

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE QUÍMICA  
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

**RAFAEL ROCHA FERREIRA**

**A RADIOATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA  
DA PEDAGOGIA HISTÓRICO-CRÍTICA: O ENSINO DE  
QUÍMICA EM FOCO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**CAMPO MOURÃO  
2019**

**RAFAEL ROCHA FERREIRA**

**A RADIOATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA DA  
PEDAGOGIA HISTÓRICO-CRÍTICA: O ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de trabalho de conclusão de curso 2, do curso de licenciatura em Química do Departamento Acadêmico de Química (DAQUI) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para a obtenção do título de licenciado em Química.

**Orientadora:** Prof. Dra. Natália Neves Macedo Deimling

**Co-orientador:** Prof. Dr. César Vanderlei Deimling



## TERMO DE APROVAÇÃO

### **A RADIOATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA DA PEDAGOGIA HISTÓRICO-CRÍTICA: O ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO**

por

**RAFAEL ROCHA FERREIRA**

Este trabalho foi apresentado em 29 de novembro de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química. O Candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Natália Neves Macedo Deimling  
(Orientadora)  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Cesar Vanderlei Deimling  
(Co orientador)  
(UTFPR)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Letícia Ledo Marciniuk  
(UTFPR)

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Daniela Aline Barancelli  
(UTFPR)

## **AGRADECIMENTOS**

É com muita alegria e lágrimas que venho por meio deste revelar meus sinceros agradecimentos, primeiramente ao meu pai Orlando, pois foi ele que me proporcionou a alegria de concluir meus estudos e me ensinou a ser uma pessoa melhor e a correr atrás dos meus sonhos. Meu pai amado, obrigado por tudo.

Agradeço a toda a minha família que me apoiou e me proporcionou amor durante todos esses anos de lutas, a minha mãe Angeani, aos meus queridos irmãos Ruben e Andrea, que me fizeram sorrir e a lutar pela vida durante todo esse trajeto.

Agradeço a minha orientadora Prof. Dra. Natália Neves Macedo Deimling, pela dedicação, pela paciência, por ter aceitado orientar meu trabalho. Agradeço também ao meu professor co-orientador César Vanderlei Deimling pelas orientações, indicações e pela ajuda no desenvolvimento do trabalho. Continuo com os agradecimentos aos membros que aceitaram compor a minha banca examinadora, as professoras Letícia Ledo Marciniuk e Daniela Barancelli. Agradeço a todos os demais professores que me auxiliaram em minha formação acadêmica, na qual eu tenho um enorme carinho e admiração.

Estendo meus agradecimentos aos meus queridos amigos, que estiveram comigo durante estes quatro anos, me apoiando e trazendo alegria.

Um agradecimento especial a minha turma de graduação e aos meus amigos do trabalho.

Agradeço aos alunos do Colégio Estadual Princesa Isabel de Araruna, participantes da pesquisa-intervenção, em especial ao professor Bruno Sandi Pinto e a diretora Maria Inês Savariz Panizzon, que me aceitaram para a realização deste trabalho.

Por fim agradeço a todos que contribuíram para minha formação e realização das minhas conquistas. Agradeço a todas as pessoas que fizeram e fazem parte da minha vida.

## RESUMO

Considerando que a Química é uma Ciência que está relacionada com o meio científico, é importante saber a sua importância no que se refere ao desenvolvimento do conhecimento humano, que é mutuamente impulsionado pela racionalidade e pelos conhecimentos de mundo do próprio aluno. Assim, nosso objetivo consistiu em elaborar, desenvolver e avaliar um material didático-pedagógico para o Ensino do Conteúdo de “radioatividade” na disciplina de Química no Ensino Médio, tendo como base as discussões científicas do tema e as atividades teórico-práticas, com o intuito de analisar o processo educativo como fenômeno concreto, ou seja, tal como ele se dá efetivamente no interior da sala de aula, bem como a análise da aprendizagem dos sujeitos envolvidos nesse processo. Foi elaborada uma pesquisa-intervenção de abordagem qualitativa com 30 alunos de uma turma de segundo ano do Ensino Médio matutino do Colégio Estadual Princesa Isabel, instituição pública pertencente ao Núcleo Regional de Educação de Campo Mourão, na cidade de Araruna, no estado do Paraná. A coleta de dados foi realizada mediante questionários e demais avaliações realizadas pelos alunos em sala, bem como discussões orais, captadas por gravações em áudio e posteriormente transcritas. A análise dos dados foi realizada por meio das técnicas de construção de categorias e triangulação dos dados, utilizando como referencial teórico para fundamentar a pesquisa a Pedagogia Histórico-Crítica. Inicialmente foi elaborado um plano de unidade contemplando diferentes tópicos de conteúdos sobre o tema radioatividade, em suas diferentes dimensões. Em um segundo momento, partimos para intervenção em sala de aula, processo que foi processualmente avaliado. A partir da análise dos dados, foi possível perceber como os alunos se apropriaram dos conhecimentos com qualidade, uma vez que conseguiram associar a radioatividade com a prática social mais ampla, compreendendo sua importância e alcançando um nível mais amplo de conhecimento e interesse pelo conteúdo.

Palavras Chave: Ensino de Química, radioatividade, Pedagogia Histórico-Crítica, Ensino Médio.

## **ABSTRACT**

Whereas Chemistry a discipline that is extremely important with the scientific environment, it is important to know its importance with respect to the development of human knowledge, which is mutually driven by the rationality and knowledge of the student's own world. Thus, our objective was elaborated, to develop and to evaluate a didactic-pedagogical material for the Teaching of the "Radioactivity" Content in the High School Chemistry discipline, based on the scientific discussions of the subject and the theoretical-experimental activities. A qualitative research intervention study was conducted with 30 students from a second-grade class in the morning High School at Princesa Isabel State High School, a public institution belonging to the Núcleo Regional de Campo Mourão, in the city of Araruna, in the state of Paraná. Data collection was performed using questionnaires and assessments made by students in the room, as well as oral discussions, through the transcription of audio recordings. Data analysis was performed through the technique of category construction and data triangulation, using as theoretical reference to base the research the historical-critical pedagogy. From this point was also elaborated the unit plan, starting the contents with the application of an Initial Questionnaire, which aims to diagnose the previous knowledge of the students. In a second moment, parties for a stage of articulation of theoretical and experimental activities, in order to contemplate the contents that refer to what is being analyzed. From the data analysis, that is, all the written part and the students' discussions at the moment of the intervention, it is possible to understand how the students appropriated the knowledge, since they were able to associate radioactivity with their everyday knowledge, reaching a level broader knowledge and interest in the content.

Keywords: Chemistry Teaching, Radioactivity, Historical-Critical Pedagogy, High School

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Objetivos específicos da pesquisa articulados com as fontes dos dados e as categorias de análise.....</b>	<b>27</b>
<b>Quadro 2 – Quadro comparativo da Questão 1 dos questionários inicial e final.....</b>	<b>57</b>
<b>Quadro 3 – Quadro comparativo da Questão 2 dos questionários inicial e final.....</b>	<b>58</b>
<b>Quadro 4 - Quadro comparativo da Questão 4 dos questionários inicial e final.....</b>	<b>58</b>
<b>Quadro 5 - Quadro comparativo da Questão 5 dos questionários inicial e final.....</b>	<b>58</b>
<b>Quadro 6 - Quadro comparativo da Questão 7 dos questionários inicial e final.....</b>	<b>58</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO TEÓRICA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 A importância da Pedagogia Histórico-Crítica: do senso comum ao conhecimento científico .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 A importância da Pedagogia Histórico-Crítica para o Ensino de Química.....</b>	<b>19</b>
<b>2.3 A importância do conteúdo de radioatividade no Ensino Médio .....</b>	<b>19</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Objetivos gerais.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>22</b>
<b>4 MÉTODO E PROCEDIMENTOS.....</b>	<b>23</b>
<b>4.1 Descrição do contexto e dos participantes.....</b>	<b>23</b>
<b>4.2 Procedimentos de construção dos dados .....</b>	<b>25</b>
<b>4.3 Procedimentos de análise dos dados.....</b>	<b>27</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>31</b>
<b>5.1 Partindo da prática social inicial: introdução histórica à radioatividade ....</b>	<b>32</b>
<b>5.2 Problematizando a prática social e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais .....</b>	<b>42</b>
<b>5.2.1 Ensino de isótopos, radionuclídeos e reações nucleares .....</b>	<b>42</b>
<b>5.2.2 Efeitos da radiação e os usos da radioatividade .....</b>	<b>46</b>
<b>5.3 Retornando à prática social – A importância do conteúdo para a compreensão e transformação da realidade .....</b>	<b>48</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICE A – Plano de unidade.....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido .....</b>	<b>99</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O tema radioatividade configura-se como um dos muitos conteúdos presentes nos currículos das escolas do Ensino Médio. Infelizmente, devido ao pouco tempo de preparação e realização das atividades relacionadas a este conteúdo, o mesmo é, em alguns casos, explorado de maneira superficial, deixando de lado aspectos do seu contexto histórico, social e científico, de extrema relevância para a compreensão mais ampla e crítica do conteúdo por parte dos estudantes. Tanto a Química quanto a Física Nuclear contribuem com suas especificidades para a compreensão da radioatividade em diferentes áreas: medicina, eletrônica, geologia, arqueologia e também na indústria (NAKIBOGLU, TEKIN, 2006 apud SILVA ET al., pág. 2).

Nas áreas relacionadas à saúde, podem ser notadas algumas aplicações relevantes da radiação, como por exemplo, na radioterapia, onde é utilizado radiação gama ou raios-x para o tratamento de câncer e radioisótopos utilizados também para o tratamento de tumores. Em áreas como a eletrônica, trabalhando em parceria com a medicina, tem-se o desenvolvimento de equipamentos responsáveis pelo mapeamento dos órgãos humanos que utilizam técnicas de radiografia e tomografia por exemplo. Na geologia e arqueologia são utilizados isótopos radioativos como o Carbono-14, o Urânio-238 e o Potássio-40, para estimar a idade de um fóssil ou de um mineral, em um processo chamado de datação radioativa, baseado no monitoramento das emissões radioativas de cada tipo de isótopo. Na indústria são utilizados isótopos radioativos, para determinar, por exemplo, se existe algum vazamento em encanamentos ou em turbinas de aviões, através do mapeamento desses lugares pelo uso da radiação, além da esterilização de materiais de uso laboratorial, por exemplo, na indústria farmacêutica (GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES, 2008).

A abordagem mais ampla desse tema no currículo escolar pode proporcionar aos estudantes a compreensão mais abrangente das transformações nucleares e dos fenômenos relacionados à radiação, fazendo com que o estudante perceba sua presença e o seu constante uso em diversos lugares, como, por exemplo, na produção de energia em usinas nucleares e em áreas importantes da economia, como na agricultura, nas indústrias ou até mesmo na medicina e outros processos tecnológicos (BRASIL, 2002).

Buscando evidenciar os aspectos relativos ao ensino de radioatividade no Ensino Médio, alguns autores (ANTISZKO, 2016; OLIVEIRA, 2016 e SILVA, 2009) utilizam como tema gerador a perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) procurando estabelecer uma visão crítica, reflexiva e generalizada sobre o tema. Segundo Antiszko (2016), a radioatividade era antes vista como algo que trazia apenas malefícios, sempre relacionada ao perigo, podendo hoje ser contemplada de modo a dar aos alunos a oportunidade de distinguirem os seus mais variados enfoques. O estudo realizado por Oliveira (2016) busca estabelecer metas de desenvolvimento de um pensamento reflexivo sobre o tema no Ensino Médio, tendo em vista despertar nos estudantes o interesse em questões sócio científicas. Já Silva (2009) em seu estudo percebeu a importância de se trabalhar os aspectos históricos e filosóficos do tema tomando como base também a abordagem CTS, a qual utilizou como meio e possibilidade de integrar essa proposta de ensino a outras áreas do conhecimento. Dessa maneira, segundo o autor, haveria uma maior compreensão por parte dos alunos de como a Ciência está relacionada com aspectos culturais, sociais, ambientais e tecnológicos da sociedade em geral. Esses trabalhos analisam ainda estratégias e recursos considerados importantes para o desenvolvimento de um aprendizado significativo, utilizando como ponto inicial exemplos relacionados ao dia a dia dos estudantes para melhor apresentação dos objetivos propostos tendo em vista permitir aos estudantes a integração entre os conhecimentos científicos e suas aplicações tecnológicas e sociais.

Embora os trabalhos citados busquem trazer uma nova perspectiva de ensino revelando a importância e a incessante preocupação de formar um cidadão crítico, deixam a desejar em alguns aspectos importantes. Sob o ponto de vista da Pedagogia Histórico-Crítica (PHC), não há uma articulação visível das dimensões históricas, sociais e políticas nesses trabalhos, fazendo com que aluno possa reconhecer a importância do estudo de radioatividade sem, contudo, o prejuízo das dimensões conceitual, técnica e científica do tema.

Dessa forma, tendo em vista contribuir com a ampliação dos debates que já vem sendo realizados sobre o tema, e buscando favorecer a problematização desse conteúdo no Ensino Médio a partir de suas diferentes dimensões, elaboramos, desenvolvemos e avaliamos uma proposta didático-pedagógica para o ensino de radioatividade no ensino de Química do Ensino Médio tendo como base a teoria Histórico-Crítica. Para tanto, desenvolvemos uma pesquisa-intervenção de

abordagem qualitativa com estudantes do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública pertencente ao Núcleo Regional de Educação de Campo Mourão.

Entre outros aspectos, esse estudo contribuiu para que os estudantes percebessem a importância do conteúdo, além de poderem fazer uma análise mais crítica dos aspectos cotidianos e sociais, tendo em vista o desenvolvimento de um pensamento científico em relação à sociedade em que vivem.

## **2 REVISÃO TEÓRICA**

### **2.1 A importância da Pedagogia Histórico-Crítica: do senso comum ao conhecimento científico**

A Pedagogia Histórico-Crítica pode ser entendida como um método dialético de transmissão do conhecimento. Esse termo indica que a educação não é transmitida por um único mediador, nem tampouco coloca o aluno como responsável por obter o conhecimento, mas sim, por meio de uma relação mediada pelo professor através de diálogos e discussões de ideias, possibilitando a apropriação dos conteúdos pelos educandos. Diferente das outras teorias de educação (como por exemplo, a Pedagogia Tradicional) esta teoria ressalta a importância das relações sociais no processo de ensino-aprendizagem. Um dos focos da Teoria Histórico-Crítica evidencia a superação do poder ilusório e da impotência, característicos das teorias não críticas (Escola Tradicional, Nova e Tecnicista) e das Teorias Crítico- Reprodutivistas, além de favorecer ao professor a oportunidade de adquirir um poder real, capaz de libertá-lo da dominação ideológica dos grupos dominantes (SAVIANI, 2002, p. 31).

Neste viés, entende-se que as classes dominantes não possuem nenhum interesse no processo de transformação histórica da sociedade escolar, pois sua finalidade seria preservar a dominação e evitar que ocorra algum fator de mudança. Logo, uma pedagogia pautada nos interesses da classe dominante, reforça ainda mais a ideia de condição de libertação - que se posiciona totalmente contrária ao pensamento reprodutivistas – fator que define uma teoria crítica (SAVIANI, 2002, p.30).

No que se refere à educação, no caráter social, impedir que o conhecimento adquirido seja usado pelos interesses das classes dominantes realça a importância da Pedagogia Histórico-Crítica. Trata-se, deste modo, de retomar a luta contra a discriminação e as desigualdades no ensino das classes populares, que muitas vezes são deixadas de lado ou rebaixadas. De acordo com o próprio Saviani, 2002, p. 31, “Lutar contra a marginalidade por meio da escola significa engajar-se no esforço para garantir aos trabalhadores um ensino de melhor qualidade possível nas condições histórico-sociais atuais”.

Durante muitas décadas a PHC foi considerada como uma perspectiva educacional que visava resgatar a importância da escola e reorganizar o processo

de ensino, além do que, ela também age de maneira significativa na sociedade, transformando-a. Seu caráter crítico faz com que a mesma tenha consciência da determinação exercida pela sociedade sobre a educação, além de favorecer os condicionantes históricos sociais que as pedagogias anteriores não apresentavam (SAVIANI, 2002, p. 31).

Na perspectiva da educação brasileira essa teoria apresenta enorme relevância, já que evidencia um método de trabalho que menciona os passos mais importantes para o desenvolvimento do aluno. O primeiro deles se refere à prática social inicial, a qual

“(…) se caracteriza por uma preparação, uma mobilização do aluno para a construção do conhecimento escolar. É a primeira leitura da realidade, um contato inicial com o tema a ser estudado.” (...) para que isso ocorra, o educando deve ser desafiado, mobilizado, sensibilizado; deve perceber alguma relação entre o conteúdo e a sua vida cotidiana, suas necessidades, problemas e interesses. “(...) um clima favorável à aprendizagem (GASPARIN, 2012, p.13)”.

Cabe diretamente ao professor a tarefa de saber relacionar o conteúdo que está apresentando com o contexto social em que seus alunos estão inseridos, considerando a interação que os alunos fazem com o conteúdo científico no momento em que o mesmo for trabalhado, a fim de compreender as relações sociais da comunidade escolar como um todo. Enfim, considerando os aspectos acima, o aluno terá interesse por uma aprendizagem mais significativa e possivelmente o professor terá atingido seu objetivo (GASPARIN, 2012, p. 13).

Reconhecer e relacionar o conhecimento científico a partir do contexto histórico social da realidade dos alunos evita distanciarem as suas preocupações com os conteúdos escolares. Isso porque os conteúdos científicos costumemente não despertam o interesse dos estudantes no primeiro contato, o que é facilitado pela contextualização, na qual as relações com aplicações que se aproximam da realidade do estudante serão realizadas. Por isso o “professor deve desenvolver um trabalho pedagógico mais adequado, a fim de que os educandos, nas fases posteriores do processo, apropriem-se de um conhecimento significativo para as suas vidas” (GASPARIN, 2012, p. 14).

De fato, esta etapa não engloba apenas os conhecimentos que o aluno possui do conteúdo a ser estudado, mas sim de algo muito maior, ou seja, sua compreensão que tem sobre o mundo e suas percepções perpassam todo o grupo

social que ele está inserido. Sendo que não é somente dele essa expressão da realidade, mas de toda a comunidade, utilizando “filtros pessoais e sociais”, o professor, neste caso teria que utilizar “procedimentos viáveis capazes de relacionar a prática social com a leitura da realidade em qualquer campo específico do conhecimento” (GASPARIN, 2012, p.20).

Dando sequência, o segundo passo – a Problematização - da metodologia de trabalho determinado pela PHC evidencia a zona de desenvolvimento imediato do educando. A chamada Problematização é

“(...) fundamental para o encaminhamento de todo o processo de trabalho docente-discente. (...) é um elemento-chave na transição entre prática e teoria, isto é, entre o fazer cotidiano e a cultura elaborada. É o momento em que se inicia o trabalho com o conteúdo sistematizado. (...) o processo de busca, de investigação para solucionar as questões em estudo, é o caminho que predispõe o espírito do educando para a aprendizagem significativa, uma vez que são levantadas situações problema que estimulam o raciocínio” (GASPARIN, 2012, p. 33).

Logo depois da primeira etapa do método dialético de construção do conhecimento escolar a prática social é posta em questão, ou seja, ela é analisada e interrogada com base no conteúdo trabalhado e nas exigências sociais de sua aplicação, além disso, é redigido um questionamento a respeito da realidade e do conteúdo. Ambos são transformados e estudados de forma ao educando poder compreender os seus múltiplos aspectos e suas diferentes faces. São evidenciados suas “pertinências e contradições, bem como o seu relacionamento com a prática” (GASPARIN, 2012, p. 34).

De maneira geral, a problematização é iniciada pela discussão do marco teórico, ou seja, das questões sociais de grande importância, e logo depois detectado os conhecimentos que precisam ser dominados, propor as dimensões dos conteúdos a serem trabalhados, além das questões problematizadoras. Esta etapa já não fica mais condicionada como um conjunto de informações estabelecidas, mas sim “assume, gradativamente, um significado subjetivo e social para o sujeito aprendente” (GASPARIN 2012, p. 47).

Em seguida, logo após essas etapas tem-se a instrumentalização, que é considerada como a apropriação do conhecimento por meio das questões levantadas na prática social inicial e estruturadas na problematização, ou seja, este método “realiza-se nos atos docente e discente”.

“(...) os educandos e o educador agem no sentido da efetiva elaboração interpessoal da aprendizagem, através da apresentação sistemática do conteúdo por parte do professor e por meio da ação intencional dos alunos de se apropriarem desse conhecimento” (GASPARIN, 2012, p. 49).

Por consequência disso existe sempre uma relação entre os alunos, o professor e o conteúdo, que agem pelas suas determinações sociais e individuais; subjetivas e objetivas; culturais e políticas; econômicas e de classes. A aprendizagem adquire diferentes formas e feições desses sujeitos, formando uma espécie de tríade. Esse conhecimento assimilado pelos alunos é incorporado pelos mesmos, fazendo com que eles o transformem em “instrumento de construção pessoal e profissional” (GASPARIN, 2012, p.50, 51).

Depois da instrumentalização vem a próxima etapa, que é chamada de Catarse, na qual o aluno, depois de incorporar os conteúdos e assimilar os processos de sua construção é solicitado a:

“(...) mostrar o quanto se aproximou da solução dos problemas anteriormente levantados sobre o tema em questão”. “Esta é a fase em que o educando sistematiza e manifesta que assimilou, isto é, que se assemelhou a si mesmo os conteúdos e os métodos de trabalho usados na fase anterior” (GASPARIN, 2012, p. 123).

Ou seja, ele terá que “traduzir de maneira oral ou na forma de escrita a compreensão que teve sobre todo o processo de trabalho”, incorporar os instrumentos culturais transformados em elementos de transformação social. A catarse é entendida como a síntese do cotidiano e do conhecimento científico, ou seja, é ela que vai definir a posição do educando em relação ao conteúdo, estando ele em um nível mais elevado de aprendizagem. O aluno nesta etapa irá chegar a conclusão de que compreendeu o conteúdo ao assimilar tudo o que aprendeu com os conhecimentos científicos e práticos (GASPARIN, 2012, p. 124).

Por fim, tem-se a última etapa, a prática social final, que é considerada como a transposição da teoria com a prática. Nessa fase os:

“(...) professores e alunos modificaram-se intelectual e qualitativamente em relação a suas concepções sobre o conteúdo que reconstruíram, passando de um estágio de menor compreensão científica para uma fase de maior clareza e compreensão dessa mesma concepção dentro da totalidade” (GASPARIN, 2012 p. 140).

Essa teoria também pode ser relacionada com a Psicologia Histórico-Cultural

de Vygotsky, já que ambas utilizam meios dialéticos de ensino. Ela também está vinculada aos aspectos históricos, na qual se refere, que a educação por ela proposta, tem um poder de transformação ao “interferir na sociedade, sendo de maneira direta e indireta os sujeitos da prática” (GASPARIN, 2012, p. 140 apud Saviani, 1999, p. 82). Nesse contexto os métodos de ensino-aprendizagem reforçam no aluno o pensamento crítico, obtendo assim uma socialização do saber sistematizado, onde o professor se torna capaz de superar o senso comum arraigado no ambiente educacional e torna-se capaz de trazer o conhecimento de maneira dinâmica e envolvente, modificando o comportamento do aluno. Deste modo, se reconhece a realidade da educação, e por meio de estudos teóricos e saberes objetivos, chega-se a uma realidade alcançável. Este saber objetivo é assimilado pelos alunos enquanto resultado, assim como são providos os meios necessários para que os mesmos aprendam o processo de sua produção, bem como as tendências de sua transformação (SAVIANI, 2012, p. 9).

## **2.2 A Importância da Pedagogia Histórico-Crítica para o ensino de Química**

Dado à relevância da PHC é importante compreender que a mesma aponta a necessidade do desenvolvimento de uma educação pautada em um ensino de qualidade. Ela, de maneira geral, está comprometida com os problemas sociais, evidenciando e argumentando o papel da escola e do conhecimento científico produzido pela humanidade. Desta forma a educação, predita por Saviani, (2002) tem a responsabilidade de garantir aos marginalizados pela sociedade o acesso e a apropriação dos instrumentos culturais, dos conhecimentos culturais historicamente produzidos, a fim de que, munidos desses conhecimentos, em suas diferentes abordagens e dimensões, possa se emancipar intelectualmente e sair de sua condição de dominação (SAVIANI, 2002).

A Pedagogia Tradicional não considera os aspectos sociais e individuais do educando, mas trata-os como sendo prejudiciais e irrelevantes para o processo de ensino-aprendizagem. Por isso, muitas vezes o aluno apresenta dificuldades em entender os conteúdos, em função deste apenas memorizar poucas aplicações e sendo assim, “não aprendia os conceitos, mas apenas a sua definição” (DCE, 2008, p. 52 apud MORTIMER, 200, p.274). Desta forma, vê-se a necessidade de contextualizar os conceitos científicos com os aspectos sociais, a fim de o aluno



poder compreender o conteúdo apresentado.

Do ponto de vista do ensino das ciências, a PHC se faz extremamente relevante, pois ao relacionar a realidade dos alunos com o conhecimento teórico, poderá motivá-los no processo de aprendizagem. Neste viés a concepção científica conectada com a realidade do aluno colocara em destaque a importância do conhecimento científico, sendo que a PHC não desvincula em hipótese alguma a realidade, sempre associando os estudos teóricos com a prática social (SOUZA, 2017). Neste sentido, pesquisas destacam que:

“... o ensino de ciências deve problematizar a prática social em que o educando está inserido – o imediato, o singular – ou seja, o cotidiano, que se apresenta de forma sincrética, aparentemente caótica. A partir desse ponto cabe ao processo educativo trazer as mediações necessárias – instrumentos do pensamento: conhecimento e método – para a apropriação da realidade social na sua totalidade, na sua concretude, o concreto-pensado (ANUNCIAÇÃO, NETO, MORADILLO, 2015).”

De acordo com Chassot, 1995, “A ciência já não é mais considerada objetiva nem neutra, mas preparada e orientada por teorias e/ou modelos que, por serem construções humanas com propósitos explicativos e previstos, são provisórios” (DCE, 2008, p. 51 apud CHASSOT, p.68).

Os fundamentos históricos e sociais do conhecimento científico, além do conhecimento sobre a ciência, devem estar articulados aos propósitos de ensino. Desta maneira este saber poderá ser considerado crítico ao reconhecer a importância desses estudos históricos e compreender as suas transformações na realidade atual, como descrito abaixo.

Numa sociedade como a atual, em que convivemos com uma supervalorização do conhecimento científico e uma crescente intervenção da tecnologia na organização do nosso dia-a-dia, não é possível pensarmos na formação de um cidadão crítico sem que este tenha mínimo trânsito na estrutura do saber científico. A ciência e a tecnologia já estão de tal maneira incorporada a nossa realidade que não é mais possível compreender nosso mundo sem conhecê-las (GERALDO, 2006 apud BRASIL, PCN: Ciências, 1996).

Sendo a Química uma disciplina que está extremamente relacionada com o meio científico, pode-se perceber a sua importância no que se refere ao desenvolvimento do conhecimento humano, que é mutuamente impulsionado pela racionalidade e pelos conhecimentos de mundo do próprio aluno. Assim, a princípio,

é necessário fazer um levantamento dos conhecimentos prévios do educando, partindo depois para a discussão dos conteúdos factuais e conceituais e por fim relacioná-los com uma prática social. Desta forma:

[...] os educandos, com auxílio e orientação do professor, apropriam-se do conhecimento socialmente produzido e sistematizado para enfrentar e responder aos problemas levantados. Dentro dessa perspectiva, não mais se adquire o conteúdo por si mesmo; a apropriação dos conhecimentos ocorre no intuito de equacionar e/ou resolver, ainda que teoricamente, as questões sociais que desafiam o professor, os alunos e a sociedade (GASPARIN, 2005, apud OLIVEIRA, p. 6).

As Diretrizes Curriculares de Educação Básica (DCE, 2008) que discutem sobre o conteúdo de Química do Estado do Paraná reforçam a importância desta unidade curricular tanto em seu caráter histórico, como de seus fundamentos teórico- metodológicos e dos processos de experimentação. No que se refere ao ensino de Química, foi através da história que ela se consolidou como uma importante disciplina que engloba a apropriação dos conhecimentos específicos pelos alunos, despertando o interesse nos mesmos pela ciência e enfatizando a sua relação com a vida cotidiana (DCE, 2008 apud MACEDO, LOPES, 2002).

É sabido que o ensino de Química não deve ser visto como um conhecimento acabado e inquestionável, mais sim como um produto educacional em constante transformação. Sendo assim, é importante propor aos alunos questionamentos e discussões a respeito dos conhecimentos químicos, tal como incentivá-lo a um pensamento reflexivo a respeito dos “determinantes políticos econômicos e culturais que regem a sociedade em determinado período histórico, para então atuar no mundo do trabalho, com a consciência de seu papel de cidadão participativo (DCE, 2008, p. 48)”.

Partido do pressuposto de que a Química é um conhecimento científico produzido pela humanidade, podemos justificar a sua importância no caráter de ensino-aprendizagem, pois é através dela que os educandos têm acesso aos conhecimentos que compõe a sua vida social. Por isso é de extrema relevância a apropriação desse conteúdo científico, o que permite aos alunos perceber a importância da teoria vinculada com a prática.

### 2.3 A importância do conteúdo de radioatividade no Ensino Médio

A radioatividade define o campo de conhecimento voltado ao estudo dos elementos radioativos e suas relações com demais estruturas, compõe um conteúdo básico, normalmente vinculado à disciplina de Química, que pode relacionar questões de história, ciência e de aplicações na sociedade. Ela está vinculada diretamente com o cotidiano dos alunos e por isso, este tema não deve abordar somente os conceitos químicos, mas sim, discutir os aspectos históricos, políticos, econômicos e sociais. De acordo com o DCE, 2008 “é preciso superar a mera transmissão de conteúdos realizada ano após ano com base na disposição sequencial do livro didático tradicional” (DCE, 2008).

Conforme o próprio DCE, 2008, os conteúdos sobre radioatividade e as reações nucleares que devem estar presentes no currículo de Química, estão correlacionados com diferentes pré-requisitos como:

“(…) os modelos atômicos, os elementos químicos que compõe a natureza, bem como as reações químicas, as velocidades de reações, as emissões radioativas, as leis da velocidade, a cinética das reações químicas e os fenômenos relacionados à radioatividade” (DCE, 2008, p. 75).

Embora exista a importância de se abordar os conceitos políticos, econômicos e sociais do tema radioatividade, são necessários contextualizá-los com o cotidiano do aluno e fazê-lo entender a necessidade da compreensão deste tema. Considerando os aspectos históricos, a descoberta dos efeitos relacionados à radioatividade teve seu início por volta do final do Século XIX e proporcionaram grandes pesquisas para sociedade. Tais pesquisas estimularam inúmeras conquistas, especialmente no que se refere às experiências envolvendo o núcleo atômico, como destacam os trabalhos de Becquerel, do casal Curie e de Ernest Rutherford (LIMA, PIMENTEL, AFONSO; 2011).

Estudos de radioatividade possibilitaram avanços significativos especialmente na área da medicina promovendo grande desenvolvimento científico e econômico. Neste cenário, uma das aplicações que ganha grande destaque é dada pelo uso da energia nuclear como combustível para o funcionamento de usinas. As usinas term nucleares utilizam o calor liberado a partir da energia das reações nucleares para evaporar a água gerando vapor, que por sua vez gira as

turbinas acopladas aos geradores, produzindo energia mecânica, posteriormente convertida em energia elétrica nos geradores. Nesse cenário, o conteúdo de radioatividade ganha destaque especial, não só pelo seu caráter econômico mais sim, em um âmbito mais geral, por estabelecer uma visão crítica e reflexiva, por possibilitar a compreensão dos processos químicos relacionando as discussões com os perigos relacionados com acidentes e seus impactos ambientais. Quando se utiliza os isótopos radioativos para a produção de energia, como por exemplo o Urânio-235, os resíduos provenientes da reação de fissão nuclear destas substâncias devem ser armazenados em local apropriado, como recipientes de chumbo ou concreto, a fim de impedir que a radiação emitida por esses rejeitos possam prejudicar a população. Estes “resíduos” são chamados de lixo nuclear e devem ser guardados em locais seguros até que as emissões causadas pelos rejeitos diminua de intensidade para valores aceitáveis aos seres vivos. (PERUZZO, CANTO, 2003).

Conforme explicitado por Gasparin (2012, p. 3) e por Bernadelli (2004, p. 02) devem ser criadas condições de estudo que sejam favoráveis ao aluno e agradáveis ao ensino-aprendizagem. Toda a temática deve ser vinculada a um conteúdo não abstrato e sem a necessidade de memorização de conceitos, tornando o assunto mais interessante.

Com o objetivo de avaliar como o conteúdo de radioatividade vem sendo tratado pelos livros didáticos uma análise de alguns livros do Ensino Médio da disciplina de Química foi realizada. Visando promover discussões mais aprofundadas alguns livros de Física do Ensino Superior foram utilizados ao longo dessa pesquisa, a fim de compreender quais seriam os tópicos de conteúdos que poderiam colaborar com o aprofundamento de alguns conceitos pouco discutidos nos livros de Ensino Médio. Neste sentido foi verificada a possibilidade de incorporar contribuições sobre os conteúdos voltados ao ensino de isótopos, tempo de meia vida, decaimento radioativo, tipos de decaimento Alfa, Beta e Gama, energias de ligação nuclear, fissão e fusão nuclear. Este conteúdo é abordado com mais frequência nos livros do no 2º ano do Ensino Médio e muitas vezes no início do 3º ano, exige pré-requisitos necessários para a compreensão do tema, como por exemplo, noções da tabela periódica e suas particularidades, dos modelos atômicos, de partículas, de energia e de ondas.

Visando buscar contribuições de experiências bem-sucedidas sobre o tema,

foi realizado um levantamento de trabalhos no banco de teses e dissertações (BDTD) e em periódicos científicos – Revista Química Nova na Escola (Qnesc) e Revista Brasileira de Ensino de Química (REBEQ), Encontro Nacional de Química (ENEQ) e no Portal de Periódicos da CAPES nos últimos 10 anos. Considerando as diferentes fontes, foram encontrados 30 trabalhos que abordam o Ensino de radioatividade nas disciplinas de Química e Física, sendo que 10 trabalhos que abordam o ensino de radioatividade em uma perspectiva CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade); 6 trabalhos sobre o uso de TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) no ensino; 4 trabalhos relacionados a análises de textos, sequência didática e sequência de Ensino-Aprendizagem; 6 trabalhos com ênfase na história da radioatividade; 3 trabalhos que evidenciam uma análise documental de livros do Ensino Médio e artigos em periódicos e 1 trabalho relacionado especificamente ao ensino de radioatividade com ênfase na área da saúde sob a perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica. Para a organização dos trabalhos, foram considerados os seguintes tópicos: título, ano de publicação, fonte de publicação, em qual modalidade ele está inserido, nome dos autores e o enfoque principal do trabalho.

A partir deste levantamento bibliográfico, mesmo que inicial, podem ser observados que os trabalhos que buscam abordar o conteúdo de radioatividade no ensino de Química e Física têm exibido como foco principal uma sequência didática (modelo didático) ou uma ferramenta pedagógica que fosse ideal para a contextualização deste tema, permitindo a realização de análises - normalmente qualitativas - sobre o assunto desenvolvido.

Considerando esses trabalhos apresentados, que debatem o ensino de radioatividade, e tendo em vista a contribuição com futuros estudos e pesquisas sobre o tema, entendemos a relevância da reflexão sobre a forma como este assunto tem sido abordado, especificamente no que se refere à superação das dificuldades encontradas no Ensino de Química, tanto na perspectiva dos alunos quanto dos professores.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivos gerais**

Objetivamos com este trabalho elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica para o Ensino do conteúdo radioatividade na disciplina de Química no Ensino Médio.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Elaborar com base no referencial teórico-metodológico adotado, um plano de unidade para o estudo do tema radioatividade no Ensino Médio, tendo como base a discussão crítica dos conteúdos químicos a ele inerentes e as atividades teórico-práticas necessárias ao trabalho com essa temática.

Desenvolver em uma turma do segundo ano do Ensino Médio o material elaborado, tendo em vista a análise do processo educativo como fenômeno concreto, ou seja, tal como ele se dá efetivamente no interior da sala de aula, bem como a análise da aprendizagem dos sujeitos envolvidos nesse processo.

## **4 MÉTODO E PROCEDIMENTOS**

Tendo como base o problema de pesquisa e os objetivos propostos, optamos por desenvolver um estudo de abordagem qualitativa. Segundo Lüdke, André (2013), esse tipo de abordagem propõe o contato direto do pesquisador com o ambiente estudado. Desta forma ele pode intervir no ambiente, trabalhar em uma coleta de dados, construir e analisá-los, além de investigar de maneira contextualizada e aprofundada o tema. A partir desses princípios e das características dessa abordagem, optamos também por desenvolver este estudo na forma de uma pesquisa-intervenção, a qual pressupõe ir além de uma simples observação em sala de aula, se configurando na mudança do contexto analisado e dos sujeitos envolvidos.

Esta pesquisa foi desenvolvida em três importantes etapas que se relacionam entre si. A primeira delas se refere à revisão bibliográfica, momento em que foi construído o referencial teórico-metodológico necessário para atingir os objetos de estudo e a análise da realidade. Nesse momento, foi possível também identificar os estudos já realizados sobre o tema, bem como as lacunas ainda existentes para sua investigação. Essa etapa foi realizada de forma contínua e concomitante às demais etapas do estudo.

A segunda etapa se configurou na construção de dados, a qual visou à análise minuciosa das fontes que serviram de suporte para a investigação projetada. A terceira etapa, que é a análise e interpretação dos dados será evidenciada posteriormente. Segundo os objetivos traçados, esta pesquisa-intervenção foi desenvolvida com 30 alunos de uma turma do segundo ano do Ensino Médio, do turno da manhã, do colégio Estadual Princesa Isabel, uma escola pública pertencente ao Núcleo Regional de Educação de Campo Mourão, interior do estado do Paraná.

### **4.1 Descrição do contexto e dos participantes**

O Colégio Estadual Princesa Isabel fica localizado no centro da cidade de Araruna, local escolhido pelo pesquisador por ser mais próximo de sua residência, tornando mais fácil sua locomoção. A escola oferta atualmente o Ensino Médio na modalidade regular, com as séries de 1º a 3º anos, nos turnos matutino, vespertino

e noturno. Há, também, uma escola de nível fundamental, na qual o colégio divide espaço físico, a Escola Municipal Mario Miguês de Melo Filho, que oferta o Ensino Fundamental.

Além disso, é também ofertado o CELEM, um curso de Espanhol básico com apenas uma turma no período noturno. A escola dispõe de uma sala com recursos multifuncionais para alunos com altas habilidades e superdotação no período matutino e mais uma sala de reforço para o Ensino Médio no período vespertino (PPP, 2018).

As dependências físicas da escola contam com uma sala de direção, sala de orientação, sala de secretaria, sala de professores, sala de almoxarifado, laboratório de informática (PROINFO), laboratório Biologia/Química e Física, cozinha, cantina, refeitório, sala de biblioteca, quadra de esportes coberta, depósito de merenda, sanitário masculino e feminino, além de quinze salas de aula. Para a parte física e científica da escola, são reconhecidas algumas necessidades, como:

Os equipamentos físico-pedagógicos utilizados no processo educativo se encontram em sua maioria funcionando parcialmente e necessitando de atualizações, tais como televisões pendrives, equipamento de projeção multimídia, laboratório escolar de biologia, Física e Química necessitando de materiais básicos de uso geral. O acervo de biblioteca escolar precisa ser implementado com atualizações (PPP, 2018, p. 16).

Nos recursos humanos, há uma diretora que trabalha no período matutino e noturno e uma diretora auxiliar no período vespertino. Há também professores pedagogos dos períodos matutino, vespertino e noturno, além de 37 professores com Licenciatura Plena e Especialização e 11 funcionários dos setores técnico-administrativos. A escola conta com apoio de várias instâncias colegiadas conforme abordado no PPP, tais como a Associação de Pais, Mestres e Funcionários- APMF, o Conselho Escolar, o Grêmio Estudantil e o Conselho de Classe.

As turmas de Ensino Médio possuem uma média de 30 alunos, com exceção de um primeiro ano que possui em torno de 50 alunos. A turma participante desse estudo, que foi uma turma de segundo ano do período matutino, possui 30 alunos que frequentam ativamente as aulas. As aulas de Química para esta turma em específico, são ministradas às terças-feiras, no horário das 07h30minh às 08h20minh e das 10h15minh até 11h05minh ou seja, a primeira e a quarta aula.



Segundo o PPP do colégio, a situação econômica da comunidade escolar está desta forma representada:

A clientela é constituída por alunos trabalhadores rurais, filhos de pequenos agricultores, por trabalhadores assalariados, sobretudo na indústria moveleira e comércio local, bem como por trabalhadores na pecuária e avicultura, em granjas de aves ou suínos. As famílias se constituem em classe média e baixa, cujo grau de instrução da maioria aponta apenas o 1º grau, na maior parte incompleta (PPP, 2018, p. 13).

A maioria dos alunos utiliza transporte escolar, o que prejudicou um pouco o início das atividades com eles, já que a maioria chegava um pouco atrasada, necessitando esperá-los para então iniciar as atividades. Dos 30 alunos, cerca de 10 conseguiam chegar no horário, sendo necessária uma espera de aproximadamente 10 min para o início das aulas.

#### **4.2 Procedimentos de construção dos dados**

Como instrumento de construção de dados foi utilizado a observação, uma vez que ela possibilita o contato pessoal e direto do pesquisador com o ambiente estudado. Segundo Lüdke, André (2013), a experiência direta é uma das maneiras mais eficazes no processo de verificação das ocorrências de determinado fenômeno, pois desta forma, o pesquisador poderá recorrer aos seus conhecimentos e experiências pessoais para nortear a construção, análise e interpretação de dados, tendo sempre como base o referencial teórico-metodológico do estudo. Além da observação, foi utilizada ainda a análise documental, a qual se constitui como uma técnica fundamental de abordagem dos dados qualitativos, identificando alguma informação obtida nos documentos para realizar o estudo a partir de indagações ou hipóteses de interesse (LÜDKE, ANDRÉ, 2013).

Com base nos pressupostos que fundamentam a Pedagogia Histórico-Crítica, foi elaborado em um primeiro momento um Plano de Unidade (Apêndice A) que teve um papel importante no planejamento, desenvolvimento e avaliação da intervenção. Este plano contempla um conjunto de aulas onde consta os objetivos, tópicos de conteúdo, questões problematizadoras, ações didático-pedagógicas, recursos e estratégias de avaliação necessárias para a compreensão crítica e ampliada do conteúdo. Ao longo do processo, foram também utilizados questionários

que serviram como diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos, bem como a avaliação de sua aprendizagem. Partindo deste ponto, foram elaborados também os demais instrumentos de avaliação que tinham por objetivo analisar tanto a aprendizagem dos alunos quanto as práticas pedagógicas utilizadas.

O conjunto de aulas foi aplicado em 4 semanas, sendo que foram destinadas 3 horas/aula para o tópico 1, 4 horas/aulas para o tópico 2 e 1 hora/aula para o tópico 3.

Tendo o Plano de Unidade como norte para o desenvolvimento das atividades, foi apresentado ao professor regente da turma e aos estudantes os objetivos do estudo, de modo a obter o consentimento para a realização da pesquisa-intervenção. Foi entregue aos estudantes um “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” (Apêndice B) que foi lido e assinado por cada aluno antes do início das atividades.

Os instrumentos de construção de dados foram escolhidos de acordo com os pressupostos da Pedagogia Histórico-Crítica. O primeiro instrumento avaliativo foi o Questionário Inicial (Apêndice 1 do Plano de Unidade), tendo como questionamentos o que os alunos sabiam sobre o conteúdo de radioatividade e suas particularidades. O questionário inicial foi desenvolvido individualmente e tinha por objetivo fazer um diagnóstico dos conhecimentos de prévios/de senso comum dos alunos. Além deste foram elaborados mais dois questionários, um sobre o primeiro tópico do Plano de Unidade, que se refere a história da radioatividade, e o questionário final, que apresenta as mesmas questões que o questionário inicial, pois de acordo com os pressupostos da Pedagogia Histórico-Crítica, este questionário serviu para avaliar os conhecimentos aprendidos pelos estudantes e seu avanço em termos de conhecimento científico ao longo de toda a intervenção (Apêndice 1 do Plano de Unidade).

Todas as aulas foram gravadas em dispositivo de áudio, a fim de analisar as falas e comentários dos estudantes. Algumas atividades encaminhadas como tarefa que deveriam ser desenvolvidas fora do período escolar não foram realizadas por todos os alunos em função da escassez de tempo e também pelas dificuldades apresentadas por eles, principalmente considerando a relação entre conceitos e os pré-requisitos matemáticos necessários à compreensão dos conteúdos.

### 4.3 Procedimentos de análise dos dados

Ao final, de posse de todos os dados considerados necessários, partimos para a terceira e última etapa deste trabalho: a análise e interpretação dos dados obtidos. Conforme explicita Lüdke e André (2013), analisar os dados significa lidar com todo o material obtido durante a pesquisa por meio das observações, entrevistas e demais fontes utilizadas. Esta tarefa implica na organização dos materiais e na revisão e reavaliação dos estudos feitos inicialmente, a fim de que seja possível pensar e elaborar novas ideias.

Neste estudo utilizamos como técnicas de análise de dados a triangulação e a categorização de dados. Segundo Lüdke e André (2013), a triangulação envolve a comparação dos dados obtidos por diferentes fontes, a partir da qual é possível construir um conjunto de categorias tendo como sustentação os objetivos propostos e o referencial teórico. Nessa perspectiva a triangulação de dados permite validar os dados da pesquisa, os quais poderão ser categorizados segundo os objetivos específicos da intervenção. Outra técnica se refere à categorização de dados, um processo analítico que agrupa os dados coletados na pesquisa ajudando a organizar, separar, classificar e validar os dados construídos pelos instrumentos de coleta de dados. Para Lüdke e André (2013), o pesquisador precisa ir além de uma mera descrição, buscando realmente acrescentar algo importante na discussão do assunto. Por isso ele terá de analisar os dados, "tentando estabelecer conexões e relações que possibilitem a proposição de novas explicações e interpretações" (LÜDKE, ANDRÉ, 2013, p.49).

O quadro a seguir apresenta a relação entre as categorias de análise criadas, os objetivos específicos do Plano de Unidade e as fontes de dados:

**Quadro 1 – Objetivos específicos da pesquisa articulados com as fontes dos dados e as categorias de análise.**

<b>CATEGORIA DE ANÁLISE 1</b>	
Objetivo Específico	Fazer uma breve introdução sobre as descobertas do núcleo e dos raios x, os trabalhos de Ernest Rutherford e Becquerel, além das descobertas de Marie e Pierre Curie, a fim de poder entender o motivo pelo qual a radioatividade se tornou tão importante.
Questões do Questionário Inicial	Apêndice 1 do Plano de Unidade

Questões Inerentes ao Tópico 1	Apêndice 2 do Plano de Unidade
Fontes de Dados	- Discussão Oral; - Questionário Inicial; - Questionário Final de Tópico de Conteúdo; - Gravações de Áudio; - Observações.
Categoria de Análise	Partindo da Prática Social Inicial: Introdução Histórica à radioatividade
<b>CATEGORIA DE ANALISE 2</b>	
Objetivo Específico	Revisar os conceitos relacionados com a composição do núcleo dos átomos e com a definição de isótopos. Classificar os tipos de núclídeos, além de evidenciar as propriedades características do núcleo de um átomo, como, por exemplo, raio atômico e massa atômica. Por fim, definir energia de ligação dos núcleons do átomo. Explicar os conceitos químicos e matemáticos de decaimento radioativo, tempo de meia-vida, decaimento Alfa, Beta e Gama, os valores de massa de núclídeos estáveis e radioativos. Compreender as leis de Emissões Radioativas e conceitos básicos sobre datação radioativa. Explicar o que é fissão nuclear por meio dos exemplos relacionados ao processo de fissão nuclear do Urânio, demonstrando modelos, o funcionamento de um reator nuclear e a construção de armas nucleares. Discutir o conceito de fusão nuclear e como ela ocorre nas estrelas. Explicar os efeitos das radiações como raios gama, elétrons e partículas alfa nos seres vivos e discutir os usos mais comuns da radioatividade, tanto nas indústrias quanto na agricultura, nos alimentos e na geração de energia.
Fonte de Dados	- Discussão Oral Dialogada; - Resolução de Exercícios; - Observações; - Gravação de Áudio.
Categoria de Análise	Problematizando a Prática Social e Instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais: Ensino de Isótopos, radionúclídeos, decaimento radioativo, reações nucleares, além dos efeitos da radiação e os usos da radioatividade.
<b>CATEGORIA DE ANALISE 3</b>	
Objetivo Específico	Retomar os tópicos estudados e aprendidos durante o desenvolvimento das aulas através do questionário final de Plano de Unidade, na qual abordará todo o conteúdo apresentado, analisando e avaliando o aprendizado pela apropriação do conteúdo por parte dos estudantes.

Questões do Questionário Final	Apêndice 1 do Plano de Unidade
Fontes de Dados	- Questionário Final; - Observações.
Categoria de Análise	Retornando a Prática Social: A importância do conteúdo para a compreensão e transformação da realidade.

Fonte: Autoria própria.

Cabe destacar alguns acontecimentos que não puderam ser previstos no planejamento inicial, como, por exemplo, a dificuldade dos alunos em resolver exercícios utilizando matemática básica e a falta de compromisso deles em resolvê-los em casa. Devido a isso, foram necessárias medidas que pudessem amenizar as perdas no processo, tais como a resolução de exercícios previstos para tarefa de casa em sala de aula. Estes exercícios se referem ao cálculo das Energias de Ligação e massa dos núcleos radioativos previstos no Tópico de Conteúdo 3 (apêndice 3 do Plano de Unidade). Isso, por sua vez, comprometeu o tempo destinado para desenvolvimento do Plano de Unidade, tendo em vista que as atividades desenvolvidas até então já haviam tomado boa parte do planejamento do professor. Por esse motivo, algumas questões não puderam ser tratadas com o devido rigor.

Com relação à aplicação dos questionário inicial e final alguns alunos obtiveram respostas idênticas aquelas da internet. Seria interessante ter frisado com os alunos a importância de se utilizar os debates de sala de aula e o conteúdo anotado no caderno, bem como ter conversado com antecedência sobre o uso de celulares durante as aulas. Muitas das respostas apresentadas pelos alunos se assemelharam entre si, tanto no questionário inicial como no questionário final. Por isso foi necessário a seleção de apenas algumas respostas para a análise dos dados.

Todas as respostas foram analisadas seguindo alguns critérios importantes. Esses critérios foram organizadas da seguinte maneira: respostas que evidenciaram a compreensão do conteúdo pelos estudantes, respostas que evidenciaram a compreensão parcial do conteúdo pelos estudantes e respostas trazidas de maneira equivocada e que nevidenciaram a não compreensão do conteúdo pelos estudantes.

Foi gerado logo após a análise dos dados um quadro comparativo com relação aos conhecimentos que os alunos sabiam, mostrados no questionário inicial, com o

que eles aprenderam, mostrados no questionário final, afim de evidenciar o quanto esses alunos se apropriarão dos conhecimentos ou não, de acordo com suas respostas.

Com relação às aplicações das atividades seguindo o Plano de Unidade, foram tomadas algumas medidas éticas, como, por exemplo, a assinatura do “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” (Apêndice B) por parte de todos os estudantes que participaram das aulas. Todas as informações coletadas foram utilizadas unicamente para os devidos fins deste trabalho. Na análise dos dados, o nome dos alunos foi substituído por códigos a fim de manter em sigilo suas identidades.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O plano de aula foi desenvolvido com base em um planejamento, onde todas as aulas e tópicos de conteúdo foram incorporados nos cinco momentos pedagógicos defendidos pela Pedagogia Histórico-Crítica: a Prática Social Inicial, Problematização, Instrumentalização, Catarse e Prática Social Final. O planejamento, de acordo com Vasconcelos (2012), consiste em antecipar uma ação a ser realizada, como neste caso, as aulas ministradas, e agir de acordo com que foi previsto.

Os cinco momentos pedagógicos envolvem planejamento e são uma forma de tornar o conteúdo mais organizado para o pesquisador, a fim de facilitar seu desenvolvimento em sala de aula. Eles podem estar dispostos em uma sequência no plano de aula, mas são trabalhados de maneira simultânea. O questionário inicial e os debates realizados em sala de aula, bem como o desenvolvimento das aulas serviram como base para elencar conteúdos sobre radioatividade que evidenciaram, além dos conhecimentos científicos, os aspectos sociais que se relacionam com o tema. Conforme afirma Gasparin (2012), é preciso que o professor saiba desenvolver o trabalho pedagógico de maneira mais adequada, fazendo com que o aluno perceba a importância dos conteúdos trabalhados e sua relação com sua realidade e com a prática social mais ampla.

Durante todas as aulas foram feitos questionamentos com relação ao conteúdo teórico, abordando questões problematizadoras de cunho científico, conceitual, histórico, social, econômico, educacional e de saúde. Essas questões serviram como base para saber quais os conhecimentos prévios que os alunos tinham sobre o assunto tratado. Alguns recursos previstos para a utilização, como os simuladores interativos, não foram utilizados devido à falta de internet na escola, levando o pesquisador a utilizar-se de outros recursos para explicar com detalhes o assunto trabalhado. Por fim, foram aplicadas as avaliações - tanto questionários como as discussões feitas em sala - que serviram como base para monitorar o processo e apropriação dos conteúdos pelos estudantes.

A seguir, apresentamos as categorias de análise que contemplam a análise dos dados com base no planejamento realizado e na pesquisa-intervenção realizada.

### 5.1 Partindo da prática social inicial: introdução histórica à radioatividade

A prática social inicial se configura como o processo inicial de apresentação do conteúdo. Nesse momento inicial os alunos devem compreender que os assuntos trabalhados são importantes para sua aprendizagem e que tem uma constante relação com a prática social. É importante salientar que esta etapa não engloba apenas os conhecimentos prévios que o aluno possui, mas também todos os parâmetros sociais e culturais da sociedade em relação ao conteúdo, salientando sua importância.

O início das atividades e desenvolvimento do conteúdo de radioatividade se deu por meio de questões escritas (questionário inicial) que foram posteriormente discutidas em sala de aula. Essas questões contemplaram todo o conteúdo a ser desenvolvido e serviram como diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos. Antes, porém da aplicação do questionário inicial e do início da intervenção, foram explicados quais conteúdos seriam trabalhados e como as atividades seriam desenvolvidas em sala de aula, assim como sua importância para o aprendizado.

O questionário inicial foi entregue a cada aluno e pedido para que o respondessem individualmente, pois o objetivo deste questionário era saber o que os alunos tinham de conhecimento sobre o tema e, a partir disso, propor a discussão sobre as questões evidenciadas. Terminada a escrita partimos para a discussão das ideias, na forma de debate oral, a fim de podermos identificar de maneira mais detalhada os seus conhecimentos.

A primeira questão do questionário inicial requisitava aos alunos que explicassem a diferença entre a radiação e radioatividade e citassem alguns exemplos. Das 30 respostas obtidas, apenas uma contemplou de fato a diferença entre radiação e radioatividade. O Aluno A7, respondeu que “A radiação é uma forma de propagação de energia, ao passo que a radioatividade se refere a atividade dos átomos e suas partes”.

Abaixo apresentamos algumas respostas que definiram parcialmente ou de maneira correta o que é radiação, trazendo, porém, uma definição errônea de radioatividade:

*A6: Radiação é a propagação de energia, como em objetos e minérios que o emitem e diversos elementos.*

*A radioatividade é o termo utilizado para definir a escala de radiação de elementos químicos e locais.*



*A9: Radiação é ligada a energia, e radioatividade é uma substância química.*

*A12: A diferença entre radiação e radioatividade é que radiação se refere à energia e radioatividade é uma substância química, que ao entrar em contato com o ser humano, pode causar um estrago. Ex: Celular, TV e radioatividade bomba e algum metal específico.*

*A13: Radiação é uma energia liberada, propagação de calor, celular, raios-x, entre outros liberam radiação. Radioatividade – Chernobyl, por exemplo.*

*A17: Radiação se refere à propagação de energia, já a radioatividade seria uma força de energia em grande escala, exames de Raios-X, Usinas como Chernobyl.*

*A18: Radiação: podemos encontrar as micro-ondas aonde existe a transmissão de energia como no celular. Radioatividade: encontramos em substâncias químicas devastadoras como em bombas nucleares.*

*A19: Radiação é a energia transmitida pela matéria, e radioatividade é a transmissão dessas energias calculadas.*

Observando os excertos acima, podemos notar que os alunos souberam definir radiação, mesmo que parcialmente, mas tiveram um pouco de dificuldade com relação à radioatividade. Foram 10 alunos que definiram radioatividade como sendo uma forma de calcular a radiação no ambiente, em especial os alunos A6, A17, A19, que provavelmente associaram as palavras atividade e radiação, dado que a própria palavra parece ter esse sentido (atividade de radiação) baseando-se nos conhecimentos do senso comum. Segundo Gomes (2015), a radioatividade se configura como sendo um campo de estudo aplicado à compreensão dos fenômenos envolvendo núcleos de átomos instáveis (ou seja, radioativos) que emitem radiação, decaindo e se transformando em outros núclídeos mais estáveis.

Os alunos A9, A12 e A18, definiram a radioatividade como sendo uma substância química que é muito prejudicial ao ser humano. Essas definições podem revelar o fato de os alunos acreditarem que a Química é algo prejudicial, associando-a as bombas nucleares “devastadoras”, além de não terem uma compreensão mais ampla dos fenômenos relacionados às reações nucleares. A sociedade em geral sempre relaciona o termo radioatividade com algo considerado prejudicial, conforme apontam Ricardo, Passos, (2016), a mídia e outros meios informais acabam por trazer o conceitos de radioatividade sempre no lado negativo,

deixando por vezes de comentar a sua importancia na formação dos alunos e na construção da conhecimentos científicos do tema, uma vez que este tema abrange vários aspectos da sociedade.

Outras questões trouxeram uma explicação correta ou parcialmente correta de radioatividade, mas com a definição de radiação equivocada, como por exemplo, os excertos dos alunos a seguir:

*A1: A radiação seria a ação que seria causada por ela um exemplo seria Chernobyl. Hoje em dia a radiação predomina já a radioatividade seria um material radioativo, exemplo Urânio.*

*A8: Radiação, um gás tóxico que faz transformações propagadas de energia e a radioatividade é um fenômeno pela qual ocorre a emissão da Radiação por núcleos de átomos.*

O aluno A1 definiu a radioatividade como sendo um material radioativo, estando a resposta parcialmente correta, uma vez que não é possível saber se ele está trazendo uma definição ou um exemplo, uma vez que ambas as definições não estão pontuadas de maneira compreensível. As duas respostas revelam termos científicos, ou seja, termos que não se baseiam no senso comum, geralmente usado pelo professor ou pela comunidade científica para explicar determinado conteúdo científico. São eles: emissão (um sinônimo de propagação ou liberação) e o elemento químico Urânio, que é normalmente utilizado como combustível de reator nuclear. Embora a resposta do Aluno A1 não esteja totalmente correta, é interessante o fato de ele ter citado o Urânio como sendo uma material radioativo, mesmo que o isótopo utilizado nos processos de fissão em uma usina nuclear seja o Urânio-235 (PERUZZO, CANTO, 2003).

Um aluno definiu a radiação como sendo a “ação causada por ondas fortes”, porém estas ondas seriam “de eletricidade”. Este mesmo aluno definiu a radioatividade como uma forma de “quantificação da radiação em um determinado ambiente”, outra resposta baseada no senso comum, definindo de maneira errada a etimologia da palavra. O aluno A15 citou que a energia poderia ser “térmica”. De acordo com as duas respostas pode-se perceber o quanto os alunos associaram um conhecimento de energia que eles já haviam visto/ouvido e estudado com um conceito completamente novo, que é a energia nuclear. A radiação, conforme explicado em sala de aula, é uma forma de transmissão de energia, seja por

partículas ou ondas eletromagnéticas. Elas podem ser de duas naturezas distintas: radiações particuladas, como por exemplo, as radiações alfa, beta e até mesmo prótons, nêutrons e elétrons, e as radiações eletromagnéticas, constituídas por radiação gama, raios-x, ultravioleta e as demais constituintes do espectro eletromagnético (GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES, 2008).

Complementando as definições que se referem a radiação e radioatividade, essas partículas emitidas não apresentam uma relação direta com o conceito de eletricidade, já que a radioatividade trabalha a emissão de radiação do núcleo de um átomo, enquanto que a eletricidade está ligada ao movimento ou não de cargas elétricas fracamente ligadas ao núcleo atômico (elétrons). Já o conceito térmico pode estar associado à interação entre a radiação e a matéria, pois é natural ao aluno entender que a radiação pode transferir energia para as superfícies manifestando um aumento de temperatura (NOVAIS, ANTUNES, 2016).

Conforme explica Gonçalves, Faria e Gonçalves, (2008), há uma diferença entre as reações nucleares e as reações químicas, sendo que a primeira está associada ao núcleo de um átomo e suas particularidades, e este núcleo pode se transformar em outro núcleo mudando o elemento químico. Já nas reações químicas, os núcleos são conservados do início ao fim da reação, podendo haver mudanças somente nos elétrons da eletrosfera.

Dos alunos que responderam de maneira errada, ou seja, não abarcaram uma definição de radiação e radioatividade, seja ela correta ou parcialmente correta, podemos destacar:

*A3: Radiação é um gás tóxico que prejudica o humano e pode levar a morte.*

*A4: Radiação quantidade de Energia em grande escala.  
Radioatividade.*

Ambos não trouxeram a definição de radioatividade, mas suas respostas definindo radiação podem trazer uma análise interessante, uma vez que eles associaram a radiação provavelmente com os eventos relacionados à Chernobyl e as bombas atômicas lançadas pelos Estados Unidos nas Cidades de Hiroshima e Nagasaki no final da Segunda Guerra Mundial. Os termos “quantidade de energia em grande escala” não só usados por A4, mas também por outros evidenciados

anteriormente denota o fato de os mesmos pensarem na radioatividade (ou radiação, neste caso) como sendo algo “grande”, “devastador”, de proporções “gigantescas”, igual aos eventos antes mencionados. O aluno A3 definiu a radiação como um tipo de gás tóxico, até porque ele não tinha conhecimento das propriedades do núcleo atômico, associando a algo que para ele fazia sentido.

A questão dois solicitava aos alunos que respondessem quais são os marcos históricos relacionados à descoberta da radioatividade. Das 30 respostas, 29 foram relacionadas ao acidente nuclear de Chernobyl e uma única resposta relaciona aos acontecimentos da Segunda Guerra Mundial, provavelmente associando as bombas atômicas.

*A2: Um dos marcos Históricos que a maioria das pessoas conhecem é Chernobyl, bomba nuclear.*

*A7: Os marcos históricos relacionados à descoberta da radioatividade foi acontecimentos da Segunda Guerra Mundial.*

Em duas respostas, além dos exemplos de Chernobyl, foi também citado o acidente com céσιο-137, no Brasil. Neste exemplo abaixo aparecem traços do senso comum, como relacionar o Césio 137 com “pedra azul”:

*A14: O marco mais Histórico foi a explosão dos reatores em Chernobyl, na Rússia. E no Brasil, com o Césio, pedra azul, encontrada por mecânicos.*

Outro aluno, A6, apontou como marco histórico o uso da radioatividade pelo homem na construção de Usinas Nucleares e na produção de Energia.

*A6: A descoberta da radioatividade influenciou em criação de usinas, bombas e hoje é muito utilizada para se obter mais meios de como fornecer e utilizá-las em áreas de energia. Outros acidentes que também marcaram a história, como a de Chernobyl.*

Todas as respostas foram relacionadas aos acontecimentos que ocorreram após a descoberta da radioatividade, pois eles lembravam apenas de acontecimentos como de Chernobyl e das bombas atômicas, acontecimentos históricos de grande proporção que foram levados a público pela sociedade. Todavia, conforme afirma Lima, Pimentel, Afonso (2011) a descoberta da

radioatividade se deu por Henri Becquerel pelo uso do elemento químico Urânio que, naquela época, não se sabia que emitia radiações. Pouco tempo depois, Marie Curie descobriu as propriedades da radioatividade e que átomos instáveis emitiam radiação através do núcleo atômico.

Na questão três os estudantes foram solicitados a explicar os tipos de decaimento radioativo, dos quais 23 apenas citaram os tipos de decaimentos “Alfa, Beta e Gama”, sem, porém, saber como explicá-los. O restante dos alunos não soube responder, deixando a questão em branco. Este conteúdo foi posteriormente explicado nos tópicos 1 e 3 do plano de unidade, esclarecendo cada tipo de decaimento radioativo.

Os tipos de decaimento mais comuns são os decaimentos Alfa, Beta e Gama. No decaimento Alfa, os núcleos emitem partículas Alfa, constituídas por núcleos de Hélio, ou seja, dois prótons e dois nêutrons, se transformando em outro núcleo diferente. No processo de decaimento de partículas Beta, o núcleo se transforma em outro núcleo emitindo um neutrino e um elétron ou um pósitron. Quando é emitido um elétron, este tipo de decaimento é chamado de Beta menos ( $\beta^-$ ), já quando é emitido um pósitron, o decaimento é Beta mais ( $\beta^+$ ). O decaimento Gama é a emissão de radiação gama pelos núcleos de um átomo radioativo, sendo uma radiação eletromagnética suas propriedade de penetrabilidade são mais fortes se comparado às radiações alfa e beta (NOVAIS, ANTUNES, 2016).

Na questão de número quatro era solicitado que citassem as aplicações da radioatividade no mundo atual. Todos os alunos citaram exemplos do uso da radiação, como, por exemplo, em aparelhos eletrônicos, em micro-ondas, ou até mesmo na produção de energia em Usinas Nucleares, como descrito nos excertos a seguir:

*A1: Micro-ondas, usinas nucleares, celulares, raios-x.*

*A3: Celulares, micro-ondas, baterias.*

*A4: Muitos aparelhos eletrônicos do nosso dia a dia. Exemplo: Micro-ondas, celular e podemos citar as usinas nucleares.*

Esses exemplos trazidos pelos alunos são interessantes, uma vez que eles não tiveram contato com o conteúdo de radioatividade até então, mas mesmo assim conseguiram evidenciar os usos na medicina, indústria, produção de energia, etc.

Os alunos A5 e A8 responderam que existe radioatividade “no solo” e em

“baterias”, respectivamente. De fato, o solo pode conter materiais radioativos em pequenas quantidades, como, por exemplo, em jazida de granito contaminado com o isótopo radioativo de Tório, porém no segundo caso isso não acontece, pois as baterias são compostas por substâncias que sofrem reações químicas a partir dos elétrons do átomos, sem influenciar ou modificar as propriedades nucleares.

*A5: No solo, em aparelhos de raios-x, em alguns eletrodomésticos como micro-ondas, celulares, usinas nucleares.*

*A8: Baterias, micro-ondas, TV, celulares, eletrodomésticos em geral, maquinas de raios-X. Usinas nucleares, nos alimentos em sua conservação.*

Foram 22 alunos que citaram, além das respostas pontuadas nos excertos anteriores, as aplicações da radioatividade nas áreas de “conservação de alimentos”, conforme descrito abaixo:

*A9: Na área da medicina e usina e na conservação de alimentos.*

*A14: A radioatividade está presente em tudo, porém em baixa quantidade, como nos aparelhos eletrônicos e raios-x e na conservação de alimentos.*

A quinta questão pedia aos estudantes que citassem quais os problemas causados pela exposição da radiação no corpo humano. Dentre as respostas obtidas, 27 alunos responderam que os problemas poderiam ser algum tipo de “deformação e câncer”, comentando também outros tipos de doenças relacionadas. Das respostas obtidas, 6 foram mais aprofundadas, citando, além destes fatores, mutações genéticas, queimaduras e morte.

*A1: Queimaduras e deformação*

*A2: Se um ser humano for exposto a radioatividade ele sofre muitos danos podendo levar a morte, pode causar queimaduras, deformações, falta de ar entre muitas outras coisas.*

*A3: As pessoas podem ficar deformadas, sofrer transformações no corpo e que é exposta a radiação pode também ter câncer.*

*A4: Com a exposição à radiação o corpo humano sofre graves queimaduras, problemas nos órgãos e podem ocorrer mutações.*

*A5: Manchas, perda de membros do corpo, câncer, deformidade, mutação.*

*A12: Os problemas que causam no corpo são queimaduras, câncer entre outros.*

Outras respostas evidenciaram os problemas da exposição à radiação a longo e curto prazo, evidenciando também os fatores genéticos dessa exposição:

*A6: A exposição de radiação no corpo humano pode causar diversos problemas à saúde, tanto em longo prazo, quanto em curto prazo (depende do quanto à pessoa se expôs), como doenças, Câncer, mutações genéticas em criamos e entre outros.*

*A7: Mutações genéticas e resultados desta mutação, além da possibilidade de destruição do DNA.*

*A8: Perda de característica, corpo deformado. Afeta o bebê se a mulher estiver grávida.*

*A17: A exposição à radiação no corpo humano pode causar deficiências em fetos, se mulheres grávidas forem contaminadas, ou causar aborto, em outros casos à radiação pode provocar doenças, como o câncer, ou até a morte, queimaduras, mutações.*

Uma única resposta nos chamou mais atenção. Nela o aluno A21 apontou que uma das causas à exposição da radiação é a “*alteração psicológica*”, possivelmente alertando para os efeitos psicossomáticos estabelecidos em longo prazo.

Grande parte dos alunos demonstrou ter bastante conhecimento sobre os perigos relacionados à exposição prolongada de radiações no corpo humano. A maioria das respostas foi muito parecida, mas todas estavam corretas de acordo com o que pedia a questão. Segundo Peruzzo e Canto (2003), a radiação, seja ela na forma particulada ou por ondas eletromagnéticas, dependendo do tempo de exposição e da quantidade de radiação, pode ocasionar graves problemas nos seres vivos, pois a radiação atravessa os tecidos biológicos provocando a destruição de células e a alteração do DNA provocando lesões no material genético e podendo gerar até mesmo câncer.

Na sexta questão foi solicitado aos alunos que argumentassem sobre como podemos determinar o ganho de energia em uma reação nuclear. Nessa questão, 17 alunos associaram o ganho de energia ao cálculo da energia pela Equação da Relatividade Geral, citada na apresentação inicial das atividades.

A equação da relatividade geral foi apresentada por Albert Einstein (equação 1) na qual define que a massa está relacionada com a energia, no caso de reações nucleares há uma constante conversão de massa em energia. Onde E, é a energia; m é a massa e c é a constante da velocidade da luz.

$$E = m \times c^2 \text{ (1)}$$

Outros, porém, tiveram respostas diferentes que não foram adequadas ao propósito da questão, como as que seguem abaixo.

*A1: Como relação ao ganho de energia com reações nucleares que liberam grande energia, sem estabilidade onde gera uma grande explosão.*

*A6: Podemos determinar o ganho de energia nas reações nucleares através dos aparelhos de medição.*

*A13: O ganho de energia ocorre com uma separação de moléculas, liberando uma grande quantidade de energia.*

*A16: As reações nucleares apresentam diversas formas que ajudam- nos a caracterizar sua reação.*

Em uma reação nuclear, em especial a reação de fusão nuclear, ocorre à junção de dois núcleos formando um núcleo maior e liberando grande quantidade de energia. Essa energia é liberada porque a massa do núcleo formado é bem menor que a soma das massas dos núcleos iniciais. Essa massa, que é perdida, é convertida em energia, conforme é explicado na equação da relatividade geral de Albert Einstein. Essa energia é carregada nos produtos da fusão nuclear (HALLIDAY, RESNICK, 2014).

Na última questão foi solicitado aos alunos que respondessem o que é datação radioativa, além de explicar a relação entre o número de decaimentos e o tempo. Dois alunos explicaram se tratar do “*início das atividades radioativas*” enquanto cinco alunos responderam de maneira mais apropriada, como sendo o “*tempo que um elemento se mantém radioativo*”, como é o caso dos alunos A5 e A7. As respostas eram bem parecidas, então foi necessário separar algumas respostas que foram um pouco mais detalhadas, como as apresentadas a seguir:

*A13: Como o passar do tempo, o nível de radiação vai diminuindo, sendo levado pelo vento ou se juntando em outro elemento.*

*A14: A datação radioativa se resume no uso da radiação para calcular a idade de algo.*



*A23: Datação radioativa é a data que aconteceu alguma radioatividade. Conforme os tempos têm duas semelhanças, ou aumento da radioatividade ou diminui, com os aparelhos tecnológicos.*

É possível determinar a idade de alguns materiais com base na taxa de decaimento de um isótopo radioativo, como por exemplo, a datação de fósseis através da medida de decaimento do isótopo radioativo carbono-14. Este isótopo está presente nos seres vivos e faz parte de sua estrutura celular, enquanto vivos a quantidade deste isótopo é constante, depois da morte ele passa a decair. Como a meia-vida do carbono-14 já é conhecida, cerca de 5730 anos, é possível calcular em que tempo certo indivíduo morreu (FARIAS, 2002).

Durante as discussões orais realizadas em sala de aula os alunos colocaram em pauta suas respostas do questionário inicial de maneira muito parecida as respostas escritas. Um dos alunos acabou comentando que a diferença entre radiação e radioatividade é que a primeira se trata da propagação de energia, enquanto que a outra é um método de quantificação da energia. A relação da energia com a radioatividade foi muito comum em todas as respostas, uma vez que os alunos associaram os eventos de Chernobyl e das bombas atômicas à radioatividade. Com relação aos exemplos sobre radiação, um dos alunos citou o uso de raios-X, enquanto outros alunos citaram o uso de celulares e demais aparelhos eletrônicos.

Sobre os eventos que marcaram a radioatividade, os alunos não tinham ideia de como responder, uma vez que o único exemplo citado foi Chernobyl, até porque eles não conheciam como se deu a descoberta da radioatividade e tampouco quem eram Marie Curie e os demais descobridores. Por meio das discussões os alunos puderam compreender melhor as relações e definições de radiação e radioatividade. As perguntas sobre energia nuclear foram um pouco confusas para os alunos, necessitando o pesquisador explicar as relações de energia e, posteriormente, em outras aulas, explicar o conteúdo com mais detalhes.

Com base na análise das respostas acima apresentadas podemos observar como as respostas estavam bastante relacionadas ao senso comum, uma vez que os conteúdos científicos ainda não tinham sido aplicados.

Pautado na realidade inicial dos alunos, entramos em um novo momento

pedagógico, a Problematização, discutida com mais detalhes na próxima seção. De acordo com Gasparin (2012), é nessa parte que se inicia a discussão do marco teórico, elencando as questões de dimensões conceitual, científica, social, ambiental, entre outras, que são fundamentais para o encaminhamento do processo de ensino-aprendizagem. Essas questões problematizadoras, abordadas em diferentes dimensões, estão descritas no plano de unidade.

## **5.2 Problematizando a prática social e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais**

Partindo do conhecimento inicial dos alunos, diagnosticado a partir do questionário inicial e das discussões orais, partimos para o próximo momento pedagógico: a Problematização. Nesta etapa é possível criar uma aproximação entre o conhecimento geral dos alunos e o conhecimento científico que se pretende ensinar pelo professor. Deve-se, além disso, priorizar e evidenciar os problemas surgidos na prática social para que essas questões sejam resolvidas.

Segundo Saviani (2008), a Problematização é o primeiro momento de trabalho com o conteúdo, ou seja, com o conhecimento sistematizado, colocando-o a disposição dos estudantes para que os mesmos, o assimilem e o recriem. Desta maneira com conhecimentos assimilados e relacionados com os saberes cotidianos, poderá haver uma possível solução das questões postas pela prática social.

O terceiro momento pedagógico, também evidenciado no plano de unidade, é a Instrumentalização. Este momento consiste na apropriação do conhecimento por meio das questões mostradas na prática social e estruturadas na problematização. Esses conhecimentos não são aprendidos de maneira mecânica, mas avançam por intermédio da mediação do professor e das constantes atividades mentais exercidas pelos estudantes. Por isso que as ações didático-pedagógicas são importantes nesse processo, uma vez que os conhecimentos de senso comum dos alunos serão ampliados, chegando a um novo nível de desenvolvimento, complexo, abrangente e científico (GASPARIN, 2012, p.50)

### **5.2.1 Ensino de isótopos, radionuclídeos e reações nucleares**

No primeiro tópico de conteúdo trabalhamos uma pequena introdução a

história da radioatividade discutindo sobre as descobertas feitas pelos pesquisadores sobre radioatividade. Ao final desse tópico (trabalhado em 3 horas/aula) foi solicitada aos alunos a resolução de um questionário no final do tópico, conforme abordado no Plano de Unidade. Este questionário compôs uma das avaliações intermediárias e foi encaminhado como tarefa de casa, a fim de avaliar o que os estudantes haviam compreendido sobre a primeira parte do conteúdo. Um problema observado durante a aplicação dessa atividade foi que a maioria dos alunos não resolveu os exercícios solicitados, alegando que se esqueceu de fazer ou que as atividades eram “muito difíceis”. Dos 30 alunos que estavam em sala, apenas 9 fizeram os exercícios e entregaram. Foi por isso que pensamos em um novo meio de trabalhar essas avaliações. Alguns questionários foram trabalhadas em sala de aula, enquanto outros foram abordadas na forma de exercícios, onde o professor-pesquisador desenvolvia suas ideias junto com os alunos a cada final de tópico de conteúdo e no decorrer das aulas.

No tópico 2 “Ensino de Isótopos, Radionuclídeos e Reações Nucleares” (trabalhado em 4 horas/aula), trabalhamos algumas definições e composição dos núcleos atômicos. Nesse tópico verificamos que os alunos apresentaram um pouco de dificuldade em correlacionar as definições, como por exemplo, a diferença entre nuclídeos e núcleons. Também foi possível verificar que eles não demonstraram muito interesse sobre essa parte inicial do conteúdo, já que esta parte abordou apenas a dimensão científica do tema. Neste sentido, seria interessante a inclusão da resolução de mais exemplos em sala de aula no que se refere ao cálculo do raio dos núcleos e das energias de ligação, já que poucos exercícios sobre o assunto foram abordados. Na segunda parte desse tópico, que abordava o decaimento radioativo e as reações nucleares, foi bastante evidente o quanto os alunos compreenderam o processo de decaimento, uma vez que foram desenvolvidas algumas equações químicas de representação. A partir da observação da tabela periódica os alunos puderam melhorar a compreensão do processo, verificando os elementos químicos gerados a partir dos decaimentos alfa e beta. Foi possível também observar que os alunos gostaram dessa dinâmica, tendo em vista sua motivação e participação nas atividades desenvolvidas.

Ao final do Tópico, o conteúdo de reações nucleares foi trabalhado por meio de um pequeno vídeo de cerca de 6 minutos intitulado “Bomba atômica e armas

nucleares”, que proporcionou grande participação dos alunos nas discussões. O objetivo do vídeo era mostrar aos alunos um pouco das aplicações da fissão nuclear e o funcionamento de uma bomba atômica, além de evidenciar os aspectos históricos relevantes mostrados no vídeo.

Posteriormente foram conduzidas as resoluções dos exercícios em duas aulas, tendo em vista a grande dificuldade apresentada pelos alunos em resolvê-los. Nas outras duas aulas foram desenvolvidos os conteúdos de decaimento radioativo e reações nucleares. A dimensão trabalhada neste tópico de conteúdo foi primeiramente histórica, tratando dos marcos de desenvolvimento científico, bem como a dimensão científica, discutida a partir dos modelos atômicos com o objetivo de explicar a constituição dos átomos e em especial dos núcleos.

De maneira geral os alunos participaram efetivamente do conjunto de todas as aulas, fazendo perguntas sobre o que era trabalhado em sala de aula. Como o conteúdo abordou diferentes dimensões do conhecimento, eles tiveram a oportunidade de associar o que foi aprendido em sala com os conhecimentos práticos do seu dia a dia e também com as questões mais abrangentes propostas no questionário inicial.

Alguns conceitos referentes ao cálculo da massa ou do número de nêutrons de um átomo foram retomados, pois verificamos que os alunos apresentavam algumas dificuldades e não se lembravam de que já tinham estudado estes conceitos. O professor-pesquisador necessitava retomar com frequência os detalhes, pois os alunos apresentavam dificuldades em compreender termos como núcleons e núcleo. Dessa forma, foi preciso explicar por meio de imagens que núcleon se trata das partículas que compõe o núcleo (em suas formas isoladas), ou seja, os Prótons e Nêutrons separadamente. Já o Núcleo atômico é formado pelo conjunto de núcleons organizados em uma pequena estrutura (Prótons e Nêutrons) (HALLIDAY, RESNICK, 2014).

O primeiro exercício foi discutido com os alunos a fim de saber se eles realmente haviam compreendido a primeira parte desse tópico, que tratava apenas das definições. Alguns alunos pediram para que o pesquisador ditasse as definições de nuclídeos estáveis e de radionuclídeo, tamanha eram as dúvidas apresentadas por eles. Essa dificuldade deve estar associada ao fato de que esta questão exigia um conhecimento um pouco mais elaborado sobre os tipos de decaimento radioativo e suas particularidades, que foi trabalhado posteriormente com mais

detalhes.

Os outros dois exercícios exigiam apenas uma compreensão mais geral sobre as fórmulas de energia de ligação (explicadas nessas aulas) e conhecimento de fusão nuclear. O conteúdo de Fusão Nuclear estava previsto para ser trabalhado nas aulas seguintes, por isso ele não foi abordado nesta primeira etapa. Os estudantes tentaram resolver os exercícios em casa, mas tiveram um pouco de dificuldade. A resolução em sala se mostrou muito adequada, pois os alunos compreenderam melhor e puderam associar os exercícios com o conteúdo já estudado. Alguns fatores importantes merecem destaque, como, por exemplo, o fato de os alunos demonstrarem dificuldade em associar número de prótons e nêutrons com os isótopos do elemento hidrogênio. É importante ressaltar que os dois são os mesmos, pois se temos um átomo de hidrogênio, conseqüentemente teremos um próton.

Na parte de decaimento radioativo, os alunos puderam entender como funcionava os diferentes tipos de decaimento por meio dos exemplos trabalhados em sala de aula e das imagens escolhidas de maneira a trazer um melhor entendimento sobre o assunto. Nesta mesma aula estava prevista o uso de um simulador interativo aplicado ao estudo das formas de decaimento, porém, devido ao tempo escasso e a dificuldades técnicas com a internet local, não foi possível sua utilização. Para otimizar o tempo, exercícios que abordavam conteúdos já consolidados pelos alunos não foram tratados.

A partir dessa intervenção pudemos verificar que boa parte dos alunos resolveram os exercícios em sala de aula e se apropriaram dos conhecimentos discutidos. Alguns deles solicitaram atendimento individual para a compreensão mais detalhada de algumas dúvidas. Desses estudantes que apresentaram dúvidas, foi notável que as maiores dificuldades foram associadas à resolução dos exercícios que exigiam um conhecimento maior aplicado aos cálculos matemáticos. Consideramos que seria importante dispor de mais tempo para resolução desses exercícios, o que se configura como um problema, haja vista a carga horária reduzida destinada à disciplina de Química no Ensino Médio.

### 5.2.2 Efeitos da radiação e os usos da radioatividade

O tópico 3: Efeitos da radiação e os usos da radioatividade (desenvolvido em 1 horas/aula), foi iniciado a partir da retomada dos conteúdos trabalhados, em especial aqueles correlacionados com o decaimento e datação radioativa. Durante o aprofundamento desses conteúdos alguns pontos chamaram a atenção dos alunos, como, por exemplo, a banana, capaz de emitir pequenas quantidades de radiação, assim como a existência das usinas nucleares de Angra I e II, que eram desconhecidas para alguns deles.

Dentre as imagens que mais se destacaram, ressaltamos aquelas que revelam como ficaram as cidades após grandes acidentes envolvendo radioatividade, como os de Chernobyl, Hiroshima e Nagasaki. Dentre os vídeos utilizados, dois ganharam destaque, sendo cada um de aproximadamente 5 minutos. Em um deles, um documentário do Fantástico transmitido pela Rede Globo de Televisão mostra trecho da história das vítimas das Bombas atômicas lançadas na cidade de Hiroshima e Nagasaki. O segundo vídeo trata sobre o acidente com Césio-137 em Goiânia, no Brasil.

Na primeira aula desse tópico foi desenvolvido o conteúdo referente às radiações ionizante e não ionizante, sendo que o primeiro tipo refere-se à emissão de alta energia como raios-x, raios gama e partículas (radiação alfa, beta...) e a segunda forma de emissão trata das radiações eletromagnéticas (ondas de rádio, luz visível, infravermelho, etc). Dando continuidade, foram explicados os tipos de danos que cada radiação provoca nos seres vivos, citando os vários exemplos do passado, como os acidentes nucleares e radiológicos. Na segunda aula, após a aplicação dos vídeos, foram mostrados os usos da radiação pela indústria nas áreas da medicina e produção de energia. Foram também evidenciados os outros assuntos referentes à aplicação e exposição da radiação, finalizando os assuntos com o questionário final (Apêndice 1 do Plano de Unidade).

Nesse tópico foram trabalhadas as dimensões Históricas, a partir da discussão e diálogo dos marcos do conhecimento apresentado, e as dimensões Conceitual/Científica e Social. A dimensão social foi desenvolvida em diferentes aspectos, seja relacionado à saúde – dando ênfase aos cuidados com o destino dos resíduos resultantes do uso da energia nuclear, e quais os perigos que isto poderia causar, bem como no uso indiscriminado da tecnologia nuclear pelas grandes

potências mundiais e como isso poderia afetar toda a humanidade, citando a Guerra Fria e algumas notícias sobre radioatividade no momento atual.

Quando o conteúdo foi apresentado, alguns alunos ficaram admirados e curiosos com relação aos aspectos históricos envolvendo o uso da radiação pelos seres humanos no início do século XX, desde a descoberta e do uso de um isótopo radioativo de rádio, aplicado como cosmético para a pele, até mesmo dos relatos dos sobreviventes de Hiroshima e Nagasaki. Foi notável a participação dos alunos, bem como a curiosidade que o tema despertou. Um exemplo disso pode ser percebido pela pergunta de uma aluna sobre o tema: “existe ainda hoje algum morador naquela cidade?” (após o acidente nuclear de Chernobyl). A partir disso foi explicado que, considerando a quantidade de material radioativo que o reator quatro da usina possuía (cerca de 210 toneladas de Urânio puro), várias medidas foram tomadas com o objetivo de conter o avanço da contaminação, dentre as quais a evacuação e eliminação dos vetores contaminantes da fauna. Ainda hoje as vizinhanças da usina oferecem índices de radiação muito elevados para os seres vivos, sendo que as visitas às regiões vizinhas à usina seguem protocolos rígidos de segurança envolvendo o tempo de exposição (duração do passeio).

Outra questão problematizadora que ganhou destaque ao longo das discussões foi: “Somos expostos a radiação no dia a dia?”. Nesta questão todas as respostas obtidas foram positivas, sendo que alguns alunos citaram exemplos como os celulares e até mesmo o sol.

Durante o desenvolvimento do conteúdo de energia nuclear foi possível perceber que alguns alunos não sabiam quais países utilizam reatores nucleares para a produção de energia. Um dos alunos não tinha conhecimento de que no Brasil existem dois reatores nucleares: o Angra I e o Angra II, localizados no Rio de Janeiro na cidade de Angra dos Reis. Alguns comentários foram levantados, também, no que se refere às vantagens do uso da energia nuclear, como por exemplo, o fato de as usinas nucleares não liberarem os gases que causam o efeito estufa.

Como não houve aplicação de avaliações escritas, optamos por utilizar como instrumento a avaliação oral, baseada nas discussões conduzidas com os alunos a respeito do conteúdo. Cabe ressaltar que em todas as aulas os novos conteúdos foram sempre iniciados por meio de uma questão problematizadora, que visava relacionar os conceitos a uma realidade vivenciada pelo aluno, servindo também

como fonte de dados para avaliação.

### **5.3 Retornando à prática social – a importância do conteúdo para a compreensão e transformação da realidade**

Buscando trazer o entendimento da prática social e possibilitar aos educandos a utilização dos conhecimentos adquiridos, encaminhamos os momentos pedagógicos finais da intervenção - a Catarse e a Prática Social Final. O primeiro trata do processo de síntese dos conhecimentos adquiridos. É nesta etapa que ocorre a efetiva internalização dos conhecimentos pelo estudante, mediante a orientação diretiva do professor. Na catarse o estudante demonstra sua compreensão das questões trabalhadas desde o início da intervenção e apresenta uma postura mais avançada frente aos conhecimentos que ele possuía no início do processo. Trata-se da passagem da análise à síntese, indicando o quanto e o como os estudantes se apropriaram do conhecimento em suas diferentes dimensões (GASPARIN, 2012).

Além disso, esses conhecimentos aprendidos vão além dos conteúdos ensinados, pois o aluno perceberá seus significados para a vida e poderá agir na sociedade, transformando-a. O conteúdo terá “para ele um significado: constitui um novo instrumento de trabalho, de luta, de construção da realidade pessoal e social (GASPARIN, 2012)”. Esse processo de construção e ação em uma “nova realidade” se refere à prática social final.

O último momento pedagógico, trabalha a finalização de todo o processo pedagógico na perspectiva da Pedagogia Histórico- Crítica. A prática social final refere-se ao retorno à prática social de uma maneira mais elaborada, ela não resulta na reafirmação dos conhecimentos de senso comum dos alunos, mas sim trabalham na articulação dos conhecimentos aprendidos, em especial os de dimensão científica. Por isso, essa é a expressão finalizada dos conteúdos mediados pelo professor e agora incorporados e utilizados pelos estudantes como instrumento de transformação de sua realidade (GASPARIN, 2012).

O estudante poderá, através da prática social final, realizar e pensar nas atividades científicas de maneira individual, sem a ajuda dos colegas ou mesmo do professor, uma vez que ele se apropriou do conteúdo, podendo aplicá-lo na sua realidade social (GASPARIN, 2012, p. 142).

Após o término dos conteúdos, seguindo o plano de unidade, foi aplicado na



última aula prevista o questionário final. A primeira questão objetivava diferenciar os conceitos de radiação e radioatividade. Como algumas respostas das questões eram iguais foram selecionadas apenas 8 respostas entre as 28 obtidas. Ambas as definições de radiação e radioatividade foram descritas pelos alunos conforme segue abaixo:

*A1: Radioatividade: É um fenômeno pela qual ocorre a emissão de radiação por núcleos de átomos instáveis.*

*Radiação: É a forma de transmissão que seja por meio de partículas ou ondas.*

*A3: A radioatividade é um fenômeno pela qual ocorre a emissão de Radiação por núcleos de átomos instáveis. Já a radiação é a apropriação de energia, sendo na matéria ou no vácuo.*

*A4: Radioatividade é um fenômeno pela qual ocorre a emissão de radiação por núcleos de átomos instáveis. Radiação é a forma de transmissão que seja por meio de partículas ou ondas.*

*A6: A diferença entre radiação e radioatividade é que a radiação é uma forma de transmissão de energia; e a radioatividade é o fenômeno pela qual ocorre a emissão de radiação.*

*A7: A diferença entre radiação e radioatividade é que a radiação é uma forma de transmissão de energia que ocorre por meio de partículas ou eletromagnéticos. Já radioatividade é um fenômeno pela qual ocorre a emissão de radiação por núcleos de átomos instáveis por núcleos de átomos instáveis.*

*A8: Radiação é uma forma de transmissão de energia por meio de partículas ou ondas eletromagnéticas, A radioatividade é um fenômeno pela qual ocorre a emissão de Radiação por **núcleons** de átomos instáveis.*

*A16: A diferença entre radioatividade e radiação é que radioatividade é a emissão de radiação por meio de átomos instáveis, já a radiação é a transmissão de energia. Ex: ondas eletromagnéticas, urania.*

*A24: Radiação ocorre pela transmissão de energia por partículas ou ondas eletromagnéticas. Ex: Celular; raios x. A radioatividade ocorre a emissão de radiação por núcleos de átomos instáveis. Ex: Urânio.*

A partir das respostas do fenômeno da radioatividade descritas acima podemos notar que houve uma mudança significativa na forma de pensar dos alunos no questionário inicial e no questionário final, uma vez que os mesmos demonstraram ter compreendido o conteúdo, utilizando termos científicos e relacionando com o que eles aprenderam em sala de aula.

Os alunos A2 e A28 descreveram a radioatividade como sendo a “atividade de radiação” e a “ação” que a radiação causa nos seres vivos, respectivamente, sem trazer as definições de radiação. Indo além de uma mera definição, estes alunos buscaram trazer uma resposta através da etimologia da palavra. Como explicado em sala de aula, a palavra radioatividade foi cunhada por Pierre e Marie Curie, compondo-a por RADIOACTIVITÉ. Essa palavra é originária do Latim, onde RADIUS significa raio de luz e ACTIVUS significa agir ou colocar em movimento (GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES, 2008).

Alguns alunos citaram exemplos que visavam definir a radioatividade por meio de exemplos, sendo estes os “acidentes nucleares, a contaminação de elementos” e a citação do elemento químico “Urânio”.

Na definição de radiação, alguns alunos utilizaram conceitos trabalhados em sala de aula, explicando que radiação “é uma forma de transmissão de energia, seja por meio de partículas ou ondas eletromagnéticas” (GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES, 2008). Apenas o aluno A1 não citou o conceito de energia em sua resposta, e os alunos A6 e A13 não citaram os tipos de radiação transmitidos:

*A1: Radioatividade: É um fenômeno pela qual ocorre a emissão de radiação por núcleos de átomos instáveis.  
Radiação: É a forma de transmissão que seja por meio de partículas ou ondas.*

*A6: A diferença entre radiação e radioatividade é que a radiação é uma forma de transmissão de energia; e a radioatividade é o fenômeno pela qual ocorre a emissão de radiação.*

*A13: Radiação é a propagação de energia, ao passo que a radioatividade se refere as ondas eletromagnéticas, um exemplo é o sol, que transmite calor pela radiação junto a radioatividade (Não Ionizante)*

*A24: Radiação ocorre pela transmissão de energia por partículas ou ondas eletromagnéticas. Ex: Celular; raios x. A radioatividade ocorre a emissão de radiação por núcleos de átomos instáveis. Ex: Urânio.*

Dentre as respostas obtidas pode-se perceber o quanto as definições trabalhadas em sala de aula ajudaram os alunos. Pudemos perceber que a maioria deles conseguiu diferenciar radiação e radioatividade; porém, na definição de radiação, verificamos que alguns alunos se confundiram sobre o conceito de ondas eletromagnéticas, que não foram trabalhadas com tantos detalhes durante as aulas por ser pré-requisito desse conteúdo. Mesmo assim o conceito de radiação foi

compreendido, embora fosse interessante reforçar o conceito de ondas eletromagnéticas.

A segunda questão visava avaliar quais são os marcos históricos relacionados à descoberta da radioatividade. Novamente, por serem muito parecidas, foram selecionadas as respostas de 6 alunos. O acidente de Chernobyl foi o mais citado pelos alunos, bem como os fatos que marcaram o início da radioatividade, como explicado no processo de intervenção:

*A1: O marcos históricos são Chernobyl, Hiroshima, Brasil-Goiânia.*

*A2: Um dos fatos históricos é Chernobyl, pelo acidente acabou aterrorizando grande parte da população, fazendo com que acontecessem cada vez mais pesquisas.*

*A3: O próprio incidente que ocorreu em Chernobyl, os lançamentos das bombas atômicas sobre Hiroshima e Nagasaki e o incidente brasileiro sobre o Césio-137.*

*A9: A descoberta da radioatividade começou a ser estudado partir dos raios-x.*

*A13: A descoberta feita por Marie Curie e seu marido foi o marco inicial (...).*

*A16: Pierre e Marie Curie, a Descoberta de Rutherford, Becquerel, o acidente em Chernobyl, acidente com Césio-137.*

Em relação à análise do questionário inicial, podemos notar uma melhora significativa na qualidade das respostas, as quais envolveram mais fatos históricos sobre a descoberta da radioatividade, incluindo o acidente com Césio-137 em Goiânia no Brasil. Isso demonstra a incorporação do conhecimento em suas diferentes dimensões, permitindo uma compreensão mais ampla e elaborada do tema e da realidade por parte dos estudantes.

Além disso foram citados alguns eventos que marcaram o início das descobertas da radioatividade, como por exemplo o aluno A16, que citou as descobertas de Rutherford, Becquerel que foram os antecessores de Pierre e Marie Curie, na qual vieram a descobrir de fato as propriedade dos núcleos dos átomos, e como estes podem ter caráter radioativo e emitir diferentes tipos de radiações se transformando em outro átomo (HALLIDAY, RESNICK, 2014).

A questão de número três solicitava que os estudantes escrevessem quais

são os tipos de decaimento radioativo que os núclídeos radioativos podem sofrer e explicassem cada um deles. Os alunos A4 e A15 citaram os tipos de decaimento, sem, contudo, explicar cada um deles. Apenas o aluno A15 colocou uma das características da Radiação Gama:

*A4: Alfa, Beta e Gama.*

*A15: Alfa, Beta e Gama. Gama: Uma radiação eletromagnética emitida do núcleo de um átomo.*

Os alunos A11 e A26, além de citarem os tipos de decaimento, também explicaram os motivos que levam um átomo a decair, relacionando com a instabilidade e estabilidade dos átomos:

*A11: Um decaimento ocorre quando isótopos instáveis têm seus núcleos rompidos, em razão da instabilidade.*

*A26: Os tipos de decaimento são Alfa, Beta e Gama. Os decaimentos ocorrem quando tem um núcleo radioativo emite radiação para se estabilizar e assim, formando outro núcleo diferente estável.*

As respostas que mais se aproximaram do que foi proposto nesta questão foram as dos alunos A3 e A13, que citaram os tipos de decaimento radioativo incluindo alguns detalhes sobre as características de cada um. A maioria das respostas foi bem parecida com essas que seguem:

*A3: O núcleo instável libera partículas de Alfa ( $\alpha$ ), Beta ( $\beta$ ) e Gama ( $\gamma$ ). Alfa, assim como Beta, são partículas que possui  $\beta^+$  e  $\beta^-$  (ilégivel), mas Alfa libera partículas de Hélio.*

*A13: São eles, Alfa ( $\alpha$ ), Beta ( $\beta$ ) e Gama ( $\gamma$ ). Os primeiros são partículas, o gama é uma onda. Alfa são partículas assim como o Beta, que possui  $\beta^+$  e  $\beta^-$  ( $e^+$  e  $e^-$  respectivamente), mas o Alfa libera partículas de Hélio.*

Apenas o aluno A2, apresentou uma resposta, ainda que equivocada, relacionada a propriedade que a radiação tem de penetrar alguns materiais. Devido ao tempo limitado, essa propriedade não foi trabalhada com o devido rigor no último tópico de conteúdo, o que pode ter ocasionado o equívoco na resposta.

Segundo Silva (2009), cada tipo de radiação possui um determinado poder de penetrabilidade, dependendo do comprimento de onda dessas radiações.

Quanto mais curto o comprimento de onda, menor é a capacidade de penetração; quanto maior o comprimento de onda, maior é a penetração. Já as partículas Alfa e Beta também possuem um poder de penetração menor se comparado as radiações eletromagnéticas.

*A2: Alfa – radioatividade mais forte, pois pode penetrar mais áreas ao mesmo tempo.*

*Beta – radioatividade também forte, porém ela tem um limite de emissão de Radiação menor.*

Na quarta questão os estudantes deveriam descrever quais são as aplicações da radioatividade no mundo atual. Todas as respostas apresentaram os conhecimentos que foram desenvolvidos pelo professor-pesquisador, demonstrando o quanto e o como os alunos compreenderam o assunto, citando alguns poucos exemplos equivocados, como a “Quimioterapia” citada pelo aluno A2, sendo que na Quimioterapia não se utiliza radiação para o tratamento de câncer, e sim alguns remédios, enquanto a radioterapia é usada para o tratamento de câncer.

*A2: A Radiação no mundo de hoje se aplica para energia e também é usada para “quimioterapia”, medicina e até mesmo na conservação de alimentos.*

*A6: Alguns dos usos da radioatividade no mundo atual podem ser usados na medicina, como por ex: Raios-x, no mapeamento de órgãos entre outros.*

*A8: As aplicações da radioatividade no mundo atual são na medicina, agricultura, tecnologia, nas indústrias, produção de energia.*

*A20: As aplicações atuais são na medicina, agricultura e Usinas Nucleares.*

Além das respostas acima descritas, um dos alunos relacionou o uso das radiações com a conservação de alimentos: “Na conservação de alimentos por meio da irradiação (A13)”.

Na questão de número cinco os alunos foram solicitados a descrever quais os problemas que podem ser causados ao corpo humano pela exposição prolongada a algum tipo de Radiação. Essa questão foi discutida com os alunos durante as aulas, inclusive por meio de dois vídeos complementares que mostravam

estes assuntos. As respostas dadas pelos alunos mostram que eles se apropriaram do conhecimento científico, uma vez que eles conseguiram compreender o quanto a radiação pode trazer de malefícios:

*A1: Câncer, deformação, mutações genéticas.*

*A2: A exposição do corpo à radiação pode ser extremamente grave se não for a quantidade controlada, ela pode ocasionar vômitos, câncer, queda de cabelo, queimadura e até mesmo a morte.*

*A3: A exposição da radiação no corpo humano pode causar diversas mutações genéticas, o que leva a criar doenças, queimaduras e problemas futuros para os filhos.*

*A6: Alguns de muitos problemas causados pela exposição de radiação no corpo humano são queimaduras, manchas, se ingerido pode causar diarreia, vomito e levar rapidamente a morte, pode fazer também os cabelos caírem.*

*A11: Podem ocorrer mutações no corpo humano e no DNA, podendo resultar em câncer.*

*A13: Pode resultar em alterações no material genético das células, causando câncer, ou no mínimo aumentando a possibilidade de desenvolvê-lo, além dos sintomas imediatos como enjoos, perda de cabelo, etc.*

A questão seis visava avaliar o ganho de energia nas reações nucleares, solicitando que os alunos explicassem como acontece. A maioria das respostas estava associada com as reações de Fissão e Fusão Nuclear, enquanto apenas uma apresentava uma explicação completamente diferente das demais:

*A1: Podemos pelo fato de ingerir ou chegar perto de algo*

*A2: Pelo calor e a pressão gerada pelo Urânio fazendo com que turbinas girem e gerem energia. Fissão Nuclear é quando duas moléculas se separam e fusão nuclear é quando duas moléculas se unem em uma.*

*A7: Podemos determinar o ganho de energia através da fusão nuclear e fissão nuclear quando eles não se separam.*

*A8: Podemos determinar o ganho de energia nas reações nucleares pela fusão, onde dois núcleos se unem liberando energia.*

*A24: Podemos determinar o ganho de energia nas reações nucleares através da fissão e fusão dos átomos.*

O aluno A2 associou a questão proposta com explicações acerca do

funcionamento de uma Usina Nuclear, associando ganho de energia com geração de Energia. Além disso, ele explicou como ocorre esse processo de geração de energia no que se refere à fissão nuclear. Os alunos A7, A8 e A24 seguiram a mesma linha de raciocínio, explicando os processos de Fissão e Fusão Nuclear como meios de determinar o ganho de energia, considerando que nesses dois processos há liberação de grande quantidade de energia. Já o aluno A1 escreveu a possibilidade de determinar o ganho de energia pelo fato de ingerir ou chegar perto de algo, provavelmente algo que seja radioativo. Considerando as respostas dos alunos e o que foi trabalhado em sala de aula, foi possível perceber o quanto este conteúdo precisava ser ainda mais explorado, a fim de se obter uma maior compreensão e entendimento por parte dos estudantes. Todavia, dentro dos limites existentes, consideramos que houve um avanço em termos de conhecimento científico.

Com relação à questão de número sete, foi solicitado que os alunos definissem o que é datação radioativa e explicassem a relação que o número de decaimentos tem com o tempo. A maioria das respostas obtidas definia datação radioativa de maneira correta, porém alguns alunos se confundiam com relação ao número de decaimento em função do tempo:

*A8: Usando o decaimento de um elemento em um determinado tempo é possível calcular a datação radioativa.*

*A9: Datação Radioativa é a relação com a data, quanto mais tempo, menos decaimento vai ter.*

*A10: A datação radioativa é para saber a quantidade de tempo que a terra possui por exemplo. Quanto mais tempo mais decaimentos ela vai ter.*

*A16: A datação radioativa é usada para descobrir o tempo de um fóssil.*

*A28: Datação radioativa é usar a radiação para determinar o tempo de certo acontecimento, tempo que a radiação leva para se estabilizar.*

O aluno A13 citou o método de datação por Carbono, além de falar sobre a estabilização dos núcleos atômicos:

*A13: Datação radioativa é o tempo em que um elemento radioativo estabiliza, como por exemplo, o carbono nos ossos dos animais, que*

*permitem determinar o tempo dos ossos.*

Com relação a esta parte do conteúdo, é preciso frisar o quanto seria interessante dispor de mais tempo para a realização das atividades, uma vez que os alunos apresentaram muita dificuldade com o cálculo do tempo de meia vida e até mesmo com o entendimento do processo de decaimento de um átomo radioativo. Essa dificuldade se reflete nessa última questão, onde demonstraram dificuldades em apresentar o número de decaimentos radioativos que um determinado núcleo atômico pode sofrer com o tempo.

Nessa última aula buscamos retomar e reforçar todos os aspectos importantes no que se referia ao conteúdo trabalhado, bem como trazer uma justificativa, reforçando também a importância do estudo de radioatividade no Ensino Médio. Pudemos verificar que todos os Planos de Unidade desenvolvidos proporcionaram ao aluno relacionar esse conteúdo com o dia a dia, bem como compreender a realidade de maneira mais ampla e crítica.

A partir dessa intervenção, que buscou trabalhar o conteúdo de radioatividade em suas diferentes dimensões, podemos notar que os estudantes entenderam que a Química não pode ser entendida como uma disciplina isolada, estando relacionada com todas as demais matérias contempladas no currículo, especialmente à Física, Matemática, História e Geografia. Uma análise aprofundada de cada uma dessas áreas pode permitir uma compreensão mais ampla e sistematizada do tema, mostrando que o trabalho do professor de Química depende do trabalho realizado também nas demais unidades curriculares, não devendo, portanto, se dar de maneira isolada.

Cabe ressaltar que essa última atividade (questionário final) foi aplicada em um tempo relativamente curto, não tendo sido possível realizar as discussões orais com os alunos sobre cada questão (conforme previsto no plano de unidade).

Ademais, é importante ressaltar que o professor regente da disciplina participou de todo o processo de intervenção, o qual pode ter se configurado para ele como uma importante alternativa para o ensino desse conteúdo na disciplina de Química do Ensino Médio.

É necessário frisar que de acordo com as respostas obtidas, pode-se perceber um avanço significativo com relação às respostas do questionário inicial e final dos alunos, uma vez que alguns conceitos científicos foram apresentados e



definições corretas foram evidenciadas. Por isso a necessidade de construção de um quadro comparativo, que coloca as respostas dos excertos dos alunos em duas colunas: as respostas do questionário inicial e final, e posteriormente mostrando a análise dessas respostas.

As questões foram escolhidas de acordo com o código dos alunos que responderam tanto o questionário inicial como o final, a fim de fazer a comparação. Os alunos que responderam apenas um dos dois não foram colocados no quadro.

Quadro 2: Quadro comparativo da Questão 1 dos questionários inicial e final

<b>QUESTIONÁRIO INICIAL</b>	<b>QUESTIONÁRIO FINAL</b>
<i>A1: A radiação seria a ação que seria causada por ela um exemplo seria Chernobyl. Hoje em dia a radiação predomina já a radioatividade seria um material radioativo, exemplo Urânio.</i>	<i>A1: Radioatividade: É um fenômeno pela qual ocorre a emissão de radiação por núcleos de átomos instáveis. Radiação: É a forma de transmissão que seja por meio de partículas ou ondas.</i>
<i>A3: Radiação é um gás tóxico que prejudica o humano e pode levar a morte.</i>	<i>A3: A radioatividade é um fenômeno pela qual ocorre a emissão de Radiação por núcleos de átomos instáveis. Já a radiação é a apropriação de energia, sendo na matéria ou no vácuo.</i>
<i>A4: Radiação quantidade de Energia em grande escala. Radioatividade.</i>	<i>A4: Radioatividade é um fenômeno pela qual ocorre a emissão de radiação por núcleos de átomos instáveis. Radiação é a forma de transmissão que seja por meio de partículas ou ondas.</i>
<i>A6: Radiação é a propagação de energia, como em objetos e minérios que o emitem e diversos elementos. A radioatividade é o termo utilizado para definir a escala de radiação de elementos químicos e locais.</i>	<i>A6: A diferença entre radiação e radioatividade é que a radiação é uma forma de transmissão de energia; e a radioatividade é o fenômeno pela qual ocorre a emissão de radiação.</i>
<i>A8: Radiação, um gás tóxico que faz transformações propagadas de energia e a radioatividade é um fenômeno pela qual ocorre a emissão da Radiação por núcleos de átomos.</i>	<i>A8: Radiação é uma forma de transmissão de energia por meio de partículas ou ondas eletromagnéticas, A radioatividade é um fenômeno pela qual ocorre a emissão de Radiação por núcleons de átomos instáveis.</i>

Fonte: Autoria própria

Quadro 3: Quadro comparativo da Questão 2 dos questionários inicial e final

<b>QUESTIONÁRIO INICIAL</b>	<b>QUESTIONÁRIO FINAL</b>
<i>A2: Um dos marcos Históricos que a maioria das pessoas conhecem é Chernobyl, bomba nuclear.</i>	<i>A2: Um dos fatos históricos é Chernobyl, pelo acidente acabou aterrorizando grande parte da população, fazendo com que acontecessem cada vez mais pesquisas.</i>

Fonte: Autoria própria

Quadro 4: Quadro comparativo da Questão 4 dos questionários inicial e final

<b>QUESTIONÁRIO INICIAL</b>	<b>QUESTIONÁRIO FINAL</b>
<i>A8: Baterias, micro-ondas, TV, celulares,</i>	<i>A8: As aplicações da radioatividade no mundo</i>

<i>eletrodomésticos em geral, máquinas de raios-X. Usinas nucleares, nos alimentos em sua conservação.</i>	<i>atual são na medicina, agricultura, tecnologia, nas indústrias, produção de energia.</i>
--	---

Fonte: Autoria própria

Quadro 5: Quadro comparativo da Questão 5 dos questionários inicial e final

<b>QUESTIONÁRIO INICIAL</b>	<b>QUESTIONÁRIO FINAL</b>
<i>A1: Queimaduras e deformação</i>	<i>A1: Câncer, deformação, mutações genéticas.</i>
<i>A2: Se um ser humano for exposto a radioatividade ele sofre muitos danos podendo levar a morte, pode causar queimaduras, deformações, falta de ar entre muitas outras coisas.</i>	<i>A2: A exposição do corpo à radiação pode ser extremamente grave se não for a quantidade controlada, ela pode ocasionar vômitos, câncer, queda de cabelo, queimadura e até mesmo a morte.</i>
<i>A3: As pessoas podem ficar deformadas, sofrer transformações no corpo e que é exposta a radiação pode também ter câncer.</i>	<i>A3: A exposição da radiação no corpo humano pode causar diversas mutações genéticas, o que leva a criar doenças, queimaduras e problemas futuros para os filhos.</i>
<i>A6: A exposição de radiação no corpo humano pode causar diversos problemas a saúde, tanto em longo prazo, quanto em curto prazo (depende do quanto a pessoa se expôs), como doenças, Câncer, mutações genéticas em criamos e entre outros.</i>	<i>A6: Alguns de muitos problemas causados pela exposição de radiação no corpo humano são queimaduras, manchas, se ingerido pode causar diarreia, vômito e levar rapidamente a morte, pode fazer também os cabelos caírem.</i>

Fonte: Autoria própria

Quadro 6: Quadro comparativo da Questão 7 dos questionários inicial e final

<b>QUESTIONÁRIO INICIAL</b>	<b>QUESTIONÁRIO FINAL</b>
<i>A13: Como o passar do tempo, o nível de radiação vai diminuindo, sendo levado pelo vento ou se juntando em outro elemento.</i>	<i>A13: Datação radioativa é o tempo em que um elemento radioativo estabiliza, como por exemplo, o carbono nos ossos dos animais, que permitem determinar o tempo dos ossos.</i>

Fonte: Autoria própria

Comparando as respostas dos alunos, em cada uma das questões analisadas, é possível perceber a evolução com que tiveram na resolução dos questionários, uma vez que seus comentários inicialmente se baseavam no senso comum, tentando exemplificar idéias com base em seus próprios conhecimentos de mundo. Depois da aplicação dos conteúdos eles já começaram a elaborar um conhecimento mais sistematizado, com alguns conceitos científicos, trazendo definições bem parecidas com o que o professor trabalhou em sala de aula. Dessa maneira é possível perceber a importância dos momentos pedagógicos, tanto a prática social inicial, que trabalha com os conhecimentos prévios dos alunos, como pela prática social final, que revela a apropriação dos conhecimentos científicos pelo

educando (GASPARIN, 2012).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando todo o trabalho realizado e desenvolvido, e tendo em vista os limites existentes para o seu desenvolvimento, foi possível perceber o quanto este estudo contribuiu para a formação dos sujeitos envolvidos, gerando um posicionamento mais crítico e científico em relação à prática social. Trabalhar o conteúdo de radioatividade com alunos do Ensino Médio se mostrou interessante e motivador, uma vez que este conteúdo, embora seja objeto de muitos trabalhos (a partir de diferentes perspectivas), nunca perde a sua importância, já que o processo de ensino deve sempre ser atualizado, seja nos quesitos pedagógicos, seja nos aspectos teóricos do próprio conteúdo. Este assunto aborda inúmeras discussões, trazendo conceitos científicos, históricos, culturais e sociais, além de mostrar os seus aspectos políticos, indústrias e econômicos.

Tendo o problema de estudo como norte, pensamos e elaboramos os objetivos específicos das várias etapas que compõem este trabalho. Primeiramente, iniciamos com a elaboração do plano de unidade a partir do referencial teórico-metodológico, tendo como base os conteúdos Químicos e Físicos e seguindo os pressupostos da Pedagogia Histórico-Crítica. Em um segundo momento, desenvolvemos o material proposto numa turma de segundo ano do Ensino Médio, tendo em vista a análise da aprendizagem dos sujeitos participantes, bem como a relevância do tema para sua formação.

Levando em consideração as atividades propostas, assim como a forma como os conteúdos foram trabalhados, utilizamos como base a Pedagogia Histórico-Crítica. Essa teoria considera a realidade do aluno como um fator importante, sendo o ponto inicial de todo o processo de ensino-aprendizagem. Por isso vemos a importância de um bom planejamento, uma vez que todos esses assuntos trabalhados devem se unir para promover um ponto de chegada diferente do que se partiu, a fim de que os alunos sejam transformados em termos intelectuais e possam utilizar os conhecimentos adquiridos para compreender e modificar sua própria realidade.

No decorrer da pesquisa intervenção alguns fatores limitantes influenciaram em seu desenvolvimento, levando o professor-pesquisador a modificar alguns pontos importantes, tanto na maneira de trabalhar dos conteúdos como na forma que os mesmos estavam dispostos no plano de unidade. A dificuldade que a maioria

dos alunos apresentou referente a resolução dos exercícios, o limite de horas/aula, o atraso dos alunos e a ausência de alguns durante as aulas foram fatores limitantes, mas não impeditivos do processo de ensino-aprendizagem. Mesmo diante desses desafios, consideramos ter alcançado o objetivo do trabalho: favorecer uma compreensão mais ampla, sintética, sistematizada e elaborada do conteúdo científico, em suas diferentes dimensões.

Dadas as condições de trabalho atualmente existentes na educação básica, especialmente pública, esse conteúdo de radioatividade tem sido pouco abordado e explorado no Ensino Médio, especialmente na disciplina de Química. Quando é abordado, seu estudo restringe-se, na maioria dos casos, a conceitos superficiais, sem uma abordagem Matemática e/ou Física do tema. Todavia, assim como os demais tópicos, esse conteúdo é importante para a formação geral dos alunos na educação básica, o que justifica a importância de sua abordagem nessa etapa da escolarização. Consideramos que o material produzido (plano de unidade) a partir desse Trabalho de Conclusão de Curso pode configurar-se como uma alternativa para o ensino de radioatividade no Ensino Médio – dadas as adaptações necessárias de acordo com as condições existentes.

Ademais, consideramos que esse trabalho, além de proporcionar aos estudantes do Ensino Médio a apropriação dos conteúdos de uma maneira mais crítica, também serviu como um instrumento de aprendizagem ao professor-pesquisador, contribuindo para a sua formação a partir de um maior contato com o tema de estudo, com a comunidade escolar e com a realidade dos professores e dos alunos.

## REFERÊNCIAS

- ANUNCIÇÃO, B. C. P; NETO, S. M; MORADILLO, E. F. **A Pedagogia Histórico-Crítica na formação de Professores de ciências do curso de Licenciatura em Educação do Campo da UFBA**. 2015. Disponível em: <[HTTPS://portalseer.UFBA.br/index.php/revistagerminal/article/viewFile/12422/9517](https://portalseer.ufba.br/index.php/revistagerminal/article/viewFile/12422/9517)>. Acesso em: 08 out. 2018.
- ANTISKO, T. R. **Sequência didática para o ensino de radioatividade com enfoque CTS no Ensino Médio**. 2016. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências e tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016.
- BERNARDELLI, M.S. **Encantar para ensinar – um procedimento alternativo para o ensino de Química**. In: Convenção Brasil Latino América, Congresso Brasileiro e Encontro Paranaense de Psicoterapias Corporais. 1.,4.,9., Foz do Iguaçu. Anais... Centro Reichiano, 2004. CD.
- BRASIL, Ministério da Educação (MEC) Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 2006.
- DCE, **Diretrizes Centrais da Educação**. 2008. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce\\_edf.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_edf.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2018.
- FARIAS, R. F. A Química do tempo: Carbono-14. **Química nova na escola. 2002**.
- GASPARIN, J.L. **Uma didática para a Pedagogia Histórico-Crítica**. 5. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.
- GERALDO, A. C.H. **Didática de ciências e de Biologia na perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica**. 2006. Tese (Doutorado em educação para ciências) – Universidade Estadual Paulista, Bauru/SP, 2006.
- GOMES, T. G. **Uma história da radioatividade para a escola básica: desafios e propostas**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES. **Radioatividade X Radiação**. 2008. Módulo Inovador de Ensino (Disciplina de Metodologia do Ensino da Física 1) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- HALLIDAY, DAVID. Física Nuclear, Energias Nuclear. In: **Fundamentos de Física**. 8. Ed. LOCAL: LTC, ANO, p. 295-347.
- LIMA, R. S; PIMENTEL, L. C. F; AFONSO, J. C. O despertar da radioatividade ao

Alvorecer do Século XX. **Revista Química Nova na Escola (QNE)**, 2011. Disponível em: <[http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33\\_2/04-HQ10509.pdf](http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc33_2/04-HQ10509.pdf)>. Acesso em: 08 out. 2018.

LUDKE, M; MENGA, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**.

2. Ed. Rio de Janeiro: E. P. U, 2013.

NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Estudo da radioatividade, suas aplicações e implicações ambientais. In:\_\_\_\_\_. **Química VOLUME 3 – ENSINO MÉDIO**. 1. ed. Curitiba: Positivo, 2016, p. 12-43.

OLIVEIRA, F. M. de. **Desenvolvimento de recursos e estratégias para o Ensino- Aprendizagem de radioatividade**. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de ciências da Natureza) – Universidade Federal de Fluminense, Niterói, 2016.

OLIVEIRA, M. C. R. de; SALAZAR, D. M. **Experimentação didática no Ensino de Química numa perspectiva da Pedagogia Histórico-Crítica**. 2013.

Disponível em:

<<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0839-1.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2018.

PERUZZO, CANTO. **Radioatividade: fenômenos de origem nuclear**. In:\_\_\_\_\_. **QUÍMICA na abordagem do cotidiano**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003, p. 293-315

PPP. **Projeto Político-Pedagógico**. Colégio Estadual Princesa Isabel – 2018

SAVIANI, D. **Escola e Democracia: Teorias da Educação, curvatura da vara, onze teses sobre a educação política**. 35. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2002.

SAVIANI, D. **Pedagogia Histórico-Crítica: Primeiras Aproximações**. 11. ed. rev. 1ª reimpr. Campinas, SP: Autores Associados, 2012.

SILVA L. da C. M. da. **A radioatividade como tema em uma perspectiva Ciência- Tecnologia-Sociedade com foco em História e Filosofia da Ciência**. 2009.

Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, DF, 2009.

SILVA, F. C. V. da; CAMPOS, A. F; ALMEIDA, A. V. de. **O Ensino e aprendizagem de radioatividade: análise de artigos e periódicos nacionais e internacionais**.

Divisão de Ensino de Química da sociedade Brasileira de Química (ED/SBQ), 2012. Disponível

em:<<https://portalseer.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/viewFile/7328/5109>> . Acesso em: 26 ago. 2018.

SILVA, F. M. **A radioatividade como tema em uma perspectiva CTS com foco**

**em história e filosofia da ciência.** Dissertação – 2009.

SOUZA, B. N. de. **O Ensino de Ciências para a Pedagogia Histórico-Crítica.** 2017. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R2040-1.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2018.

VASCONCELLOS, Celso dos S. **Planejamento:** projeto de ensino-aprendizagem e projeto político-pedagógico. 23 ed. São Paulo: Libertad Editora, 2012.



## APÊNDICE A – Plano de unidade

COLÉGIO ESTADUAL PRINCESA ISABEL  
RAFAEL ROCHA FERREIRA  
QUÍMICA  
RADIOATIVIDADE 2019  
2º TRIMESTRE  
2º ANO  
2ºA  
14 horas/aulas

### 1. PRÁTICA SOCIAL INICIAL

#### 1.1 Unidade de conteúdo: Radioatividade

**Objetivo geral:** Permitir que os alunos compreendam os assuntos relacionados a radioatividade, sua história, suas propriedades Físicas e Químicas, sua importância na sociedade atual e seus diferentes usos em energia, tecnologia e demais áreas do conhecimento humano.

#### **Tópicos de conteúdos e objetivos específicos**

- **Tópico 1:** Introdução histórica à radioatividade

*Objetivo específico:* Fazer uma breve introdução sobre as descobertas do núcleo e dos raios x, os trabalhos de Ernest Rutherford e Becquerel, além das descobertas de Marie e Pierre Curie, a fim de poder entender o motivo pelo qual a radioatividade se tornou tão importante.

- **Tópico 2:** Ensino de Isótopos e radionuclídeos

*Objetivo específico:* Relembrar do que são constituídos os núcleos, buscando trazer uma definição específica para isótopos. Classificar os tipos de núclídeos, além de evidenciar as propriedades características do núcleo de um átomo, como, por exemplo, raio atômico e massa atômica. Por fim, definir energia de ligação dos núcleos e por núcleon.

- **Tópico 3:** Decaimento Radioativo

*Objetivo específico:* Explicar os conceitos químicos e matemáticos de decaimento radioativo, tempo de meia-vida, decaimento Alfa, Beta e Gama, os valores de massa de núclídeos estáveis e radioativos. Compreender as leis de

Emissões Radioativas e os equacionamentos sobre datação radioativa.

- **Tópico 4:** Noções de Energia e Reações Nucleares

*Objetivo específico:* Explicar o que é fissão e fusão nuclear por meio dos exemplos relacionados ao processo de fissão nuclear do Urânio, demonstrando modelos e o funcionamento de um reator nuclear controlado e natural. Discutir sobre fusão termonuclear controlada e natural e sobre a construção de armas nucleares.

**Tópico 5:** Efeitos da Radiação e os usos da radioatividade

*Objetivo específico:* Explicar os efeitos das radiações como raios gama, elétrons e partículas alfa nos seres vivos e discutir os usos mais comuns da radioatividade, tanto nas indústrias quanto na agricultura, nos alimentos e na geração de energia.

## 1.2 Vivência do conteúdo pelos educandos

a) Pré-requisitos:

- Reconhecimento das propriedades dos átomos, bem como sua constituição;
- Entendimento das propriedades básicas da radiação eletromagnética;
- Conhecimentos básicos de energia e reações químicas.

b) O que já conhecem:

Muito provavelmente os estudantes já devem ter ouvido falar sobre temas relacionados a radioatividade como, por exemplo, energia nuclear, lixo nuclear, raios x, bomba atômica, acidente nuclear, perigos da radioatividade, Urânio, Plutônio, acidente com césio-137, mas, contudo, não devem apresentar uma compreensão científica sobre essas ideias e conceitos, bem como sobre a relação entre eles.

c) O que gostariam de saber a mais:

O que é radioatividade? Quem descobriu a radioatividade? Como funciona um reator nuclear? Porque a radioatividade faz mal? Quais são as aplicações da radioatividade? Como funcionam as armas nucleares? Quais são os perigos do uso da radioatividade? E qual seu uso para fins medicinais? Aparelhos eletrônicos emitem radiação?

## 2. PROBLEMATIZAÇÃO

### 2.2 Dimensões do conteúdo a serem trabalhadas

- Conceitual/científica: O que é radioatividade? O que são os raios x? O que são elementos radioativos? O que são as partículas alfa? O que são nuclídeos? O que são radionuclídeos? Quais são os constituintes do núcleo de um átomo? O que são Isótopos? Qual equação relaciona o raio dos núcleos? Como é determinada a massa de um átomo? O que é Energia nuclear? O que é energia de ligação do núcleo? O que é energia de ligação por núcleon? O que é interação nuclear forte? Quais são os tipos de decaimento radioativo? O que é tempo meia-vida? Quais são as leis das emissões radioativas? O que é datação radioativa? Quais são as doses e efeitos de radiação nos tecidos dos seres vivos? Quais são os tipos de reações nucleares?
- Saúde: Quais são as aplicações da radioatividade na área da medicina? O uso dos raios x em uma radiografia altera os mecanismos químicos normalizados das células dos seres humanos? O uso da radioatividade na medicina pode danificar células saudáveis do corpo humano? Quais foram os problemas causados pela ingestão e consumo de materiais radioativos pela sociedade?
- Social/econômica: Quais são as utilizações na indústria para a radioatividade? Quais os riscos e benefícios da energia nuclear na sociedade atual? Quais os perigos que se escondem atrás do uso de armas nucleares pelas grandes potências mundiais? Porque as pessoas apresentam receio em relação ao tema radioatividade? Porque o Brasil e muitos outros países optam pela utilização de energia nuclear e não outros tipos de energia renováveis? Um acidente nuclear pode causar que tipos de impactos no meio ambiente? Qual é o custo necessário para a construção e produção de energia de uma usina nuclear? Como são tratados os rejeitos radioativos?
- Histórica: Como se deu a descoberta dos chamados raios x? Qual foi a importância de Henri Becquerel e do casal Curie na descoberta da radioatividade? Como se deu a descoberta do núcleo atômico? Como se deu a descoberta da radioatividade artificial? Como a sociedade do século XX se comportava ante a ascensão da radioatividade? Como foi descoberta a fissão

nuclear? Quais foram os usos da fissão nuclear pelas potências mundiais da Época? Quais foram os acidentes mais memoráveis a respeito do uso da Energia nuclear?

- Legal: Quais são as leis que implicam no destino final de rejeitos radioativos? O que estipulam os tratados de desarmamento nuclear?
- Educacional/social: Como a mídia trata temas relativos à radioatividade? Porque é tão importante aprender sobre esse assunto?

### 3. INSTRUMENTALIZAÇÃO

#### 3.1 Ações didático-pedagógicas

**Tópico 1:** Introdução histórica à radioatividade

**Dimensões:** Histórica, Conceitual/Científica e Social

Neste tópico será realizado, por meio de um questionário inicial (Apêndice 1) e debate oral, um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos a respeito do tema radioatividade. A partir disso, por meio de exposição oral dialogada, o tema será discutido numa dimensão histórica, conceitual e científica de como se deram as primeiras descobertas e os fatos que marcaram o início do entendimento da radioatividade no mundo no século XX. Nessa breve introdução será discutida as descobertas dos raios x e também os trabalhos do casal Curie.

Os recursos materiais usados no decorrer das aulas serão data show (apresentação de slides) e notebook, além de outros recursos que serão aplicados a partir destes, como por exemplo vídeos, imagens, um simulador interativo.

No questionário inicial (Apêndice 1) serão evidenciadas questões relativas a todo conteúdo que será abordado ao longo das aulas.

Ao longo da aula será mostrado um experimento sobre a descoberta do núcleo por Rutherford, através de um simulador interativo, depois um vídeo de aproximadamente 3 minutos sobre os trabalhos de Marie Curie e sua importância nas descobertas da radioatividade (Anexo 1). Ao final serão aplicados uma avaliação final de tópico (Apêndice 2), que deverá ser entregue nas próximas aulas.

Horas/aula necessárias: 2 horas/aulas

**Tópico 2 :** Ensino de Isótopos e radionuclídeos Dimensões: Histórica e Conceitual/Científica

Neste tópico será explicada por meio de exposição oral dialogada, além de discussões orais sobre o conteúdo, a constituição do núcleo dos átomos, introduzindo o tema de isótopos e isótopos radioativos. A partir dessas explicações, será definido o que são os nuclídeos e suas classificações, apresentando também a carta de nuclídeos. Posteriormente serão apresentadas as equações referentes aos raios dos núcleos, à energia de ligação e a relação da massa relativística.

Os recursos materiais utilizados serão data show (apresentação de slides) e notebook, quadro e pincel atômico. No decorrer da aula serão aplicados como

avaliação final de tópico dois exercícios e uma questão dissertativa (Apêndice 3), que também deverá ser entregue nas próximas aulas.

Horas/aulas necessárias: 1 horas/aulas

### **Tópico 3:** Decaimento Radioativo

**Dimensões:** Histórica e Científica

Neste tópico serão apresentados por meio de exposição oral dialogada as equações e explicações sobre decaimento radioativo, onde será evidenciado a medida principal do tempo de sobrevivência de algum tipo de radionuclídeo, que é o tempo de meia vida. Será mostrado os vários tipos de decaimento, além de apresentação e explicação sobre a datação radioativa, evidenciando seus parâmetros históricos e científicos do tema.

Os recursos materiais serão data show (apresentação de slides) e notebook, quadro e pincel atômico, além de um simulador interativo e vídeos (Anexo 2) . Ao final da aula será aplicado um questionário que deverá ser entregue nas próximas aulas (Apêndice 4).

Horas/aulas necessárias: 1 horas/aulas

### **Tópico 4:** Noções de Energia e Reações Nucleares

**Dimensão:** Conceitual/Científica

Neste tópico, será apresentado os conceitos de energia nuclear, explicando as fórmulas e tipos de Energia. Logo depois será explicado sobre as reações nucleares e como acontece o processo básico de fissão do Urânio, o modelo de fissão nuclear, além de explicações de como funciona um reator nuclear. Posteriormente será discutido o processo de construção de bombas atômicas e depois uma introdução e explicação a fusão termonuclear controlada e nas estrelas.

As ações didático-pedagógicas serão constituídas por meio de exposição oral dialogada do conteúdo. Os recursos materiais serão data show (apresentação de slides) e notebook, quadro e pincel atômico e vídeos relacionados ao assunto (Anexo 3). Ao final da aula será aplicado um questionário (Apêndice 5).

Horas/aulas necessárias: 1 horas/aulas

### **Tópico 5:** Efeitos da Radiação e usos da radioatividade

**Dimensões:** Histórica, Conceitual/Científica, Saúde e Social

Neste tópico, serão expostas sistematicamente as medidas usadas para

calcular a quantidade de radiação em seres vivos e quais são seus efeitos. Será feito um pequeno debate oral evidenciando os riscos e perigos relacionados a exposição de materiais radioativos. Será descrito as propriedades e os efeitos da radioatividade. Além disso, será mostrado algumas reportagens e histórias sobre acidentes radioativos e como eles afetam os seres vivos. Logo depois serão apresentadas algumas aplicações para a radioatividade, na área da indústria, agricultura, alimentos e demais áreas. Para abordar o tema de radioatividade relacionada à indústria, usaremos como exemplo os usos da radiação emitida por materiais radioativos para detectar defeitos em tubulação. A relação entre a radiação e os alimentos será abordada por meio do processo de conservação dos mesmos. A energia será abordada por duas vertentes; na primeira relacionaremos a radioatividade ao funcionamento das usinas term nucleares e na segunda, faremos um correlação com a indústria bélica.

Os recursos materiais serão data show (apresentação de slides) e notebook, quadro e pincel atômico e vídeos/reportagem (Anexo 4). Ao final da aula será conduzido um debate sobre todo o conteúdo desenvolvido, seguido da aplicação de um questionário relacionado ao tópico (Apêndice 6).

A última aula será destinada a aplicação do Questionário Final (Apêndice 1) seguido de um debate, que abordará todo o conteúdo apresentado, a fim de analisá-lo posteriormente avaliar o aprendizado e apropriação do conteúdo por parte dos alunos.

Horas/aulas necessárias: 2 horas/aulas

## **4. CATARSE**

### **4.1 Expressão da síntese**

As avaliações ocorrerão ao longo de toda a intervenção e terão caráter diagnóstico, processual e formativo, tendo em vista analisar o quanto e o como os estudantes se apropriaram do conteúdo abordado. Essas avaliações serão aplicadas no final de cada tópico de conteúdo consistindo de debates, questionários, exercícios, interpretações e representações gráficas.

### **4.2 Síntese mental do aluno**

#### **Tópico 1: Introdução Histórica a radioatividade**

No ano de 1895, o físico Alemão Wilhelm Conrad Röntgen, estudando as descargas elétricas geradas em ampolas contendo gases a baixa pressão, descobriu os chamados raios X. Como ele desconhecia a natureza dos raios, os batizou de X, e posteriormente descobriu-se suas características, sendo usados na medicina em radiografias para detectar fraturas ósseas, dentre outras aplicações. Isso lhe rendeu o prêmio Nobel, se tornando o primeiro Físico a recebê-lo. (NOVAIS, ANTUNES, 2016).

Os raios X são um tipo de radiação eletromagnética, que nem sempre é emitida pelo núcleo de um átomo. Um modo de promover a emissão de raios X (ou qualquer outra radiação eletromagnética) ocorre quando uma carga elétrica é acelerada ou desacelerada, como na colisão de elétrons com uma placa metálica. Nessas colisões a energia cinética dos elétrons é parcialmente convertida em calor e radiação (raios X). (GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES, 2008).

Entusiasmado com esta descoberta, o cientista Henri Becquerel iniciou uma série de pesquisas, na qual estudou as características dos raios X, desenvolvendo diversos experimentos, sendo que o principal deles possibilitaria descobrir se substâncias fluorescentes emitiam os raios X. Para testar essa ideia ele decidiu colocar um material fluorescente em uma chapa fotográfica com papel preto, guardando-a em um local escuro e retirando a mesma após algum tempo, verificando ao final que a chapa fotográfica estava toda marcada. Logo concluiu que a substância fluorescente, que era composta por um elemento químico chamado Urânio, emitia radiação. Desta forma ele acabou descobrindo a radioatividade



natural, ou seja, a emissão espontânea de radiações pelo Urânio. (NOVAIS, ANTUNES, 2016).

Os cientistas daquela época não ficaram tão entusiasmados com a descoberta da radioatividade natural, nem mesmo Becquerel, que estava mais interessado nos raios X, pois não conseguiam entender como ocorria essas emissões de radiação. Já que não tinha como iniciá-la nem tampouco pará-la, pois ela era espontânea do próprio elemento. (GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES, 2008).

Considerada um dos grandes eventos da ciência moderna, a radioatividade ganhou enorme atenção depois dos estudos e trabalhos do casal Curie, ou seja Pierre e Marie Curie. Marie e seu marido assumiram as pesquisas depois que Becquerel abandonou gradativamente suas investigações. Em um primeiro momento eles isolaram todos os elementos que eram responsáveis pelo fenômeno radioativo do Urânio, filtrando e processando-os por dois longos anos. Com isso acabaram descobrindo (isolando) dois novos elementos, sendo-os batizados de rádio e Polônio (FARIAS, 2018).

Essas descobertas entusiasmaram a comunidade científica mais uma vez, desde os raios X, dando enorme destaque ao fenômeno da radioatividade e fazendo-as repensar um pouco mais sobre as propriedades dos átomos, já que naquela época pensava-se que o átomo era indivisível. Se isótopos de rádio, polônio e Urânio emitem radiações, e nesse processo passam a se transformar em novos compostos, modificando a estrutura do seu núcleo, logo o átomo tinha que ser divisível. Nas décadas seguintes Ernest Rutherford, entusiasmado com as propriedades atômicas da radioatividade, já tinha conhecimento de que elementos ditos radioativos passavam por processos de decaimento. Nesses decaimentos eram emitidas partículas de alta energia que penetravam na matéria.

Uma das partículas descobertas, foi chamado por Rutherford como partículas Alfa<sup>1</sup>. Ele as utilizou em um de seus experimentos mais importantes, no qual queria testar suas convicções sobre um novo modelo para explicar o átomo. Seu objetivo principal era fazer com que essas partículas incidissem em uma folha fina de ouro e depois ele iria medir o desvio da trajetória das partículas. Para sua surpresa os dados mostraram que poucas partículas sofriam desvios significativos, e um número quase inexpressivo de partículas eram completamente refletidas, o que implicava

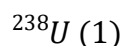
que o átomo não poderia ser uma esfera maciça como sugeriria o modelo atômico vigente. Rutherford foi o primeiro pesquisador que sugeriu um modelo atômico nuclear, análogo ao modelo do sistema planetário, onde o núcleo ocupava uma pequena região central que concentra as cargas positivas (composto por prótons e neutrons) e os elétrons ocupam orbitas circulares (HALLIDAY, RESNICK, 2014).

No ano de 1934, quando Marie Curie ainda vivia, sua filha Irene Joliot-Curie e seu genro Frederic-Joliot utilizaram um equipamento para bombardear partículas Alfa em núcleos de Alumínio, chegando a um elemento radioativo artificial de Fósforo, sendo o primeiro elemento radioativo artificial produzido. Isso aconteceu porque quando essas partículas, com uma energia específica, interagiram com o núcleo de átomos de Alumínio, tornando-o instável emitindo partículas no processo e gerando ao final um núcleo de Fósforo com características diferentes do Alumínio (AQUINO, AQUINO, 2012, pág. 24).

## **Tópico 2: Ensino de Isótopos e Radionuclídeos**

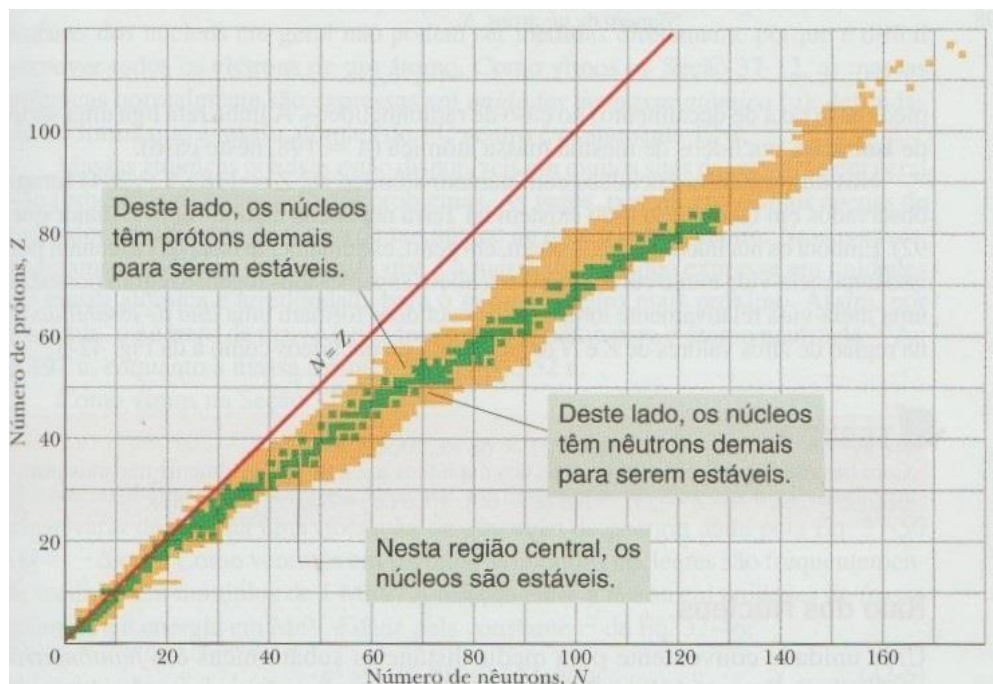
Os núcleos são constituídos de prótons e nêutrons. Estas partículas (prótons e nêutrons) isoladamente podem ser chamadas de núcleons, sendo que o conjunto de vários núcleons forma um núcleo atômico que também pode ser chamado de nuclídeo. Os nuclídeos com mesmo número atômico (número de prótons) e diferentes números de nêutrons são chamados de isótopos. Alguns nuclídeos sofrem um processo espontâneo de desintegração radioativa e emitem partículas e se transformam em um núcleo diferente. Nesses casos os nuclídeos são chamados de radionuclídeo, ou nuclídeos radioativos (HALLIDAY, RESNICK, 2014).

Os nuclídeos podem ser classificados em uma carta de nuclídeos, na qual estão organizados pelo número atômico e pela estabilidade dos nuclídeos (estáveis ou radioativos). Eles podem ser representados por símbolos, tendo o símbolo químico indicando qual é o elemento e no índice superior o número de massa do determinado elemento. Pode-se citar de exemplo o nuclídeo de Urânio.



A Figura 1 a seguir, extraída de um livro didático de Física, mostra como é organizada uma carta de nuclídeos. Sendo que de acordo com o gráfico a cor verde indica os nuclídeos estáveis e a cor amarela os radionuclídeos.

FIGURA 1.



Autoria: HALLIDAY, DAVID. Física Nuclear, Energias Nuclear. In: **Fundamentos de Física**. 8. Ed. LOCAL: LTC, ANO, p. 295-347.

O raio dos núcleos e também sua massa podem ser representada através de equações, que respectivamente atribuem o raio efetivo e o excesso de massa de um núcleo. Geralmente os experimentos de espalhamento de elétron e muitos outros tipos de experimentos, atribuem a cada nuclídeo um raio efetivo dado por:

$$r = r_0 A^{1/3} \quad (2)$$

sendo  $r_0$  é uma constante de raio, que equivale a aproximadamente 1,2 fm (unidade de medida para distâncias subatômicas, chama-se femtômetro) e o  $A$  é o número de massa.

Outra grandeza Física de grande utilidade é a energia de ligação entre os núcleons. A sua existência foi observada inicialmente em função da diferença de massa,  $\Delta$ , entre as partículas que compõe o núcleo quando livres,  $m$ , e a massa da núcleo  $M$ , conforme a equação abaixo.

$$\Delta = \sum m - M. \quad (3)$$

Considerando que a massa está relacionada com a energia como previsto por Albert Einstein na teoria da relatividade restrita<sup>3</sup>, as energias de ligação dos núcleos podem ser calculadas através da diferença entre a soma das energias de repouso das partículas existentes no núcleo  $\sum(mc^2)$  e a energia de repouso do núcleo  $Mc^2$ , dadas pela equação:

$$\Delta E_{el} = \sum(mc^2) - Mc^2 \quad (4)$$

Caso dividíssemos a energia de ligação  $\Delta E_{el}$  pelo número núcleons que formam o núcleo A, conforme a equação acima seria possível obter a energia média necessária para arrancar um núcleon do núcleo, ou seja, a energia associada às ligações existentes entre os próton e nêutrons.

$$\Delta E_{eln} = \frac{\Delta E_{el}}{A} \quad (5)$$

Desta maneira, como foi observado nas equações acima, existe uma energia de repouso associada a massa de um corpo, que pode ser facilmente medida em uma reação nuclear, onde a energia liberada é milhares de vezes maior que em uma reação química.

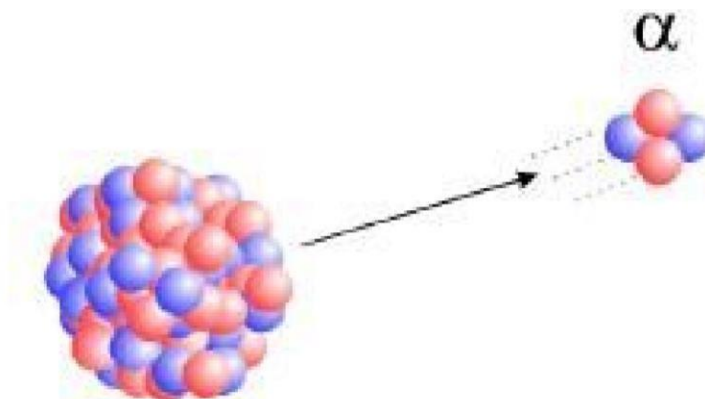
### **Tópico 3: Decaimento Radioativo**

No processo de decaimento radioativo, os nuclídeos, instáveis, modificam sua estrutura interna emitindo radiação na forma de ondas eletromagnéticas ou na forma de partículas, se transformando ao final da emissão em um outro nuclídeo que ocupará um lugar diferente na carta de nuclídeos, mostrada no tópico anterior. O tempo característico médio necessário para que metade dos núcleos radioativos decaiam é chamado de tempo de meia vida. Conforme a equação a seguir.

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (6)$$

Os tipos de decaimento mais comuns são os decaimentos Alfa, Beta e Gama. No decaimento Alfa, os núcleos emitem partículas Alfa, constituídas por núcleos de Hélio, ou seja, dois prótons e dois nêutrons. A Figura 2 esquematiza o funcionamento da emissão dessas partículas.

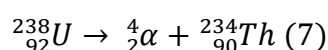
FIGURA 2.



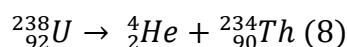
Autoria: GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES. **Radioatividade X Radiação**. 2008. Módulo Inovador de Ensino (Disciplina de Metodologia do Ensino da Física 1) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Esses decaimentos podem ser explicados melhor através das conhecidas leis das emissões radioativas, sendo que a primeira delas equivale a emissão de partículas Alfa. A primeira lei das emissões radioativas é a Lei de Soddy, na qual enuncia que “se um isótopo de um elemento radioativo emite partículas alfa, transforma-se em outro elemento que possui 2 unidades a menos de prótons e 4 unidades a menos no número de massa” (NOVAIS, ANTUNES, 2016).

Abaixo segue o exemplo no qual partículas alfa são emitidas pelo nuclídeo de Urânio  $^{238}\text{U}$ .

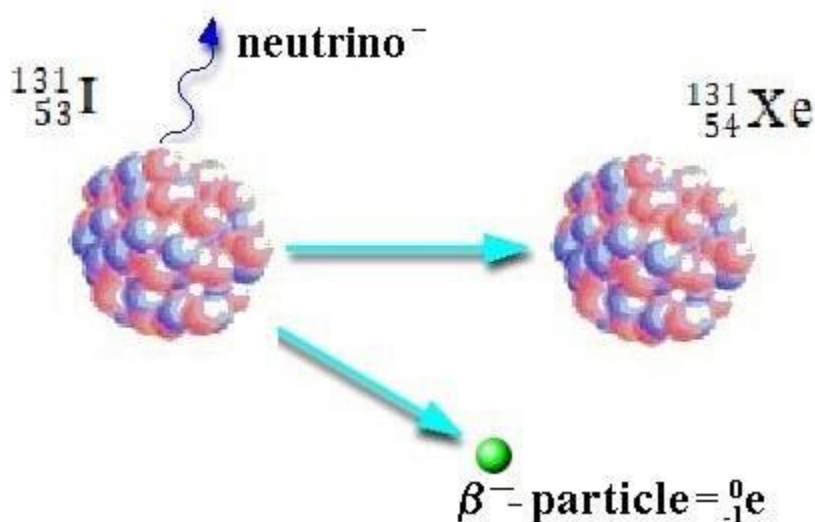


Na reação acima,  $\alpha$  é o símbolo que remete as partículas Alfa. Este símbolo também pode ser escrito conforme a notação abaixo:



No processo de decaimento de partículas Beta, o núcleo se transforma em outro núcleo emitindo um neutrino e um elétron ou um pósitron. O neutrino é uma partícula que não possui carga e interage com as demais partículas de maneira quase desprezível, apenas por meio da força gravitacional. Um pósitron é considerado o oposto do elétron, sendo uma antipartícula pode ser chamado de antielétron, pois possui a mesma massa, a mesma carga elétrica em módulo porém com sinal positivo. Quando é emitido um elétron, este tipo de decaimento é chamado de Beta menos ( $\beta^-$ ), já quando é emitido um pósitron, o decaimento é Beta mais ( $\beta^+$ ). A Figura 3 demonstra como funciona a emissão dessas partículas no devaimento de Tipo Beta menos ( $\beta^-$ ).

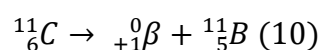
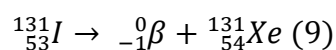
FIGURA 3:



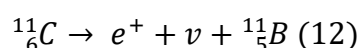
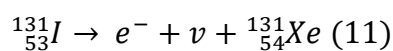
Autoria Própria

Outro cientista, chamado Kasimir Fajans, também pensou a respeito das emissões radioativas, sendo que seus trabalhos colaboraram para formular a Segunda Lei das Emissões radioativas. Essa lei é chamada de Lei de Soddy e Fajans, na qual enuncia que “se um isótopo de um elemento radioativo emite partículas beta, ele se transforma em outro elemento, com mesmo número de massa e com uma unidade a mais ou a menos no número atômico” (NOVAIS, ANTUNES, 2016).

As equações abaixo demonstrar como funciona esta emissão, sendo que a primeira remete a Beta menos e a segunda Beta mais.



Sendo que  $\beta$  é o símbolo que remete as partículas Beta. Mas que também pode ser escrito desta forma:



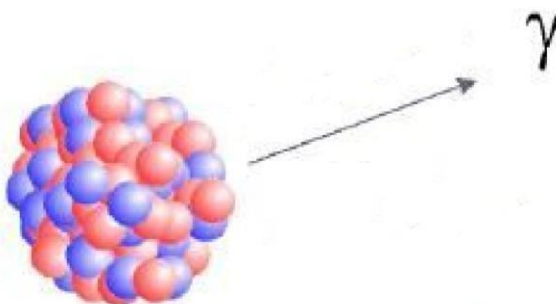
Sendo que  $e^{-}$  e  $e^{+}$  se referem respectivamente ao elétron e o pósitron. O símbolo  $\nu$  serve para identificar o neutrino, que é emitida junto com o elétron ou pósitron no processo de decaimento radioativo, e que foi previsto inicialmente em função da lei de conservação do momento linear.

Os elétrons emitidos num processo de decaimento, não provém da eletrosfera e sim do núcleo do átomo. É importante notar que nas diferentes formas de decaimento radioativo, em especial no decaimento  $\beta$ , devem ser respeitadas as leis de conservação, como por exemplo a conservação de carga e o número de núcleons. No decaimento  $\beta^-$  um nêutron do núcleo, durante o decaimento se transforma em um próton emitindo nesse processo um elétron e um neutrino. Seguindo o exemplo acima, o Iodo radioativo sofre o decaimento  $\beta^-$  resultando em Xenônio, com mesma massa atômica e um próton a mais que o nuclídeo original. O elétron emitido nesse processo serve para compensar a carga positiva gerada nesse processo. Note o número de núcleons (Protons+neutrons) permaneceu inalterado no processo.

Já no decaimento  $\beta^+$  um próton do núcleo, durante o decaimento se transforma em um nêutron emitindo nesse processo um pósitron e um neutrino. Seguindo o exemplo acima, o Carbono radioativo sofre o decaimento  $\beta^+$  resultando em Boro, com mesma massa atômica e um próton a menos que o nuclídeo original. O pósitron emitido nesse processo serve para compensar a carga positiva gerada nesse processo.

Por fim, o decaimento Gama é bem diferente dos tipos de decaimento anteriormente listados, já que nele não é emitido uma partícula característica e sim radiação eletromagnética com mesmas características dos raios X, porém com comprimentos de onda menores (entre  $10^{-10}$  a  $10^{-14}$  m). Cabe ressaltar que no caso dos raios Gama ( $\gamma$ ), a radiação é gerada pelo núcleo do átomo, enquanto que os raios X normalmente são gerados pela desaceleração de elétrons livres ou na transição entre níveis de energia da eletrosfera. Outra característica dos raios Gama assim como qualquer outra radiação eletromagnética, é não possuir carga elétrica e nem massa de repouso, conforme mostrado na Figura 4.

FIGURA 4.



Inovador de Ensino (Disciplina de Metodologia do Ensino da Física 1) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

Por meio do estudo dos decaimentos que os isótopos radioativos sofrem os cientistas puderam aferir o tempo de meia vida de alguns núclídeos, utilizando-os como um relógio para medir os intervalos de tempo. Alguns núclídeos possuem tempo de meia vida muito longa e poderiam ser usados para calcular tanto a idade de rochas, de fósseis, ou até mesmo a idade do próprio planeta terra. Essa técnica recebeu o nome de datação radioativa e geralmente o nuclídeo de carbono-14 é usado como padrão, já que o mesmo possui um tempo de meia vida muito longo.

#### **Tópico 4: Noções de Energia e Reações Nucleares**

Conforme foi explicitado no tópico Ensino de Isótopos e Radionuclídeo, a massa está intimamente ligada à energia, sendo que em uma reação nuclear há uma constante conversão de massa em energia. A energia de repouso de um objeto ou partícula do nosso cotidiano é extremamente grande, porém no caso das reações nucleares as massas relacionadas ao ganho de energia no processo são medidas em unidades de massa atômica, tendo por base a massa do elemento químico Carbono 12, conforme mostra a relação à seguir.

$$1 u = 1,660\ 538\ 86 \times 10^{-27} \text{Kg} \quad (13)$$

A energia proveniente das reações nucleares são costumeiramente apresentadas em unidades de elétrons-volts (eV) ou mega elétrons-volts (MeV), porém essas unidades de medida não fazem parte do Sistema Internacional de Medidas (SI), obtida pela relação de Einstein entre a massa ( $m$ ) e a velocidade da luz ( $c$ ), de acordo com a definição abaixo.

$$E_0 = mc^2 \quad (14)$$

$$1 eV = 1,602\ 176\ 462 \times 10^{-19} \text{J} \quad (15)$$

Ainda seguindo este mesmo raciocínio, para explicar melhor os conceitos de ganho ou perda de energia em uma reação nuclear, utilizamos os princípios da conservação de energia na reação que se baseiam na massa de repouso inicial ( $M_i$ ), final ( $M_f$ ) e na quantidade de energia ( $Q$ ) liberada ou fornecida, definida pela equação:

$$M_i c^2 = M_f c^2 + Q \quad (16)$$

Se a reação nuclear for espontânea e apresentar perda de massa ao longo do processo, o termo de energia  $Q$  terá um valor positivo, e neste caso haverá

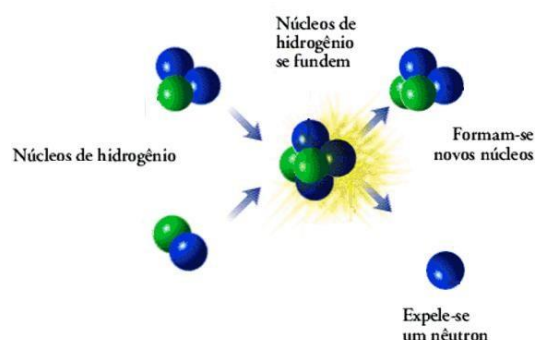


liberação de energia pela reação, sendo favorável o seu destinamento para produção de combustível nuclear. Ao contrário, se ao final da reação nuclear houver um ganho de massa, o termo de energia  $Q$  será negativo e neste caso a reação não será espontânea, sendo necessário um custo energético para realizá-la (HALLIDAY, RESNICK, 2014).

Além dos decaimento radioativos dos radionuclídeos, dois tipos de reações nucleares merecem destaque; a Fusão e a Fissão Nuclear. Na Fusão Nuclear dois núcleos pequenos se fundem (juntam) formando um núcleo maior e liberando grande quantidade de energia. Para ocorrer a Fusão dos núcleos é necessário uma temperatura muito elevada, como por exemplo no Sol onde a temperatura é aproximadamente 5780 K, permitindo que átomos de Hidrogênio se fundam formando átomos de Hélio e liberando uma quantidade enorme de energia na forma de luz e calor (PERUZZO, CANTO, 2003). Em função das difíceis condições necessárias para manter a reação de Fusão Nuclear, além de prevenir catástrofes, esse meio de produção de energia ainda não é explorado comercialmente por meio de reatores que utilizam esse tipo de reação.

A Figura a seguir mostra esquematicamente como ocorre o processo de Fusão Nuclear.

FIGURA 7.



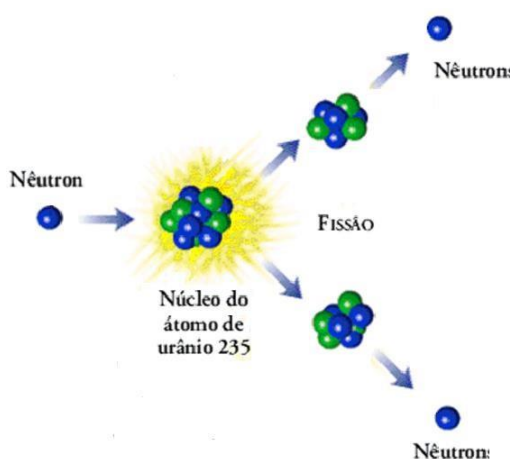
Autoria: Autoria: GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES. **Radioatividade X Radiação**. 2008. Módulo Inovador de Ensino (Disciplina de Metodologia do Ensino da Física 1) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

A história sobre o segundo tipo de reação nuclear, a Fissão Nuclear, inicia-se alguns anos antes da Segunda Guerra Mundial, quando vários grupos de

pesquisadores tentavam obter os chamados elementos transurânicos, de número atômico maior que 92 (número atômico do Urânio). Para isso foram feitos vários experimentos de bombardeamento de nêutrons em amostras de Urânio. Em 1938, os cientistas Otto Hahn e Fritz Strassmann notaram a existência de elementos como o Bário, Lantânio e Criptônio nos produtos obtidos depois do bombardeamento (PERUZZO, CANTO, 2003).

A reação de Fissão Nuclear no Urânio inicia quando o nêutron atinge o núcleo de átomo, provocando a quebra do mesmo em dois núcleos de massa menor. Nesse processo ocorre a liberação muita energia e de mais nêutrons que irão atingir outros núcleos de Urânio, provocando uma reação em cadeia. A Figura a seguir é uma representação esquemática de como seria o processo de Fissão Nuclear.

FIGURA 5.



AUTORIA: Autoria: GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES. **Radioatividade X Radiação**. 2008. Módulo Inovador de Ensino (Disciplina de Metodologia do Ensino da Física 1) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

O desenvolvimento da Fissão Nuclear em aplicações bélicas e de geração de energia foi bastante rápido, devido a pressão das potências mundiais da época, já que apresentaram bastante interesse pela energia que é liberada. De fato, os pensamentos de se construir uma bomba com os conhecimentos que tinham sobre a radioatividade eram tão recorrentes, tanto entre os Nazistas como entre os Norte-americanos no desenrolar dos anos (PERUZZO, CANTO, 2003).

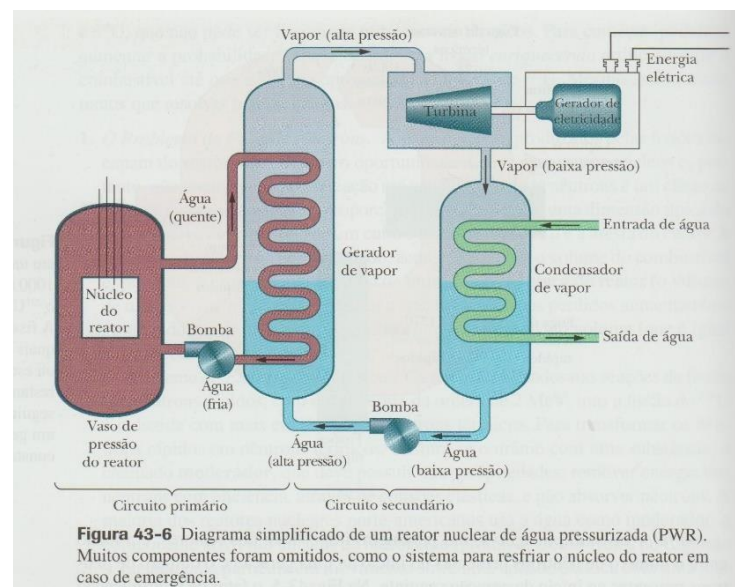
Mas foi nos Estados Unidos da América, em 1945, no chamado projeto Manhattan que se iniciou e terminou os processos de construção da primeira bomba de fissão ou comumente chamada de bomba atômica. Alguns meses depois, no

final da Segunda Guerra Mundial, uma bomba criada a partir da fissão nuclear do Urânio-235 (Que é um tipo de isótopo radioativo do elemento Urânio), batizada de Little Boy (Pequeno Menino) foi detonada sob a cidade Japonesa de Hiroshima. Três dias após esse acontecimento os Estados Unidos da América lançaram outra bomba atômica, batizada de Fat Man (Homem Gordo), na qual foi construída a partir do processo de fissão nuclear do Plutônio-239 (Que é um tipo de isótopo radioativo do elemento Plutônio), sob a cidade Japonesa de Nagasáqui (PERUZZO, CANTO, 2003).

Foi por causa desse acontecimento que a população mundial se deu conta da enorme quantidade de energia que pode ser liberada a partir do núcleo de um átomo. Mesmo antes da construção das bombas atômicas, os cientistas já tinham conhecimento de tal energia e com isso, em 1942, construíram o primeiro reator nuclear, que tinha por finalidade executar o processo de fissão em laboratório, a fim de aproveitá-lo como fonte de energia.

O esquema para um reator nuclear pode ser observado na Figura a seguir, que se trata de um reator nuclear de água pressurizada, o chamado PWR.

FIGURA 6.



AUTORIA: Autoria: HALLIDAY, DAVID. Física Nuclear, Energia Nuclear. In: **Fundamentos de Física**. 8. Ed. LOCAL: LTC, ANO, p. 295-347.

Esse tipo de reator, sendo o mais comum, funciona de maneira muito simples. O calor ou a energia liberada no processo de fissão de um átomo, aquece a água (Mantida com elevada pressão) que está em contato com o material que sofre fissão. Essa água aquece uma outra porção de água, que entra em ebulição.

O vapor produzido movimenta uma turbina que transforma a energia mecânica do movimento em energia elétrica (PERUZZO, CANTO, 2003).

Existem muito de materiais radioativos utilizados para o processo de Fissão em todo o mundo, sendo os mais comuns e eficientes o Urânio e o Plutônio, que apresentam maior abundância. Uma das vantagens, que faz com que os Países optem pelo uso da energia nuclear é que os reatores nucleares não usam combustível fóssil e portanto não liberam os chamados gases que promovem o efeito estufa, que prejudicam o meio ambiente. Outro fator que colabora com o uso desse tipo de fonte de energia é o impacto ambiental causado com a construção das usinas nucleares, diferente de um usina Hidrelétrica. O uso de energia provida de fontes nucleares é indicado principalmente em lugares desprovidos de fontes alternativas de energia, pois a mobilidade de pequenas quantidades de Urânio ou Plutônio podem gerar uma enorme quantidade de energia.

Uma desvantagem associada a geração de energia elétrica a partir de fontes nucleares está relacionada ao custo de obtenção do Urânio enriquecido utilizado nos reatores, que ainda é muito elevado. Outro fator que merece atenção especial está relacionado aos cuidados com os com a deposição final dos rejeitos gerados no reator nuclear - comumente chamado de lixo atômico - que devem ser armazenados em recipientes de Chumbo ou concreto acomodados em locais seguros por tempo suficiente grande com o intuito de reduzir a emissão da radiação a níveis não-prejudiciais, tanto para os seres humanos como para o meio ambiente em geral (CARVALHO, SAUER 2011). Neste sentido, os rejeitos radioativos quando não depositados corretamente podem contaminar o solo e os lençóis freáticos, além das populações que estão próximas a esses ambientes. Acidentes, como o de Chernobil na Ucrânia, ou mesmo o de Goiânia com Césio 137, normalmente estão associados às mutações genéticas nos seres vivos levando a patologias associadas à morte (ALVES, SOUZA, STASCOVIAN, 2016).

O Brasil, assim como os outros países utilizam energia nuclear principalmente como fonte alternativa de energia, que são geradas majoritariamente pelas usinas hidroelétricas. Atualmente existem duas usinas nucleares em funcionamento (Angra 1, 2) e uma em construção no Brasil (Angra 3), todas localizadas na cidade de Angra dos Reis no Rio de Janeiro. De acordo com o programa nuclear brasileiro, existem planos de expansão de construção de mais usinas nucleares no futuro.

### **Tópico 5: Efeitos da Radiação e os Usos da radioatividade**

Todos os seres vivos estão sujeitos a exposição a algum tipo de radiação. Podemos classifica-las em não ionizantes, como a luz solar, que são as fontes mais comuns e as Ionizantes que são nocivas aos seres vivos. A profundidade que as radiações podem penetrar nos materiais é dependente da forma como ela se apresenta, como aquelas mostradas nos tópicos anteriores - as partículas Alfa, Beta e os raios Gama – assim como da natureza dos materiais, em função do arranjo dos átomos no material. Dessa forma, quando a radiação penetra no material, podem ser ionizadas moléculas que estejam em seu caminho - arrancando elétrons das moléculas - em função da transferência de energia da radiação para a matéria, bem como quebrando ligações químicas e com isso gerando novos compostos e conseqüentemente gerando anormalidades nos seres vivos, causando destruição ou alteração das células, promovendo alterações no DNA, provocando o câncer ou doenças hereditárias. (PERUZZO, CANTO, 2003).

Os danos causados pelos efeitos da radioatividade, dependem do número de decaimento (desintegrações de átomos ou partículas emitidas por segundo), do valor da energia da radiação emitida e do tempo de exposição do indivíduo ou organismo a esta radiação. O número de decaimento geralmente é calculado pelas unidades de medida Curie (Ci) ou Bequerel (Bq). Um Bequerel implica em um decaimento a cada segundo. (NOVAIS, ANTUNES, 2016).

$$1\text{Ci} = 37 \text{ GBq} \quad (17)$$

Podem ser citados vários dos efeitos que a radioatividade causou e vem causando tanto nos seres humanos quanto nos demais organismos vivos até os dias de hoje. As conseqüências nocivas vem sendo documentadas desde sua descoberta, causando a morte de seus descobridores, como a cientista polonesa Marie Curie que faleceu devido a complicações da Leucemia, provavelmente por causa da radiação. Até mesmo suas anotações em cadernos foram considerados radioativos demais para serem manipulados.

Infelizmente eles não sabiam, na época, que a radioatividade ou a exposição prolongada a radiação poderiam causar danos físicos aos organismos dos seres vivos. Mas pelo contrário eles acreditavam que a radiação poderia trazer beleza a pele e melhoramento no estilo de vida dos seres humanos. Um dos elementos que ficaram famosos entre a sociedade do século XX foi o uso do elemento rádio, que foi empregado em diversos produtos, desde produtos de beleza até

produtos médicos/farmacêuticos. O resultado foi que algum tempo depois as pessoas perceberam os perigos na qual foram expostos. (LIMA, PIMENTEL, AFONSO, 2011). Considerando a gravidade dos desastres envolvendo vazamentos de materiais radioativos, na sequência elencamos os principais episódios. São eles: as duas bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki, no final da Segunda Guerra Mundial; os acidentes com reatores nucleares em Chernobil, na Ucrânia (antiga União das Repúblicas Socialistas Soviéticas) na época da Guerra Fria; o acidente na usina nuclear de Three Mile Island nos Estados Unidos; outro acidente na Rússia na usina de Mayak na cidade Ozyorsk; o acidente com Césio-137 no Brasil, na cidade de Goiânia e o recente acidente de Fukushima, causado em função de um Tsunami no Japão.

O instrumento mais utilizado para medir a emissão de radiação em locais com risco de vazamento ou já contaminados é o contador Geiger, que determina a intensidade da radiação em Bequerel ou Curie e emite um som cuja intensidade aumenta com o aumento de contagem de partículas, ou seja, quanto mais intenso o som, mais contaminado está o ambiente. (PERUZZO, CANTO, 2003). No entanto, para os seres vivos a dose de radiação deve ser descrita em termos da energia da radiação e da massa exposta. As unidades de medidas mais comuns para determinar a dose de radiação absorvida é o gray (Gy) ou o rad (Radiation Absorbed Dose), sendo que:

$$1 \text{ Gy} = 1 \frac{\text{J}}{\text{Kg}} = 100 \text{ rad} \quad (18)$$

Uma das primeiras aplicações da radioatividade foi na área da medicina, desenvolvendo um novo campo de estudos denominado de radiologia, onde se utilizou a radiação eletromagnética dos raios X em radiografias para detectar fraturas ósseas. Cabe destacar que os equipamentos que realizam radiografias atualmente não produzem raios-X a partir de elementos radioativos. Nesses equipamentos os raios-X são gerados pela aceleração de um feixe de elétrons que colidem contra materiais como cobre. Ao colidir, o elétron é abruptamente desacelerado emitindo radiação eletromagnética na faixa de comprimentos de onda do raio-X. Nesse processo átomos de cobre também são excitados emitindo raios-X ao retornarem para o estado fundamental (de menor energia).

O uso da radiação aplicada ao tratamento médico, como na radioterapia, deve ser avaliado sempre por profissionais da área com muito critério, pois na medida que a radiação pode contribuir com a redução de tumores, combatendo as células tumorais, seu uso em excesso pode afetar as células saudáveis, dando origem à novos problemas. Ainda na área da saúde a radiação é empregada também como meio de esterilização de materiais hospitalares, como por exemplo, gases, vacinas e instrumentais cirúrgicos (NOVAIS, ANTUNES, 2016).

Na indústria, os elementos radioativos têm sido usados para detectar defeitos em tubulações, componente de motores parte de aviões e de navios. Nesta aplicação um detector de radiação é colocado sobre o material, do outro lado dele há a incidência de radiação, onde esse detector poderá revelar um possível ponto de vazamento. Outra aplicação da radiação que avançou rapidamente e modificou a forma de aquecer alimentos foi obtida a partir da indústria de eletrodomésticos ao desenvolver o forno micro-ondas, que além de otimizar o consumo de energia, aquece os alimentos em um intervalo de tempo menor que outras técnicas convencionais.

No campo alimentício, uma das aplicações de maior relevância é a irradiação para a conservação de produtos agrícolas, sendo que é utilizado por ser uma técnica muito eficiente por eliminar boa parte dos microrganismos patológicos, além de parasitas e pragas. Não causa nenhum prejuízo ao alimento irradiado e retarda o apodrecimento do mesmo, trazendo vantagens ao exportador, ao consumidor e a saúde da população (GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES, 2008).

## **5. PRÁTICA SOCIAL FINAL**

A partir deste conjunto de aulas, pretendemos que os alunos adquiram um postura relativamente nova em relação a compreensão do conteúdo, adquirindo um entendimento maior sobre assuntos relacionados a radioatividade e estabelecendo uma relação entre o tema e a prática social. Além disso, espera-se que os estudantes compreendam por meio dos conteúdos da Química e da Física a relação que a radioatividade tem com os aspectos históricos, tecnológicos e científicos.

Buscamos, também, por meio do desenvolvimento deste plano de unidade oferecer aos professores uma alternativa coerente e contextualizada para o ensino do conteúdo de radiações e radioatividade. Entendemos que a proposta aqui

apresentada não encera os esforços direcionados para o desenvolvimento de novos materiais sobre o assunto, mas apenas contribui com uma perspectiva que muitas vezes não é devidamente enfatizada nos livros da Educação Básica.



## APÊNDICES:

### Tópico 1: Introdução histórica à radioatividade

#### APÊNDICE 1: QUESTIONÁRIO INICIAL E FINAL DO PLANO DE UNIDADE

1. Qual é a diferença entre radiação e radioatividade? Cite exemplos.
2. Quais são os marcos históricos relacionados à descoberta da radioatividade?
3. Quais são os tipos de decaimento radioativo que os núclídeos radioativos podem sofrer? Explique cada tipo.
4. Quais são as aplicações da radioatividade no mundo atual?
5. Cite os problemas causados pela exposição de radiação no corpo humano.
6. Como podemos determinar o ganho de energia nas reações nucleares? Explique!
7. O que é a datação radioativa? Qual relação entre o número de decaimentos e o tempo? Explique!

## RESPOSTAS

1. A radiação é uma forma de transmissão de energia modulada pelo comportamento ondulatório, seja por meio de partículas ou ondas eletromagnéticas. Já a radioatividade é o campo de estudo destinado a estudar o fenômeno pela qual ocorre a emissão de radiação por núcleos de átomos instáveis, estes núcleos vão se estabilizar ao se transformar em outro núcleo. Alguns exemplos para radiação: radiação alfa, beta e gama; raios-X, radiação ultra-violeta, infravermelho, micro-ondas. Alguns exemplos para radioatividade: Isótopos de Urânio-235 (usado para produção de energia e em bombas nucleares), césio-137 (acidente em Goiânia), iodo-131 (usados para tratamento da tireóide).
2. A descoberta dos raios-X por Wilhem Roentgen, possibilitando ter a visão do interior do corpo humano por meio de radiografias. O trabalho de Marie Curie, inclusive a descoberta dos elementos químicos rádio e polônio. A descoberta das partículas alfa por Rutherford.
3. As radiações nucleares são aquelas que tem origem no núcleo do átomo e podem ser de vários tipos, sendo que as mais comuns são as partículas alfa, beta e radiação gama. As partículas alfa são constituídas por átomos de Hélio, ou seja, dois prótons e dois nêutrons, quando um núcleo radioativo emite

partículas alfa ele perde dois prótons se transformando em outro elemento. As partículas beta são elétrons emitidos pelo núcleo do átomo, ou seja, onde os núcleos radioativos emitem um neutrino, um elétron ou um pósitron para se estabilizar. Se ocorrer a emissão de um elétron, as partículas são beta menos, se ocorrer a emissão de um pósitron as partículas são beta mais. A radiação gama é formada por ondas eletromagnéticas emitidas do núcleo de um átomo, sendo uma radiação neutra.

4. Sua aplicação se dá na área da medicina, para o mapeamento dos órgãos e tratamento de câncer; nos alimentos, onde são utilizados radiações ionizantes para conservação e eliminação de microorganismos patogênicos, produção de energia elétrica em usinas nucleares, pelo uso de isótopos radioativos como o Urânio-235, além da produção de armas bélicas.
5. Doenças de pele, danos nas células, destruição do DNA, surgimento de câncer e morte.
6. Em uma reação nuclear o ganho ou perda de energia é determinado em função da variação de massa durante a reação, sendo medida em Joules (J) no sistema internacional de unidades. Outra unidade de medida muito utilizada é o elétron-volt (eV), onde o símbolo “e” denomina a carga elementar ( $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ) e V indica a diferença de potencial em Volts. As reações nucleares mais comuns envolvem aquelas de decaimentos espontâneos, as de Fissão e as de fusão nuclear que ocorrem costumeiramente em estrelas e liberam uma grande quantidade de energia.
7. A datação radioativa permite que se calcule a idade de determinado material, como por exemplo, objetos antigos, tais como fósseis, múmias ou até mesmo a idade de rochas. Ela baseia-se na atividade radioativa, ou seja, o número de átomos que decaem em função do tempo para uma amostra radioativa diminui exponencialmente com o tempo. Portanto, monitorando a quantidade de um elemento radioativo presente em uma amostra e a quantidade de seus rejeitos formados a partir do seu decaimento é possível estimar a idade de um artefato. O  $\text{C}^{14}$  por exemplo leva 5730 anos para que metade dos átomos decaia. Outra forma estimar o tempo ocorre pelo monitoramento do número de partículas emitidas a partir das reações nucleares. Este número diminui exponencialmente e pelo seu monitoramento em diferentes instantes podemos prever a quantidade de isótopos presentes na amostra em um dado instante.

## APÊNDICE 2: QUESTIONÁRIO FINAL DE TÓPICO DE CONTEÚDO

1. Na sua opinião porque é tão importante estudar o tema radioatividade?
2. De acordo com o texto abaixo e com as explicações realizadas em sala aula, elabore um fluxograma sobre a história da radioatividade.

Os últimos anos do século XIX e os primeiros do XX foram marcados pela descoberta dos raios-x e da radioatividade, que viriam a revolucionar as teorias atômicas. Tais descobertas também estimularam desde aquela época inúmeras pesquisas, visando não só entender aqueles novos fenômenos como também propor aplicações destes. Os primeiros relatos sobre a radioatividade, devidos a Antoine- Henri Becquerel<sup>1</sup> (1852-1908), foram feitos apenas alguns meses após a divulgação da existência dos raios-x, feita por Wilhem Conrad Roentgen<sup>1</sup> (1845-1923).

A população e a mídia podiam perceber de imediato os efeitos dessas descobertas. Por exemplo, os raios-X permitiam a visão interior do corpo humano por meio das radiografias, causando um impacto maior que a radioatividade, que não podia ser vista pelas pessoas. Os trabalhos do casal Curie tiveram crucial importância na mudança de rumo que tomaria a radioatividade. A partir das primeiras observações de Marie Curie (1867-1934), em abril de 1898, quando constatou que havia algum componente mais ativo que o Urânio em seus minerais naturais, o casal isolou o rádio em 1902, após três anos de trabalhos exaustivos (Hahn, 1950).

Em 1903, Pierre Curie (1859- 1906) e Albert Laborde (1878-1968) publicaram uma nota, citando que o rádio estava sempre em temperatura maior que a do ambiente que o circundava. Ernest Rutherford<sup>1</sup> (1871-1937) e seu assistente Howard T. Barnes (1873-1950) notaram que a energia cinética das partículas oriundas da desintegração do rádio era convertida em energia térmica após as colisões (Rutherford, 1905). Essa fonte de calor era uma novidade no meio científico (Hahn, 1950).

O impacto da descoberta do Rádio e dos primeiros relatos sobre a natureza da radioatividade pode ser atestado pela concessão de diversos prêmios Nobel aos pioneiros que os estudaram. Este trabalho mostra como a sociedade daquela época recebeu as notícias acerca da radioatividade e seus desdobramentos e a relação entre as pessoas e o emprego do novo fenômeno.

## RESPOSTAS

1. RESPOSTA PESSOAL DO ALUNO
2. RESPOSTA ESPERADA: Elaboração de um fluxograma com o tema central radioatividade, onde é evidenciado os fatos históricos desde a descoberta dos raios-X até o uso da radioatividade em bombas atômicas e energia nuclear.

### Tópico 2: Ensino de Isótopos e Radionuclídeos

#### APÊNDICE 3: QUESTIONÁRIO FINAL DE TÓPICO DE CONTEÚDO

1. O que são nuclídeos estáveis e radionuclídeos? Explique!
2. Qual é a energia de ligação por núcleon associada ao nuclídeo  $^{120}_{50}\text{Sn}$  (cuja massa real é 119,902197 u) em unidades de massa atômica? (Dados: 1 MeV =  $1,602 \times 10^{-13}\text{J}$ ;  $^1\text{H} = 1,007825\text{u}$ ;  $n = 1,008665\text{u}$ ) (HALLIDAY, RESNICK, 2014).
3. O Sol é uma estrela que fornece energia com base na Fusão Nuclear, onde 4 átomos de Hidrogênio ( $^1\text{H} = 1,007825\text{u}$ ) se fundem formando 1 átomo de Hélio ( $^4\text{He} = 4,002602\text{u}$ ). Nesse processo a perda de massa é convertida em radiação e calor. Determine a energia envolvida em cada uma dessas fusões. Considerando que a cada segundo o Sol emite  $4 \cdot 10^{26}\text{ J}$ , determine a perda de massa por segundo (HALLIDAY, RESNICK, 2014).

## RESPOSTAS

1. Os nuclídeos estáveis são isótopos de elementos químicos, na qual não emitem radiação, já os radionuclídeos são isótopos radioativos que emitem radiação para se estabilizar, se transformando em outro elemento químico.
2.  $^{120}_{50}\text{Sn}$ , nêutrons = 70

$$M = 119,902197\text{u}$$

$$u = 1,661 \times 10^{-27}\text{Kg e } c^2 = 89,8755 \times 10^{16}$$

$$\text{Nêutrons (n)} = 70 + 1,008665\text{u} = 70,60655\text{u}$$

$$\text{Protóns (p)} = 50 + 1,007825\text{u} = 50,39125\text{u}$$

$$m = n + p$$

$$m = 70,60655 + 50,39125$$

$$m = 120,9978u$$

Necessitamos dividir a energia de ligação por 120 núcleons (protons + neutrons)

$$\begin{aligned}\Delta E_l &= (m - M) \times c^2 / 120 \\ \Delta E_l &= 9,13 \times 10^{-3} \times u \times c^2 \\ \Delta E_l &= 1,36 \times 10^{-12} J\end{aligned}$$

3.

$$\text{a) } \Delta E = -(m_f - m_i) \times c^2$$

$$\begin{aligned}\Delta E &= -[(4,002602 u) - 4 \times (1,007825)] \times c^2 \\ \Delta E &= -(-0,028698 u) \times c^2 \\ \Delta E &= 4,284 \times 10^{-12} J \\ \Delta E &= 26,74 \text{ Mev (energia por fusão)}\end{aligned}$$

$$\text{b) } X \rightarrow 4 \times 10^{26} \text{ J/s}$$

$$\begin{aligned}1 \text{ FUSÃO} &\rightarrow 4,28 \times 10^{-12} J \\ X &= 9,34 \times 10^{37} \text{ FUSÕES/s}\end{aligned}$$

$$|\Delta m| = 4m_H - 1m_{He}$$

$$|\Delta m| = 0,028698 u$$

$$|\Delta m| = 4,767 \times 10^{-29} \text{ Kg (perda de massa por fusão)}$$

$$\frac{\Delta m}{\text{segundos}} = \Delta M \times X = 4,45 \times \frac{10^9 \text{ Kg}}{s}$$

### Tópico 3: Decaimento radioativo

#### APÊNDICE 4: QUESTIONÁRIO FINAL DE TÓPICO DE CONTEÚDO

1. Conforme explicado em sala de aula, existem três tipos de decaimento - Alfa, Beta e Gama. Explique como ocorrem esses decaimentos e quais são suas características mais comuns.
2. Dado um isótopo radioativo cuja meia-vida é de 6,5 horas e existindo inicialmente  $48 \times 10^{19}$  átomos desse isótopo, que porcentagem de átomos desses isótopos restará após 26 horas? (FILHO, A.G. TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. 1. ed. São Paulo, SP: Leya, 2013.)
3. Analise as afirmações a seguir e indique a alternativa correta:
  - I. Na desintegração natural de um núcleo radioativo, sua composição é alterada para atingir uma configuração mais estável transformando-se em outro elemento químico.
  - II. A massa do núcleo de um átomo é aproximadamente igual á massa

do átomo.

III. O núcleo dos átomos sempre tem o mesmo número de nêutrons e de prótons.

- A. Somente I é verdadeira.
- B. I e III são verdadeiras.
- C. Somente II é verdadeira.
- D. I e II são verdadeiras.

(FILHO, A.G. TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. 1. ed. São Paulo, SP: Leya, 2013.)

4. O rádio-226 é radioativo e tem meia-vida aproximada de 1600 anos. O tempo necessário para que 1 Kg desse material tenha reduzida sua atividade radioativa para 1% da quantidade da massa inicial será de:
- a) 100 anos.
  - b) 500 anos.
  - c) 1000 anos.
  - d) 11000 anos.

(FILHO, A.G. TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. 1. ed. São Paulo, SP: Leya, 2013.)

## RESPOSTAS

1. As radiações nucleares podem ser de vários tipos, as mais comuns são as partículas alfa, beta e radiação gama. As partículas alfa são constituídas por núcleos de Hélio, ou seja, dois prótons e dois nêutrons. Quando um núcleo radioativo emite partículas alfa ele perde dois prótons se transformando em outro elemento com número atômico menor. As partículas beta são compostas por elétrons ou pósitrons emitidos pelo núcleo do átomo juntamente com um neutrino. Se ocorrer a emissão de um elétron, o decaimento é chamado de beta menos, se ocorrer a emissão de um pósitron o decaimento recebe o nome de beta mais. A radiação gama é formada por ondas eletromagnéticas emitidas do núcleo de um átomo isento de carga elétrica.

2.

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\lambda} \times \ln 2$$

$$6,5 = \frac{1}{\lambda} \times \ln 2$$

$$6,5\lambda = \ln 2$$

$$\lambda = 0,1066$$

$$n = n_0 \times e^{-\lambda t}$$

$$n = 48 \times 10^{19} \times e^{-0,1066 \times 26}$$

$$n = 3,00 \times 10^{19} \text{ átomos}$$

$$48 \times 10^9 \rightarrow 100\%$$

$$3,00 \times 10^9 \rightarrow X$$

$$X \rightarrow 6,25\%$$

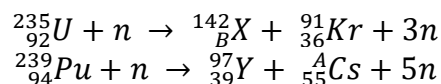
3. D) I e II são verdadeiras

4. D) 11000 anos

#### Tópico 4: Noções de energia e reações nucleares

#### APÊNDICE 5: QUESTIONÁRIO FINAL DE TÓPICO DE CONTEÚDO

1. Explique em forma de desenho como acontece o processo de fissão e fusão nuclear. Faça um segundo desenho, representando o funcionamento de uma usina nuclear.
2. (Unifesp) 60 anos após as explosões das bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki, oito nações, pelo menos, possuem armas nucleares. Esse fato, associado a ações terroristas, representa uma ameaça ao mundo. Na cidade de Hiroshima foi lançada uma bomba de Urânio-235 e em Nagasaki uma de Plutônio-238, resultando em mais de 100 mil mortes imediatas e outras milhares como consequência da radioatividade. As possíveis reações nucleares que ocorreram na explosões de cada bomba são representadas nas equações:



Nas equações, B, X, A e o tipo de reação nuclear são, respectivamente:

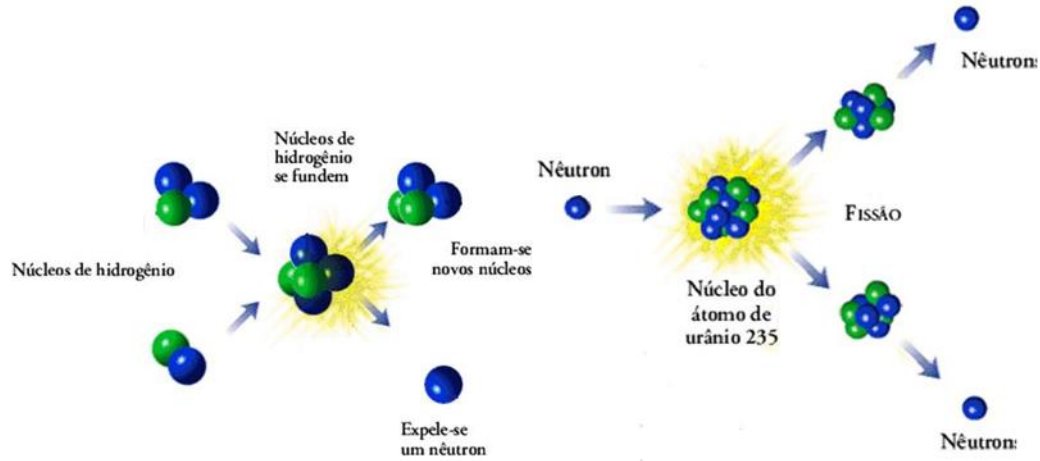
- a) 52, Te, 140 e fissão nuclear.
- b) 54, Xe, 140 e fissão nuclear.
- c) 56, Ba, 140 e fusão nuclear.
- d) 56, Ba, 140 e fusão nuclear.
- e) 56, Ba, 138 e fissão nuclear.

(FILHO, A.G. TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. 1. ed. São Paulo, SP:

Leya, 2013.)

## RESPOSTAS

1.



2. e)

### Tópico 5: Efeitos da radiação e os usos da radioatividade

#### APÊNDICE 6: QUESTIONÁRIO FINAL DE TÓPICO DE CONTEÚDO

1. Elabore um fluxograma representando quais os usos da radioatividade no decorrer da história até os dias atuais. Responda esta questão com base em seus conhecimentos sobre todo o conteúdo abordado.

## RESPOSTAS

1. RESPOSTA ESPERADA: Elaboração de um fluxograma com exemplos dos usos da radioatividade, desde a utilização dos raios-x no início do século XX até a utilização na sociedade atual.



## 6. ANEXOS

### Tópico 1: Introdução histórica à radioatividade

#### Anexo 1

1. O espalhamento de Rutherford\_

[https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering\\_pt\\_BR.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering_pt_BR.html)

2. A importância de Marie Curie e a descoberta da Radioatividade <https://youtu.be/lu6iRAYSJZM>

### Tópico 3: Decaimento Radioativo

#### Anexo 2

1. Decaimento Alfa e Beta\_

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/alpha-decay](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/alpha-decay)

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/beta-decay](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/beta-decay)

### Tópico 4: Noções de Energia e Reações Nucleares

#### Anexo 3

1. Bomba atômica e armas nucleares\_

<https://www.youtube.com/watch?v=J9SAZ314y>

[Ng](#)

### Tópico 5: Efeitos da Radiação e os Usos da Radioatividade

#### Anexo 4

1. Reportagem sobre os efeitos da radiação

<https://www.youtube.com/watch?v=ru6MIN-dAsY>

2. Césio 137\_

<https://www.youtube.com/watch?v=pjyt8Em6>

[Nk](#)

## 7. REFERÊNCIAS

NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de; ANTUNES, Estudo da radioatividade, suas aplicações e implicações ambientais. In: \_\_\_\_\_. **Química VOLUME 3 – ENSINO MÉDIO**. 1. ed. Curitiba: Positivo, 2016, p. 12-43.

GONÇALVES, FARIAS, GONÇALVES. **Radioatividade X Radiação**. 2008. Módulo Inovador de Ensino (Disciplina de Metodologia do Ensino da Física 1) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

HALLIDAY, DAVID. Física Nuclear, Energia Nuclear. In: **Fundamentos de Física**. 8. Ed. LOCAL: LTC, ANO, p. 295-347.

AQUINO, Kátia Aparecida da Silva; AQUINO, Fabiana da Silva. **Radioatividade e Meio Ambiente: os átomos instáveis da natureza**. 2012. Projeto Comemorativo (Sociedade Brasileira de Química) – São Paulo, 2012.

FARIAS, Rejane Maria da Silva. **O legado de Marie Curie: Desafios e perspectivas da mulher na ciência**. 2018. Dissertação (Pós Graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia) – Universidade Estadual da Paraíba, Paraíba, 2018.

PERUZZO, CANTO. **Radioatividade: fenômenos de origem nuclear**. In: \_\_\_\_\_. **QUÍMICA na abordagem do cotidiano**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003, p. 293- 315

LIMA, Rodrigo da Silva; PIMENTEL, Luíz Cláudio Ferreira; AFONSO, Júlio Carlos. O despertar da radioatividade ao alvorecer do século XX. **Química Nova na Escola**, São Paulo, vol. 33, n. 2, p. 93-99, maio. 2011.

CARVALHO, J. F; SAUER, I. L. **Cálculo do custo da geração de usinas nucleares**. Instituto de Desenvolvimento Estratégico do Setor Energético. 2011. Disponível em: < <http://www.ilumina.org.br/calculo-do-custo-da-geracao-de-usinas-nucleares/>>. Acesso em: 21 maio 2019.

BRASIL. Energia Nuclear: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Disponível em: < <http://www.cnen.gov.br/armazenamento-de-rejeitos-radiotivos>>. Acesso em: 21 maio 2019.

ALVES, Ana Paula; SOUZA, Wender Q. De; STASCOVIAN, Juliana. Usina Nuclear: seus impactos ambientais. In: Anais Jornada de Engenharia de Produção. 2., 2016, Tangará da Serra/MT. **Anais...** Tangará da Serra/MT: UNIC, 2016, p. 246-259.

## APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

Você está sendo convidado a participar da pesquisa **"A RADIOATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA DA PEDAGOGIA HISTÓRICO-CRÍTICA: O ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO"**, sob responsabilidade do pesquisador RAFAEL ROCHA FERREIRA e seus professores orientadores, prof. Dra. Natalia Neves Macedo Deimling e Prof. Dr. Cesar Vanderlei Deimling.

O objetivo deste estudo consiste em elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica para o Ensino do conteúdo radioatividade na disciplina de Química no Ensino Médio.

Você foi selecionado porque atende ao critério de seleção dos participantes da pesquisa, qual seja: é estudante da disciplina de Química e está regularmente matriculado no segundo ano do ensino médio.

Sua participação não é obrigatória e a qualquer momento você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. A sua recusa na participação não trará nenhum prejuízo à sua relação com o pesquisador ou com a Unidade Escolar na qual você estuda.

Sua participação consistirá no acompanhamento, assiduidade e envolvimento nas atividades que serão desenvolvidas pelo próprio pesquisador em sala de aula, com estudantes do segundo do ensino médio, sobre o tema de seu Trabalho de Conclusão de Curso, segundo objetivo explicitado acima.

A pesquisa será desenvolvida no Colégio \_\_\_\_\_, pertencente ao Núcleo Regional de Educação de Campo Mourão, em uma turma do segundo ano do ensino médio. Essas atividades serão desenvolvidas somente com a autorização do(a) diretor(a) da Unidade Escolar.

Seu consentimento em participar não acarretará desconfortos, gastos financeiros ou riscos de ordem psicológica, física, moral, acadêmica ou de outra natureza. Sua participação, ao contrário, poderá trazer benefícios, pois você estará participando de uma pesquisa que busca proporcionar aos estudantes uma aprendizagem mais crítica, problematizadora e transformadora que lhes permitam compreender a prática social de maneira mais ampla, científica e elaborada. Ademais, visamos com este trabalho contribuir para que os estudantes e os professores do ensino médio compreendam a importância do papel da Química na educação básica e de sua relação indissociável com a prática social.

Os dados da pesquisa serão coletados a partir do desenvolvimento das atividades teórico-experimentais que serão realizadas em sala de aula pela própria pesquisadora. Todas as informações obtidas através dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o total sigilo sobre sua participação. Algumas das atividades desenvolvidas serão gravadas por áudio, tendo em vista garantir a coleta e análise fidedigna dos dados.

Os resultados serão utilizados para a conclusão da pesquisa acima citada. Os dados coletados durante o estudo serão analisados e apresentados sob a forma de relatórios e serão divulgados por meio de trabalhos apresentados em reuniões científicas, periódicos e do próprio Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Comprometemo-nos a disponibilizar uma cópia da versão final do TCC ao Colégio \_\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador

Eu, \_\_\_\_\_, declaro que entendi os objetivos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Araruna, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante da Pesquisa