vocês quando ouvem a palavra Radioatividade?”

Nessa hora veio um coral de vozes perguntando: “DE-NO-VO PRO-FES-SOR???”. A resposta foi clara e objetiva: “SIM!!! E vocês irão entender tudo já, já!”. Logo após um breve momento, veio a segunda pergunta: “O que vem à mente de vocês quando ouvem a palavra Energia Nuclear?”

Dado o tempo para cada um escrever, a turma foi convidada ir ao quadro, colar suas folhas adesivas do lado positivo ou do lado negativo. Assim como antes, cada um teve o livre arbítrio para colar do lado que julgasse melhor. Após a agitação do grupo, ao colar as palavras, foi feito o convite para o aluno mais falante ir ao quadro ler todas as palavras escritas, uma por uma, seguindo-se uma contagem do número de palavras positivas e de palavras negativas. A Figura 68 ilustra o segundo *Brainstorming* realizado com a turma 2006.

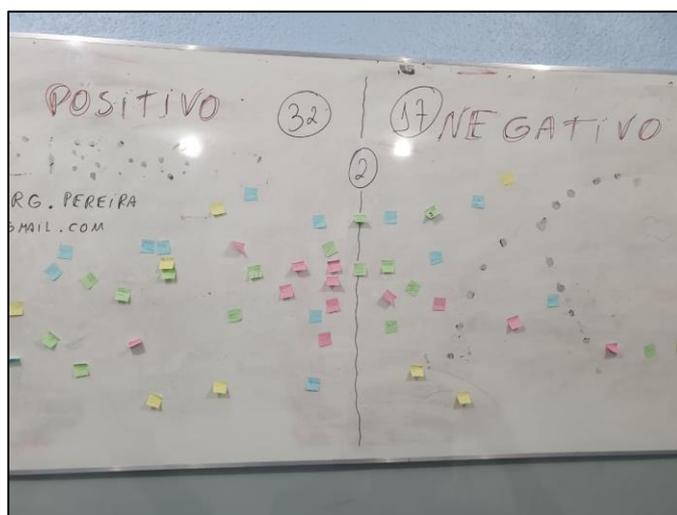


Figura 68: Segundo Brainstorming realizado com a turma do segundo ano
Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Sob a voz do “líder”, muito comunicativo, a turma se divertiu e a euforia tomou conta da sala ao ouvirem coletivamente as palavras/expressões escritas. As palavras consideradas negativas foram: radiação, razão, explosão, bomba de Hiroshima, gracho, urânio, avião, coisas boas e ruins, bia magra, usina, bomba nuclear, Simpsons, intoxicação, flash, raio e bomba.

As palavras/expressões consideradas positivas e negativas foram: ondas eletromagnéticas e usinas nucleares. As palavras/expressões consideradas positivas foram:

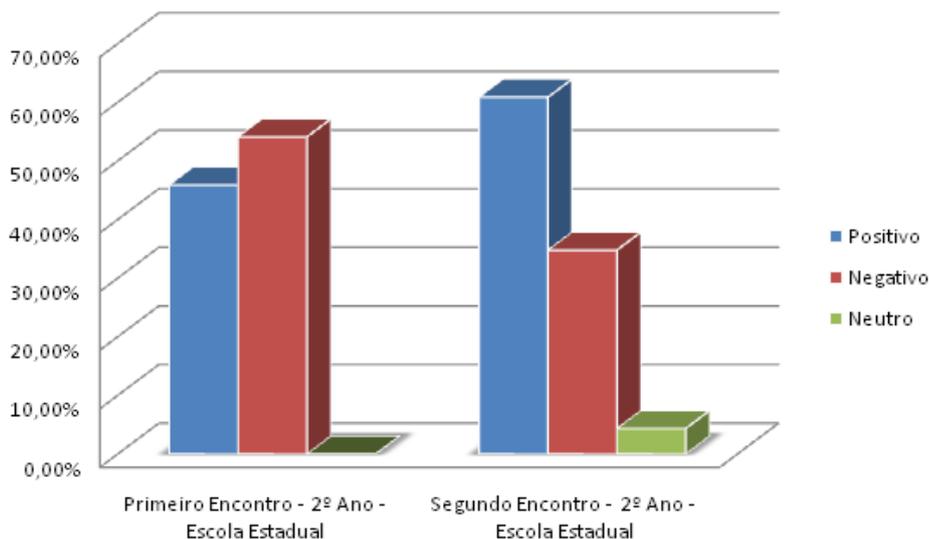
raios, sol, luz, lâmpada, cidade, usina, raio gama, cenoura, opostos se atraem, sexo, campeão mundial, Flamengo, raio-x, isótopo, energia do carregador, usina nuclear, urânio, chile, hospital, xvideos.com, rádio, Chernobyl, deformação, flash, algo verde, cebola, núcleo separado, energia (2x), núcleo atômico, corpo humano, desenho de uma cenoura e eletricidade. A Figura 69 apresenta uma nuvem de palavras gerada no segundo encontro com a turma 2006 da Escola Pública Estadual.



Figura 69: Segundo Brainstorming com a turma 2006
 Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Após esse novo *Brainstorming*, foi possível perceber que houve uma mudança na opinião dos alunos em relação ao tema Radioatividade e Energia Nuclear. O Gráfico 2 compara a variação na opinião dos alunos, após a aplicação da Sequência Didática na turma 2006, considerando o quantitativo de palavras classificadas como positivas, negativas ou neutras (entendidas como positivas e negativas).

Gráfico 2: Espelho comparativo (resultados) após o segundo *Brainstorming* com a turma de 2º Ano do Ensino Médio da Escola Estadual



Fonte: dados de pesquisa.

Os resultados apresentados denotam o comportamento, expressado em palavras pelos alunos sobre o que, na visão deles, é encarado como algo positivo e/ou negativo para suas vidas, considerando a temática abordada nesta pesquisa. Para felicidade do pesquisador responsável, houve uma inversão expressiva na quantidade de palavras positivas e negativas quando são comparados os resultados do primeiro e do segundo encontros. Este cenário se mostra bastante satisfatório, em decorrência de três fatores diretamente relacionados: o primeiro foi a massiva participação da turma nas atividades propostas em sala de aula; o segundo foi a atenção dada pelos alunos para as aplicações do tema em questões do dia a dia; e o terceiro foi a possível desmistificação e acesso a informações que, para a realidade deles, era algo que parecia distante. Ficou latente que os conhecimentos adquiridos sobre os fenômenos físicos decorrentes das aplicações radioativas despertaram um novo olhar para algo que era apenas visto como perigoso pelo simples fato de ser desconhecido.

4.5 Considerações, melhorias e possíveis ajustes

A ideia inicial desta pesquisa nasceu da necessidade de se formular uma nova proposta pedagógica que viesse de encontro à visão sombria que os alunos culturalmente carregam sobre a Radioatividade e a sobre a geração de energia elétrica a partir de reatores nucleares. Após todo esse processo dinâmico de ensino e aprendizagem junto a esses alunos da rede pública foi constatado que a atividade lúdica inicial, executada no primeiro encontro nas Escolas Públicas Estadual e Federal, foi aceita por todas as turmas de forma surpreendentemente positiva.

Essa atividade permitiu que os alunos ficassem à vontade na presença de um professor desconhecido, dando um melhor resultado na interação entre o Pesquisador e os alunos, aguçando essencialmente a curiosidade deles por tudo aquilo que ainda estava por vir.

O *Brainstorming* com folhas autoadesivas foi extremamente interessante e divertido. Além de permitir avaliar os alunos, no que se refere ao comportamento, interação, organização e estratégias, a geração da nuvem de palavras permitiu saber qualitativamente a ideia positiva ou negativa que eles tinham, até então, sobre o tema Radioatividade e Energia Nuclear.

As palavras foram variadas e muitas delas, aparentemente não faziam tanto sentido com relação ao tema, na visão do pesquisador. No entanto, para os estudantes, essas palavras tinham ligação direta com o assunto, a partir dos conhecimentos prévios que possuíam e, portanto atendiam a proposta. Isso foi fundamental para construção de conhecimento através do diálogo sobre curiosidades, mitos e verdades. O comparativo de opiniões positivas e negativas, brilhantemente sugerido pelo professor de Física, na entrevista, permitiu materializar em papéis autoadesivos, que a visão da maioria do grupo era negativa, até ocorrer a desconstrução e reconstrução dos temas em questão.

Uma diferente e ótima sugestão para realização deste *Brainstorming* é fazer uso do ambiente virtual, permitindo dinamizar a aplicação desta atividade. O professor mediador cria login de acesso para os alunos a uma sala de aula virtual, como, por exemplo, por meio da plataforma SOCRATIVE²⁰, na qual os estudantes podem responder as questões a partir de seus aparelhos celulares ou tablet, contanto que disponham de uma conexão à internet. Além disso, as respostas podem ser projetadas em tempo real com o uso de data show.

²⁰ O endereço da plataforma é <https://www.socrative.com/>. A plataforma permite ao professor formular perguntas e disponibilizar um *link* para que os estudantes respondam ao questionário digitalmente. Após as respostas dos participantes a plataforma gera gráficos com os resultados. Essas informações podem ser projetadas pelo docente para análise conjunta com os estudantes.

Outra surpresa positiva foi o encontro no qual os alunos assumem o papel de protagonistas. A qualidade dos trabalhos apresentados, o posicionamento deles em relação aos tópicos escolhidos pelos grupos e a propriedade com a qual eles os expunham foi algo incrível. Um fato curioso ocorrido em praticamente todos os grupos foi o uso do telefone móvel como bloco de notas durante a apresentação, característica comum entre adolescentes classificados como geração Z.

Na escola pública federal, o primeiro encontro das turmas ocorreu no horário das aulas de Educação Física e/ou em tempos vagos. Sobre a participação dos estudantes, estima-se que 20% da turma de primeiro ano deixou de participar do contato inicial, pois se tratava da última aula do dia deles. Esta seria também uma aula de Educação Física que, como de costume, já tinha os alunos posicionados na quadra poliesportiva aguardando o docente da instituição. Ao serem convocados para retornar à sala de aula, alguns alunos simplesmente desviaram o trajeto, não comparecendo à aplicação do produto. A turma de último ano foi abordada em dois tempos vagos anteriores da aula regular, que habitualmente fazia com que eles entrassem mais tarde, ocasionando assim um quórum baixo, se comparado ao total de alunos existentes na turma.

Já o segundo encontro de ambas as turmas nesta mesma instituição, contou com aproximadamente 30% dos alunos que compareceram para finalizar as atividades inicializadas. Na escola pública estadual, o primeiro encontro com as turmas da instituição aconteceu sempre nos horários das aulas de Biologia, com a presença do professor regente regular da turma e os acessos as turmas ocorreram na mesma manhã. No contato inicial, com as três turmas 2004, 2005 e 2006 vale ressaltar dois fatores bastante relevantes: primeiro, os alunos não foram avisados previamente sobre a visita de um pesquisador, mas ao receberem a notícia do professor regular que seriam “atores principais da aplicação de um experimento”, criaram enorme expectativa pelo que estava por vir. O segundo fator seria uma aula com um professor diferente do que eles estão acostumados a lidar. A animação tomou conta do ambiente, pois logo que o pesquisador assumiu a direção do encontro, tratou de dividir um pouco da sua história pessoal e acadêmica com a turma, visto que ele é fruto da escola pública (alfabetização, Ensino Fundamental, Ensino Médio, Graduação e Mestrado).

Nas três turmas, a dinâmica estabeleceu uma relação interpessoal agradável entre pesquisador e alunos. Um dos comentários realizados por eles sobre a dinâmica foi: “Aluno x: que aula maneira²¹, tem que ser assim! Não tem que ter professor falando... falando... falando... e a gente só ouvindo”.

Como esperado, os alunos das três turmas aderiram integralmente as atividades propostas no primeiro encontro. No *Brainstorming* as palavras escritas nos papéis autoadesivos foram bastante diferentes quando comparadas com turmas da escola pública federal. O nível de versatilidade aos argumentos escritos foi aparentemente menor, pois muitas palavras se repetiram.

Após a exposição e escolha dos objetos pelos grupos criados em cada turma, dúvidas surgiram e uma cascata de perguntas sobre Radioatividade foi dirigida ao pesquisador. A turma 2004 muito questionou sobre o mosquito *Aedes aegypti*, a turma 2005 fez vários questionamentos sobre funcionamento, riscos, acidentes e o *ranking* na matriz energética nacional das usinas nucleares de Angra dos Reis.

Por último, a turma 2006 foi a que mais fez perguntas. Por muitos momentos, foi possível observar que os alunos usavam o Google para ver algo relacionado ao que estava sendo falado e se inteirar do assunto via internet. Eles fizeram perguntas até acabar o tempo de aula. Nesta turma, mesmo após o término das aulas, um pequeno grupo de alunos ficou conversando com o pesquisador no corredor da instituição a fim de saber mais informações sobre o que havia

²¹ Gíria: Muito legal; que é bom, agradável. Fonte: <https://www.dicio.com.br/maneiro/>

sido abordado em sala de aula. O interesse deles pelo assunto foi algo fora do comum, a ponto de buscarem informações no site da Eletronuclear (www.eletronuclear.gov.br) para saber como trabalhar na usina.

No segundo e último encontro foi possível ver como os alunos são criativos, pois abordaram os assuntos com muita propriedade, colaboraram tanto como protagonistas que nas turmas 2004 e 2005, o tempo regular de aula não foi suficiente, deixando de realizar o *Brainstorming* final. Como as apresentações eram de forma livre, um grupo de alunas da turma 2005 se organizou em pesquisas nos celulares, se apresentando de forma improvisada, apenas verbal, e de forma razoavelmente organizada.

A turma 2006 foi bastante diferente, tendo em vista que apenas um grupo de cinco alunos realizou a tarefa proposta. O ponto positivo disso foi ter permitido realizar o último passo que era o *Brainstorming* final validando o que era esperado, que foi a mudança de posicionamento sobre os olhares voltados a Radioatividade e a Energia Nuclear.

Em contrapartida, por não ter sido aplicado pelo professor regular das turmas o fator tempo não colaborou. Vários imprevistos impediram que o terceiro encontro fosse aplicado em todas as turmas, sendo que em algumas foi possível compilar o terceiro no segundo encontro, contribuindo assim para a conclusão da pesquisa.

Por fim, dois questionamentos ficaram provisoriamente sem respostas: por que não existem os tópicos de Radioatividade e Energia Nuclear no currículo mínimo de Química do Estado do Rio de Janeiro, uma vez que os livros recomendados pelo PNLD usados pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro abordam de forma tão clara esses itens? Por que não existem os tópicos de Radioatividade e Energia Nuclear no currículo mínimo de Química e no currículo mínimo de Física, nesta Escola da rede Federal de Ensino, uma vez que esses tópicos são temas recorrentes no Exame Nacional de Ensino Médio – ENEM?

CONCLUSÕES

O objetivo desta dissertação foi desmistificar os conteúdos de Radioatividade e Energia Nuclear para o ensino e a aprendizagem no Ensino Médio, rompendo paradigmas referentes à visão negativa pré-estabelecida quanto a esses temas da Física Nuclear. Para tanto, foi utilizada a Pesquisa-Ação, com caráter de pesquisa intervencionista, em que foi formulada uma proposta inicial de Sequência Didática. Essa proposta foi apresentada a professores do Ensino Médio da rede pública estadual e, a partir das considerações apresentadas por esses docentes, ela foi reformulada, produzindo-se a versão que foi efetivamente aplicada.

Ao longo da pesquisa, fomos agraciados com a narrativa de professores que nos levaram a entender que o ensino é uma atividade viva, que está em constante mudança, e que a mente do docente precisa estar sempre atenta ao perfil e às necessidades dos estudantes pertencentes às novas gerações. Com base nas entrevistas com os docentes, percebemos claramente que uma aprendizagem significativa deve envolver a participação ativa do aluno, com a exploração do conhecimento que o aluno carrega consigo. Mas como saber a bagagem de conhecimento que o educando traz consigo no primeiro momento que o docente inicia um novo conteúdo? Seria com uma aula expositiva?

O professor de Física entrevistado responde com propriedade que a avaliação diagnóstica é uma das alternativas para conhecer o que o estudante sabe, o que ele não sabe e o que é necessário ensinar. Em face desse levantamento, o docente pode mudar seu planejamento para atender as necessidades dos estudantes. O professor pode, ainda, perceber os pontos falhos tanto no seu planejamento quanto nos conhecimentos de base que os estudantes deveriam trazer como bagagem das séries anteriores.

Diante dessa fala, fica evidente que a docência transcende a reprodução do que está posto em livros didáticos. A partir disso, foi estabelecido um novo formato para a Sequência Didática, de maneira que permita, em ambientes e realidades diferentes, que o aluno receba e compartilhe conteúdos em linguagem mais próxima a seu universo.

Essa nova forma assumida pela Sequência Didática foi estruturada em três momentos: no primeiro deles, foi proposta uma atividade em que os alunos fossem instigados a descobrir a presença dos temas estudados na sua realidade mais imediata; o segundo momento envolveu o retorno desses estudantes à provocação que lhes foi lançada, trazendo para sala de aula os resultados das pesquisas que lhes foram demandadas. Por fim, o terceiro momento consistiu de uma intervenção do pesquisador, sanando dúvidas trazidas pelos estudantes e apresentando mais elementos relacionados aos temas, utilizando, para tanto, outros exemplos extraídos do cotidiano.

Essa nova sequência foi aplicada em duas instituições de ensino: uma escola técnica federal e uma escola da rede pública estadual. Na primeira instituição, o pesquisador aplicou a sequência em duas turmas distintas. Os resultados obtidos pela aplicação da sequência puderam ser avaliados a partir de uma percepção subjetiva do pesquisador com relação à motivação e ao interesse dos estudantes. Embora não se tenha adotado uma metodologia de análise de caráter mais técnico, as impressões colhidas podem ser apontadas como muito positivas.

Na verdade, entendemos que a proposta inicial desta dissertação foi alcançada e as descobertas e aprendizados adquiridos durante o processo superaram as expectativas. Foi-se muito além de desmistificar um tema. Tratou-se de entender uma nova forma de aplicação de conteúdo na qual há uma troca entre professor e aluno, há uma liberdade para que o aluno possa tirar suas próprias conclusões através de suas próprias buscas por conhecimento relativo ao tema.

Nesta pesquisa também vimos que o aluno não quer mais estar na posição de ouvinte, ele quer ser participante do processo de ensino-aprendizagem. O aluno não aceita ser somente coadjuvante, mas quer ser protagonista e, quando é permitido que ele assuma esse papel, as

possibilidades são infinitas, nos dando elementos suficientes para concluir que esta Sequência Didática é aplicável, reaplicável e adaptável a diversos tipos de conteúdo.

A visitação a um ambiente não formal de ensino, que fosse relacionado ao tema, seria fundamental para incrementar esta pesquisa. Os alunos se mostraram interessadíssimos, pois seria uma oportunidade de visualizarem, na prática, tudo aquilo que pesquisaram e apresentaram durante os encontros de implementação do Produto Didático. Infelizmente por falta de recursos financeiros, a logística de transporte foi inviabilizada. Contudo, fica como indicação para quem quiser aplicar este o produto educacional, que inclua uma visita técnica, ao final de todo o processo, por exemplo, às Usinas Nucleares de Angra I e II, em Angra dos Reis/RJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Ana Rita Silva. **A emoção na sala da aula**. Ed. Papirus, Campinas, SP, 2012.

ALTMAN, Max. **Hoje na História: 1902 – Pierre e Marie Curie isolam o elemento rádio**. 2010. Disponível em < <https://operamundi.uol.com.br/historia/3738/hoje-na-historia-1902-pierre-e-marie-curie-isolam-o-elemento-radio>>. Acesso em: 04 jan. 2020.

ANDRADE JÚNIOR, J. A. **Episódios históricos no contexto do Ensino de Ciências: A Energia Nuclear e sua utilização**. 2015. 118f. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática - PPGECEM. Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

AUSUBEL, D. P. **A Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980

BALDISSERA, Adelina. Pesquisa-Ação: uma metodologia do conhecer e do agir coletivo. **Sociedade em Debate**, Pelotas, 7(2):5-25, Agosto, 2001.

BECKER, Fernando. Modelos pedagógicos e modelos epistemológicos. **Educação e realidade**, v. 19, n. 1, p. 89-96, 1994.

CASTAÑON, G. A. Construtivismo e ciências humanas. **Ciência & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 5, p. 36-49, 2005. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/523/293>>. Acesso em 27 dez. 2019.

CHAGAS, José Aercio Silva das. **Investigando o processo de transposição didática externa: o conceito de transformação química em livros didáticos**. 2009. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

CHEVALLARD, Y. **La transposition didactique, du savoir savant au enseigné**. Paris: La pensée sauvage, editions, 1991.

CHISTÉ, Priscila de Souza. Pesquisa-Ação em mestrados profissionais: análise de pesquisas de um programa de pós-graduação em ensino de ciências e de matemática. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 22, n. 3, p. 789-808, 2016.

DA SILVA AUGUSTO, Thaís Gimenez; DE ANDRADE CALDEIRA, Ana Maria. Dificuldades para a implantação de práticas interdisciplinares em escolas estaduais, apontadas por professores da área de ciências da natureza. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p. 139-154, 2016.

DEMO, Pedro. **Educação e qualidade**. Papirus Editora, 1995.

DEMO, Pedro. **Pesquisa e construção do conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1994.

DO REGO PIRES, Adriano; DE ANDRADE, José Elisandro; DE MELO DANTAS, Jeânderson. A Física Nuclear sob uma perspectiva interdisciplinar. **Scientia Plena**, v. 13, n. 1, 2017.

FERRAZZO, Gedeli; MACIEL, Antônio Carlos. Fundamentos da educação especial: contribuições para uma reflexão filosófico-educacional. **Revista Cocar**, v. 10, n. 20, p. 367-385, 2017.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da indignação: cartas pedagógicas e outros escritos**. São Paulo editora Unesp, 2000.

GLASERSFELD, E. von. Construtivismo: Aspectos Introdutórios. In: FOSNOT, C.T. (Org). **Construtivismo: Teoria, Perspectivas e Prática Pedagógica**. Porto Alegre: Artmed, 1998, p. 19-23.

GOMES, Orleyson Cunha; DA ROCHA GOMES, Salatiel; TERÁN, Augusto Fachín. A transposição didática em questão: diálogos no ensino de ciências em uma escola de Manaus/AM. **Anais do 4º Simpósio em Educação em Ciências na Amazônia e IX Seminário de Ensino de Ciências na Amazônia**. 8 a 10 de Setembro de 2014.

INCA. Instituto Nacional do Câncer. **Cartilha-Radioterapia**. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/tratamento/radioterapia>> Acesso em 04/01/2020.

JACOBUCCI, D. F. C. Contribuições dos espaços não-formais de educação para a formação da cultura científica. **EM EXTENSAO**, V. 7, 2008.

KHAN, Salman. **Um mundo, uma escola**. Editora Intrínseca, 2013.

KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e cidadania**. São Paulo: Moderna, 2007.

LIBÂNEO, José Carlos. **Pedagogia e Pedagogos: para que?** São Paulo: Cortez, 2001.

MARTINS, R. de A. As primeiras investigações de Marie Curie sobre elementos radioativos. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, São Paulo. v. 1, p. 29-41, 2003.

MARTINS, R. de A. A Descoberta dos Raios X: O Primeiro Comunicado de Röntgen. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 20, n. 4. Dez, 1998. Disponível em <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v20_373.pdf> Acesso em 10 Set. 2019.

MEKSENAS, Paulo. Aspectos metodológicos da pesquisa empírica: a contribuição de Paulo Freire. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 78, ano VII, nov/2007.

MELO, Armando Sérgio Emerenciano de; MAIA FILHO, Osterne Nonato; CHAVES, Hamilton Viana. Lewin e a pesquisa-ação: gênese, aplicação e finalidade. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 28, n. 1, p. 153-159, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/fractal/v28n1/1984-0292-fractal-28-1-0153.pdf>> Acesso em: XXX

MORAES, Márcia. A ciência como rede de atores: ressonâncias filosóficas. **REVISTA ATOR-REDE**, n. 1, 2013.

MORAN, José. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. **Educação Transformadora**, 2013. Disponível em: <http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/metodologias_moran1.pdf>

MOREIRA, Marco Antonio. **Linguagem e aprendizagem significativa**. In: Conferência de encerramento do IV Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Maragogi, AL, Brasil. 2003.

NETO et al, Fatores que influenciam os consumidores da geração Z na compra de produtos eletrônicos. *Race*, v. 14, n. 1, p. 287-312, Joaçaba, jan./abr. 2015. Disponível em: <<http://editora.unoesc.edu.br/index.php/race>>. Acesso em: 13 nov. 2019.

NETO, J. A. da S. P. Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas. **Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB**. Campo Grande, n. 21, p. 117-130, jan./jun. 2006.

PELLIZZARI, A. et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

PRIETO, Lilian Medianeira et al. Uso das tecnologias digitais em atividades didáticas nas séries iniciais. **RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 3, n. 1, 2005.

QUINN, Suzan. **Marie Curie: Uma Vida**. São Paulo: Editora Scipione, 1997.

RODRIGUES, A. P. M.; RODRIGUES, M. G. S.; **A educação ambiental e os Parâmetros Curriculares Nacionais: um olhar sobre a transversalidade da questão**. Rio de Janeiro, UFRJ, 2001.

ROESCH, Sylvia Maria Azevedo. **Projetos de estágio do curso de administração: guia para pesquisa, projetos, estágios e trabalhos de conclusão de curso**. São Paulo: Atlas, 2005.

ROGERS, C. R. **Tornar-se pessoa**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

SANTOS, F. R. V. dos; OSTERMANN, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno brasileiro de ensino de física**. v. 22, n. 3 dez. 2005, p. 316-337.

SCHEFFER, E. W. de O. **Química: ciência e disciplina curricular, uma abordagem histórica**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1997.

SEEDUC – Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro. Currículo Mínimo de Física, 2012.

SEVERINO, Antonio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo: Cortez, 2007

SILVA, C. A. M. P. da. **Um estudo sobre a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem para ministrar aulas de física.** Dissertação. Mestrado em ensino de Ciências e Matemática. Universidade Federal do Sergipe. São Cristóvão, 2015.

STRECK, Danilo R.; ADAMS, Telmo. Uma prática de pesquisa participante: análise da dimensão social, política e pedagógica. **Revista de Educação Pública**, v. 20, n. 44, p. 481-497, 2012.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. **Ciências & cognição**, v. 13, n. 1, 2008.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.

VERRET, M. **Le temps des etudes.** Paris: Librairie Honore Champion, 1975.

WALLON, H. P. H. **As origens do caráter na criança.** São Paulo: Difusão Europeia do Livro, 1995.

WERNECK, V. R. Sobre o processo de construção do conhecimento: O papel do ensino e da pesquisa. **Ensaio: aval. pol. públ. Educ.**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 51, p. 173-196, abr./jun. 2006.

XAVIER, A. M. et al. Marcos da história da Radioatividade e tendências atuais. **Revista Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 83-91, 2007.

ZIMRING, Fred. **Carl Rogers.** Fundação Joaquim Nabuco, 2010.