



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA**
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS DA NATUREZA E MATEMÁTICA

MARÍLIA KÉSSIA DOS SANTOS SOUZA

**ESTRATÉGIAS PARA ENSINAR RADIOATIVIDADE EM UMA ESCOLA DE
ENSINO MÉDIO EM TEMPO INTEGRAL EM REDENÇÃO-CE**

ACARAPE-CE

2017

MARÍLIA KÉSSIA DOS SANTOS SOUZA

ESTRATÉGIAS PARA ENSINAR RADIOATIVIDADE EM UMA ESCOLA DE ENSINO
MÉDIO EM TEMPO INTEGRAL EM REDENÇÃO-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática com Habilitação em Física, do Instituto de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito parcial para a obtenção do Título de Licenciado em Ciências da Natureza e Matemática - Habilitação em Física.

Orientadora: Profa. Dra. Cinthia Marques Magalhães Paschoal

ACARAPE - CE

2017

MARÍLIA KÉSSIA DOS SANTOS SOUZA

ESTRATÉGIAS PARA ENSINAR RADIOATIVIDADE EM UMA ESCOLA DE ENSINO
MÉDIO EM TEMPO INTEGRAL EM REDENÇÃO-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências da
Natureza e Matemática com Habilitação em Física, do
Instituto de Ciências Exatas e da Natureza da
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia
Afro-Brasileira, como requisito parcial para a obtenção
do Título de Licenciado em Ciências da Natureza e
Matemática - Habilitação em Física.

Orientadora: Profa. Dra. Cinthia Marques Magalhães
Paschoal

Aprovado em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Professora Doutora Cinthia Marques Magalhães Paschoal
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Professor Doutor Michel Lopes Granjeiro
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Professora Doutora Sinara Mota Neves de Almeida
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Souza, Marília Késsia Dos Santos.

S716e

Estratégias para ensinar radioatividade em uma escola de ensino médio em tempo integral em Redenção - CE / Marília Késsia Dos Santos Souza. - Acarape, 2017.

57f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Ciências da Natureza e Matemática, Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro- Brasileira, Redenção, 2017.

Orientadora: Prof^a Dr^a Cinthia Marques Magalhães Paschoal.

1. Física (Ensino médio) - Estudo e ensino. 2. Radioatividade - Estudo e ensino. I. Título

CE/UF/BSCL

CDD 536

Dedico aos professores de Física, para tomarem como um pequeno exemplo de como pode ser explorado esse conteúdo.

Aos que ainda acreditam que a educação dos jovens brasileiros pode influenciar na mudança do seu bairro, município e etc.

Á todos que me auxiliaram para que esse trabalho fosse concretizado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Deus autor da minha fé, que me deu força e capacidade para chegar até onde estou. Também o agradeço por ter usado pessoas para me auxiliarem nos momentos bons e difíceis dessa trajetória.

Aos meus pais José Antônio Souza dos Santos e Maria de Fátima dos Santos Souza, os quais foram alicerces para que eu me construísse como pessoa e profissional, orientando e respeitando as minhas decisões.

As minhas irmãs Vitória Kelly dos Santos Souza e Alice Kellen dos Santos Souza que muitas vezes renovaram as minhas forças com seu amor e carinho.

Ao meu noivo Francisco de Assis Pinheiro da Silva Júnior pela compreensão, carinho e ajuda nas intempéries e bonanças.

Á todos os meus amigos, em especial Fabricio Maia de Oliveira e Wellisson Pires Lima, que acompanharam de mais perto a vida acadêmica, não medindo esforços em me ajudar, e também pela companhia nas alegrias e nas tristezas.

Aos meus professores desde a amizade compartilhada às exortações que além de gerarem conhecimento científico difundiram valores humanísticos. E mesmo aos que foram superficiais e indiferentes, me ensinaram a ser diferente com os meus alunos. E em especial a professora Cinthia Marques Magalhães Paschoal que me auxiliou em momentos de transições e de aprendizagem, não mediu esforços para que esse trabalho pudesse ser elaborado e concretizado.

E aos meus alunos da Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Padre Saraiva Leão que me auxiliaram na identificação profissional como também aos demais atores do ambiente escolar.

RESUMO

Foi proposto, na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Padre Saraiva Leão, localizada em Redenção/CE, o minicurso “O uso da Radioatividade na atualidade”, com o intuito de integrar às aulas de Física esse assunto, que cada vez mais está inserido no cotidiano das pessoas e para que houvesse uma aprendizagem significativa foram utilizadas estratégias diferenciadas, como o uso de ferramentas audiovisuais, simulações computacionais, a abordagem histórica do conteúdo, Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e a contextualização. Foi feita uma análise em três livros didáticos para identificar como é abordado o tema da radioatividade e para o minicurso, foi aplicado inicialmente um pré-teste em seguida ao minicurso um pós-teste (igual ao pré-teste). A análise dos livros mostrou que dois deles abordam o assunto revelando deficiência em relação ao conteúdo de radioatividade. Quanto ao minicurso os testes mostram um aumento de questões com maior número de acertos, o que significa que houve resultado satisfatório no processo de ensino e aprendizagem. Através das apresentações realizadas pelos estudantes pode-se notar o envolvimento e a interação dos alunos para pesquisar e apresentar os temas propostos. Diante dos resultados do minicurso, percebe-se que trazer diferentes abordagens motiva os estudantes e que tratar da temática radioatividade no Ensino Médio é importante para os alunos adquirirem conhecimento desse tema.

PALAVRAS CHAVE: Radioatividade. Ensino de Física. Estratégias. Aprendizagem Significativa.

ABSTRACT

The mini-course "The use of Radioactivity in the present time", in order to integrate into the Physics class this subject, has been proposed, in the School of High School in Full Time Padre Saraiva Leão, located in Redenção / CE, The use of audiovisual tools, computer simulations, the historical approach to content, science, technology and society (CTS) and contextualization. An analysis was done in three didactic books to identify how the subject of radioactivity is approached and for the mini-course, a pre-test was initially applied instead of a mini-course a post-test (equal to the pre-test). An analysis of the books shown by two of them addresses the subject revealing deficiency regarding the content of radioactivity. As for the mini-course of the tests, they show an increase of questions with greater number of accidents, which means that it is a satisfactory result in the process of teaching and learning. Through the presentations made by the students can be noted the involvement and an interaction of the students to research and present the proposed themes. In view of the results of the mini-course, it is perceived that bringing different approaches motivates the students and that deals with the subject radioactivity not High School is important for students to acquire knowledge of the subject.

KEYWORDS: Radioactivity. Teaching Physics. Strategies. Meaningful Learning.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tempo de meia-vida de alguns núcleos radioativos.	26
Tabela 2 – Múltiplos da unidade Curie	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Wilhelm C. Roentgen	22
Figura 2 – Antonie Henri Becquerel	23
Figura 3 – Curva do decaimento radioativo	25
Figura 4 – Representação da partícula alfa	27
Figura 5 – Decaimento beta menos	28
Figura 6 – Decaimento beta mais	28
Figura 7 – Emissão gama	29
Figura 8 – Penetração das emissões radioativas	29
Figura 9 – Representação do modelo da gora líquida do núcleo	31
Figura 10 – Representação de uma reação em cadeia do átomo de U^{235}	32
Figura 11 – Representação da fusão nuclear	33
Figura 12 – Radiodiagnóstico da tireoide	35
Figura 13 – Equipamentos de Colbatoterapia: cobalto de coluna	35
Figura 14 – Equipamentos de braquiterapia	37
Figura 15 – Gamagrafia de uma peça	38
Figura 16 – Ilustração dos resultados da irradiação de alimentos	38
Figura 17 – Usina nuclear de Angra 1 e Angra 2, no Rio de Janeiro	40
Figura 18 – Alunos respondendo o pré-teste	45
Figura 19 – Resultado do pré-teste	45
Figura 20 – Apresentação do grupo 1 - Acidentes Nucleares	47
Figura 21 – Apresentação do grupo 2 – Aplicações da Radioatividade na Medicina	48
Figura 22 – Apresentação do grupo 3 – Aplicações da Radioatividade na Agricultura e Indústria	48
Figura 23 – Resultados do pós-teste	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 A radioatividade no Ensino Médio	14
2.2 Aprendizagem significativa e o ensino de física	16
2.3 Estratégias para o ensino de física	19
2.4 História da radioatividade	21
2.5 Radioatividade	24
2.6	28
Reações nucleares	32
2.7 Aplicações da radioatividade	34
2.7.1 Aplicações na Medicina	34
2.7.1.1 Medicina Nuclear	35
2.7.1.2 Radioterapia	37
2.7.1.3 Acidentes envolvendo radioterapia	37
2.7.2 Indústria	38
2.7. 3 Agricultura	39
2.7.4 Armamentos Nucleares	39
2.7.5 Usinas Nucleares	40
2.7.1.5.1 Acidentes envolvendo usinas nucleares	41
2.7.6 Datação com Carbono-14	42
3. METODOLOGIA	
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
5 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS.....	51
APÊNDICE	57

1. INTRODUÇÃO

Desde décadas passadas, autores educacionais tinham a perspectiva de que a escola deveria ser um local propício para que crianças, adolescentes e jovens se desenvolvessem na sociedade por meio de várias ferramentas, sendo uma delas a cultura científica. Apesar desse pensamento se propagar durante os anos, o país tem sofrido com o chamado analfabetismo científico e educadores brasileiros afirmam que nossas crianças não se interessam por ciência e a razão disso está num Ensino Fundamental deficiente e desinteressante (FERREIRA, 2013). Não restringindo esse conceito apenas aos que estão às margens da escolaridade, mas também aos que estão inseridos dentro da comunidade escolar, essa afirmação mostra como a formação escolar está sendo dada de forma precária principalmente na área das Ciências, gerando perda de potencialidades a serem desenvolvidas. Essa precariedade é fruto de diversas dificuldades ainda encontradas na escola, como o despreparo dos professores, falta de infraestrutura, recursos didáticos minimizados, dentre outras.

Apesar deste cenário, não se pode conformar-se com essa situação tendo em vista que atualmente ciência e tecnologia constituem realidades muito presentes na vida cotidiana. Além disso, mais do que nunca, tem-se a consciência de que a ciência é uma prática social relevante e necessária para a resolução ou encaminhamento de muitos problemas humanos (VALE, 2009).

Para que se obtenha um resultado relevante em contrapartida aos resultados presentes é necessário incorporar, às aulas de Física, conteúdos que remetam a atualidade trazendo também questões tecnológicas, para oportunizar aos estudantes uma formação básica do conhecimento científico. Para isso, é necessário, muitas vezes, introduzir textos complementares ao livro didático (pois há casos em que a informação é superficial e simplificada), dinamizar as formas de exposição de conteúdos e também a produção dos discentes. Isso auxilia para que os alunos tenham uma aprendizagem significativa. Ausubel (1980) afirma que aprender de forma significativa é atribuir significado ao que é aprendido e relacioná-lo com o que já se sabe. Ou seja, utilizar em sala de aula a bagagem que o aluno já traz consigo, para que faça sentido aquilo que muitas vezes lhe é imposto sem argumentação.

O dinamismo em sala de aula pode ser gerado também a partir da análise histórica dos assuntos, sendo uma fonte propulsora e estimulante ao desenvolvimento dos raciocínios a

serem produzidos em aula. Castro e Carvalho (1995) apontam que ignorar a dimensão histórica da Ciência reforça uma visão distorcida e fragmentada da atividade científica e que a utilização da história da ciência é como um fio condutor das discussões que permeiam a sala.

Este trabalho teve o intuito de complementar as aulas de Física de forma dinâmica criando e moldando uma cultura científica nos alunos, explorando a radioatividade, uma área de estudo que se encontra presente no país e que se dilui na sociedade de forma contextualizada e interdisciplinar, se visou assim ofertar na Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Padre Saraiva Leão (localizada na cidade de Redenção/CE) um curso que tem por tema: O uso da radioatividade na atualidade.

De acordo com o Parâmetro Curricular Nacional Ensino Médio + - PCN⁺ (2002), a radioatividade é um tema capaz de organizar competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico e que

introduzir a radioatividade no Ensino Médio significa promover nos jovens competências para, por exemplo, ter condições de avaliar riscos e benefícios que decorrem da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico (radiografias, tomografias etc.), acompanhar a discussão sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear ou compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática.

Mesmo com vastas áreas de aplicação, a radioatividade costuma ser um assunto que quase nunca se é visto durante o ano letivo, já que nos planos anuais das escolas existem assuntos considerados mais importantes a serem ministrados. Em contra partida é necessário ensinar ciência de modo significativo e interessante a todos indistintamente atendendo a quantidade com qualidade, e colocar a prática social como ponto de partida e de chegada da educação científica tomando o contexto como fonte de inspiração (VALE, 2009).

Este trabalho possui cinco capítulos, são eles: o primeiro é esta introdução; o segundo trata da fundamentação teórica, em que é abordado sobre a radioatividade no ensino médio, as estratégias para o ensino de física, histórico, propriedades e algumas das aplicações da radioatividade; o terceiro trata da metodologia utilizada para a preparação do minicurso; o quarto apresenta os resultados e discussões; e o quinto as conclusões.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será abordado sobre a radioatividade no ensino médio, as colocações do PCN sobre este conteúdo; as estratégias para o ensino de física para obtenção de uma aprendizagem significativa; a história da radioatividade, os tipos de decaimento radioativo, as reações nucleares e algumas das aplicações da radiatividade.

2.1 A RADIOATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO

Atualmente a sociedade usufrui cada vez mais de equipamentos ou matérias de diversas áreas, como saúde, agricultura, dentre outras, que utilizam a radioatividade. E segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio⁺ (PCNEM⁺), inserir esse assunto na escola de Ensino Médio tem o intuito de contribuir ao desenvolvimento de competências nos jovens de avaliar questões que não estão longínquas de sua realidade, por exemplo: compreender os mecanismos terapêuticos e diagnósticos que utilizam a radiação, quais os malefícios e benefícios do uso as radiações, os problemas ambientais, sociais e políticas que estão em volta da utilização da energia nuclear (BRASIL, 2002).

A área da Física em que podem ser estudados os fenômenos da radioatividade é a Física Moderna e Contemporânea (FMC), porém nas escolas de Ensino Médio existe uma grande defasagem desses conteúdos, considerada por Tironi *et al.* (2013) uma falha grave, já que na sociedade atual quase metade dos recursos tecnológicos existentes fazem uso de conceitos relacionados à Física Moderna, sendo essa mesma sociedade incapaz de compreender os funcionamentos mínimos de aparelhos como aparelhos celulares, computadores, LEDs e etc. Ainda para Tironi *et al.* (2013), o que se ensina na escola deve auxiliar os alunos na construção de uma cultura científica, além de contribuir para compreensão dos processos de produção do conhecimento humano e da tecnologia, suas aplicações, consequências e limitações.

Como o Ensino Médio passa a ser a única forma de escolarização formal em Física, ao não se tratar de FMC priva-se o futuro cidadão, em face de tudo que foi discutido anteriormente, de tomar conhecimento desta nova maneira criada pelo homem, de compreender e prospectar realidade (BROCKINGTON, 2005).

A inserção de conteúdos de FMC nos livros didáticos do Ensino Médio vem ocorrendo de forma gradual nos últimos anos. No entanto, muitas vezes esses assuntos não são abordados adequadamente por muitos professores, sendo que ao final do 3º ano os alunos sabem uma quantidade quase insignificante destes conteúdos. Esta realidade mostra que a área cujos assuntos são mais abordados é a Física Clássica (TIRONI *et al.*, 2013).

E quando assuntos como radioatividade, e outros sobre FMC são abordados em sala de aula, os mesmos são restringidos à apresentação de apenas alguns tópicos, com pouca ênfase histórica, de forma muito direta, quase nunca aplicada ao cotidiano (TIRONI *et al.*, 2013).

De acordo com Silva *et al.* (2011)

Quando se trata do tema radioatividade, sabe-se que este é um conteúdo importante e complexo, porém que gera muita polêmica, pois muitas tragédias envolvendo compostos radioativos foram assistidas e vivenciadas por pessoas de todo o mundo, inclusive no Brasil, com o caso do Césio-147, ocorrido na cidade de Goiânia-GO. Ao se tratar sobre a radioatividade, pode-se levar para a sala de aula não somente as discussões sobre as tragédias radioativas, mas também apresentar aos alunos o benefício que estes compostos podem trazer para a sociedade. Outro fator a ser destacado é que a radiação não provém somente de elementos radioativos, mas que no nosso dia a dia recebemos aproximadamente 87% de radiação chamada natural, ou seja, aquela que provém do Sol.

Mesmo tendo em vista que experimentos com Radioatividade podem ser perigosos e inviáveis em escolas, principalmente naquelas desprovidas de materiais apropriados, os alunos do Ensino Médio devem possuir conhecimento epistemológico sobre o assunto (BRASIL, 2002).

No entanto, Viana e Mota (2008, p. 68) relatam, a partir de estudos realizados em três escolas na cidade de Campos dos Goytacazes/RJ, que “é grande a quantidade de alunos que concluem o Ensino Médio e não conhecem nada sobre Radioatividade”. E mesmo os que ouviram falar sobre esse assunto, possuem um conhecimento oriundo de fontes que não proporcionam o desenvolvimento da criticidade, inculcando no aluno uma visão unilateral sobre o tema, sendo, em grande parte, relacionada a aspectos negativos (VIANA; MOTA, 2008). Em um estudo promovido por Sesen e Ince (2010), foi identificado que há diversos *sites* na Internet que contêm conteúdos incorretos ou inadequados sobre radiação e Radioatividade.

O tema Radioatividade pode ser lecionado ao término do segundo ou terceiro ano, como organizado em alguns livros didáticos (LISBOA, 2010; PERUZZO, CANTO, 2006; FONSECA, 2010). Geralmente, é bem aceito por pessoas que possuem afinidade com as Ciências Exatas e mal aceito pelo público com menor afinidade com esta área do conhecimento podendo o motivo disso ser “a falta de visualização e alternativas diferenciadas de abordagem” (SIMÕES NETO *et al.*, 2006).

Portanto, é necessário repensar o currículo de modo a conduzir as aulas de Física para abordagens que contribuam para uma formação abrangente dos estudantes, permitindo-lhes aprender conceitos básicos da ciência moderna e preparando-os para se posicionar de forma crítica sobre as questões do dia a dia (NARDI; MACHADO, 2010).

Apesar da presença do tema Radioatividade em nosso cotidiano e também do fato deste constar nos PCN, trata-se de um assunto pouco abordado em sala de aula e, quando isso ocorre, em geral, é de forma superficial ou equivocada (PINTO; MARQUES, 2010). Devido à complexidade do tema, diversas abordagens pedagógicas têm sido propostas, visando contribuir para o processo de ensino e aprendizagem do mesmo (MORK, 2009; MEDEIROS, LOBATO, 2010; SANTOS, PÉREZ-ESTEBAN, 2012). Segundo Pelicho (2009), buscar algo concreto para o aluno e apresentar-lhe como parte do mundo ou de sua vida pode estimular significativamente o aprendizado.

2.2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA

Na realidade do cotidiano escolar é notória a adoção por parte dos professores de metodologias de ensino baseadas na transmissão e recepção passiva de conhecimentos, considerados como verdadeiros e imutáveis, dificultando a aceitação de metodologias inovadoras (HEWSON *et al.*, 1999). Essa realidade repercute no ensino de Física tornando uma Ciência que é tão presente, ser ao mesmo tempo, tão desconhecida (TIRONI *et al.*, 2013). Um dos motivos para isso é o fato dos conteúdos a serem trabalhados ao longo do ano serem demasiadamente extensos, em detrimento a pequena quantidade de aulas destinadas ao ensino de Física na grade curricular do Ensino Médio (PELICO, 2009).

Mas é necessário remar contra essa correnteza em que o professor se encontra, pois existe a necessidade de os alunos entenderem e se envolverem com o desenvolvimento tecnológico presentes no cotidiano, conhecendo e analisando os avanços dessas tecnologias.

Esta aproximação enriquece o aprendizado e proporciona uma contextualização significativa ao mesmo tempo em que se aprende (TIRONI *et al.*, 2013).

E nesse fato de aprender significativamente vale citar a teoria de Ausubel, o qual pressupõe que aprender de forma significativa é quando uma nova informação (conceito, ideia, suposição) adquire significado para o aluno. Para a informação fazer sentido, é preciso que se estabeleça uma relação com as ideias que se encontram na sua estrutura cognitiva, onde as ideias do aluno estão organizadas. Desta forma, uma vez aprendido determinado conteúdo, o aluno é capaz de explicá-lo com suas próprias palavras (TIRONI *et al.*, 2013).

Para Ausubel (1980), se a aprendizagem de novas informações não apresentar interação ou tiver pouca interação com conceitos relevantes e específicos da estrutura cognitiva do indivíduo, ocorre aprendizagem mecânica, pois as novas informações são armazenadas de maneira arbitrária e literal.

Essa aprendizagem mecânica decorre das aulas baseadas basicamente em fórmulas matemáticas, sendo que essas mesmas não são associadas com praticamente nada do que os discentes já trazem consigo que são os fatos do cotidiano. Segundo Sousa e Sales (2008), pode-se constatar na Física levada para a sala de aula, conteúdos e conceitos focados em resolução de exercícios, exercícios estes meramente repetitivos, pouco ou quase nada relacionados com a vivência do aluno. Diante disso é necessário se desenvolver atividades voltadas para a parte conceitual do fenômeno físico, não se restringindo apenas às equações e às fórmulas matemáticas (SOARES; MORAES; OLIVEIRA, 2015).

Aprender um novo conceito demanda propriedades cognitivas já existentes, do nível de desenvolvimento humano, de sua habilidade intelectual, da natureza e do modo como o novo é oferecido ao aluno (MOREIRA, 1999).

E para que se obtenha sucesso nesse novo aprender, Ausubel utiliza os chamados organizadores prévios que ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou proposições relevantes, preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz (MOREIRA, 1999). Os organizadores ajudam a dar foco na sala de aula e motivar os alunos a terem interesse em aprender o que é exposto, redobrando a importância do professor, pois a disposição em aprender pode influenciar significativamente a maneira como a informação é internalizada na estrutura cognitiva e essa mesma disposição é considerada o fator mais importante na aprendizagem, pois influencia a percepção do aluno em relação ao objeto de estudo (TIRONI *et al.*, 2013).

Segundo Ausubel

a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como pontes cognitivas (MOREIRA, 1999).

Na perspectiva de Viana e Batista (2015), o armazenamento de informação é algo organizado, que evolui à medida que novas informações se relacionam com formações já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Consistindo para Moreira (1999) em uma estrutura hierárquica de conceitos, que são representações de experiências sensoriais do indivíduo.

Nesse propósito, o docente deve buscar meios que facilitem ao aluno a compreensão do conteúdo, de modo a organizar sua própria estrutura cognitiva do conhecimento (VIANA; MOTA, 2008). E ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa (MOREIRA, 1999).

Corrêa *et al.* (2002) afirma que o que se busca no aluno do Ensino Médio é que ele desenvolva a capacidade de participar e tomar decisões críticas, e que o professor apenas contribua para o despertar intelectual, de modo que o aluno sinta no aprendizado um desafio a ser vencido.

Nas bases legais da educação, segundo PINHEIRO *et al.* (2007), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) implementam a ação do professor de levar para a sala de aula discussões e reflexões sobre as relações que existem entre ciência, tecnologia e sociedade. Dessa forma sairia do tradicional e mecânico da resolução de exercícios para a compreensão do que está sendo analisado no mesmo.

“(…) e esse sentido emerge, na medida em que o conhecimento de Física deixa de constituir-se em um objetivo em si mesmo, mas passa a ser compreendido como um instrumento para compreensão do mundo. Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento transforme-se em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir. (...) (BRASIL-MEC, 2000)”.

Sousa e Sales (2008) afirmam que avanços tecnológicos atuais utilizam-se de conceitos da Física e que é inaceitável que esta proporcione desenvolvimento, comodidade e vantagens para homens comuns, e esses mesmos sejam considerados apenas usuários e não entendedores.

Logo que a compreensão desses diversos aspectos propicia uma nova visão sobre os impactos das tecnologias na vida contemporânea, o que ajuda a introdução de elementos para a discussão de ética e ciência (BRASIL, 2002).

2.3 ESTRATÉGIAS PARA O ENSINO DE FÍSICA

A Física, assim como as demais áreas da ciência e suas tecnologias, deve promover competências e habilidades para uma formação cidadã, tornando indivíduos atuantes através de intervenções e julgamentos práticos. Para isso, a utilização de metodologias diferenciadas combinada com conhecimentos práticos voltados às necessidades da vida contemporânea é fundamental para que haja aprendizagem significativa e para que os educandos tenham uma visão mais crítica de mundo (ALMEIDA, 2008). Na sequência, serão abordados alguns exemplos de metodologias alternativas, como o uso de ferramentas audiovisuais, simulações computacionais, a abordagem histórica do conteúdo, a Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS e a contextualização.

Alguns temas em Física abordados no Ensino Médio não possuem experimentos que possam ser realizados em sala e nem no laboratório de ciências. Porém recursos digitais como televisores e data show já são encontrados como aparatos escolares, facilitando, assim, que uso de objetos audiovisuais sejam disseminados e que o professor possa usar essas ferramentas pouco utilizadas (VIANA; BATISTA, 2015).

Os recursos audiovisuais geralmente estão associados a momentos de lazer e entretenimento, com isso existe uma melhor assimilação de conteúdos por meio destes (MORAN, 1995). Dessa forma, a linguagem do vídeo, atrelado as suas formas de trabalho, possibilita ao professor deixar de ser um mero informador, passando a ser um mediador fomentando a autonomia do aluno (ARROIO; GIORDAM, 2006).

Ao conjugar som, imagem e movimento há um crescimento positivo do aprendizado, assim ao usar o vídeo como recurso didático o professor enriquece suas aulas. Esses elementos provocam o interesse do aluno, a melhoria na didática do professor, a interação

entre professor-aluno e serve como instrumento provocador de debates sobre uma temática específica (SILVA, 2011).

Outra abordagem, também relacionada ao uso de recursos audiovisuais, são as simulações computacionais. Dickman e Cardoso (2012) defendem que essa ferramenta no ensino de Física proporciona maior interação entre os estudantes e o conteúdo trabalhado, levando ao surgimento de caminhos para a investigação e compreensão dos temas estudados. Souza e Nazaré (2012) salientam a importância deste tipo de recurso computacional como complementação da exposição teórica realizada pelo professor, levando a um ensino mais dinâmico e atrativo aos estudantes.

Outra forma de despertar a curiosidade e interesse para um novo assunto é a abordagem histórica da Ciência como introdução dos conteúdos, pois: a história permite aproximar a Ciência do indivíduo, o que tornaria o conhecimento não apenas mais interessante como também mais compreensível. Essa abordagem além de facilitar a aprendizagem, contribui para humanizar a ciência (DIAZ, 2000). Além de humanizar, essa metodologia também contribui para uma alfabetização científica.

A abordagem que trabalha Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) também contribuem para alfabetizar cientificamente. Segundo Silva *et al.* (2011), a CTS propõe uma integração harmônica entre conteúdos específicos e seus processos de produção, o que pode levar os alunos a construir o seu próprio conhecimento.

Para Farias *et al.* (2012):

um dos principais objetivos (...) de uma abordagem CTS é o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisões (...) e incentiva os estudantes a questionar modelos e valores do desenvolvimento científico e tecnológico da nossa sociedade. Os estudantes são estimulados a perguntar, a querer saber e problematizar as complexas inter-relações CTS, por meio da discussão integrada de conhecimentos científicos e tecnológicos e temas considerados socialmente relevantes.

Ainda segundo Silva *et al.* (2011), é essa alfabetização científica e tecnológica que proporciona ao aluno um contato com diferentes enfoques de estudos e desenvolve nele a capacidade de ser crítico, levando-o a repensar sua participação e suas atitudes na sociedade em que vive. Para que essa participação ocorra de forma efetiva, é necessário formar cidadãos

cientificamente alfabetizados e que consigam enxergar no conteúdo trabalhado em sala de aula para a sua realidade (SILVA, 2011).

Um tratamento contextualizado dos conteúdos é muito importante para que a visão dos alunos seja ampliada e uma ligação que é visto em sala de aula no cotidiano seja feita. Gouvêa e Machado (2005) acreditam que a contextualização não se resume a exemplificar um conteúdo, mas que é necessário propor situações problemáticas reais e buscar o conhecimento necessário para entendê-las e solucioná-las. Para Silva *et al.* (2011), a contextualização inter-relaciona conhecimentos diferentes contribuindo para a estruturação de novos significados. E esses significados incorporam valores, pois destacam o cotidiano, favorecendo a formação de cidadãos com capacidade de discutir questões ambientais, sociais, econômicas e tecnológicas. Dessa forma os PCNEM (BRASIL, 2002) afirmam que, em termos gerais, a contextualização no ensino de ciências abarca competências de inserção da ciência e de suas tecnologias em um processo histórico, social e cultural e o reconhecimento e discussão de aspectos práticos e éticos da ciência no mundo contemporâneo.

A utilização de diferentes estratégias para o ensino de Física é de fundamental importância para o processo de ensino-aprendizagem. Algumas delas foram utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

2. 4 HISTÓRIA DA RADIOATIVIDADE

Em 28 de dezembro de 1895, a Sociedade Físico-Médica de Wurzburg na Alemanha recebe um relatório de algo que foi descoberto pelo físico alemão Wilhelm C. Röntgen (Figura 1) que iria mudar a sua época. Neste relatório continha que objetos tornavam-se transparentes diante dos novos raios. Por esses raios serem desconhecidos chamou-os de raios-X (XAVIER *et al.*, 2007).



Figura 1. Wilhelm C. Röntgen

(http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/14483515102012Introducao_a_Fisica_Nuclear_e_de_Partículas_Elementares_aula05.pdf).

Essa descoberta aconteceu mais precisamente na noite de 8 de novembro de 1895, quando Röntgen ao trabalhar a condutividade dos gases com uma válvula percebeu que uma tela que havia dentro da sala escura brilhou. Espantado com esse fato, experimentou colocar vários objetos entre a tela e a válvula e viu que todos pareciam transparentes, até que sua mão por acidente escorrega na válvula e ele pode ver os ossos na tela (XAVIER *et al.*, 2007).

Os primeiros relatos sobre a radioatividade, devidos a Antoine-Henri Becquerel (Figura 2), foram feitos apenas alguns meses após a divulgação da existência dos raios X (LIMA, 2009). Becquerel com interesse em substâncias fluorescentes e fosforescentes começou a observar se essas mesmas emitiam raios X. De início obteve resultados negativos, contudo ao utilizar o Urânio viu que o fenômeno dos raios X não estava relacionando com substâncias fluorescentes e sim que a radiação era originária do próprio elemento (XAVIER *et al.*, 2007).

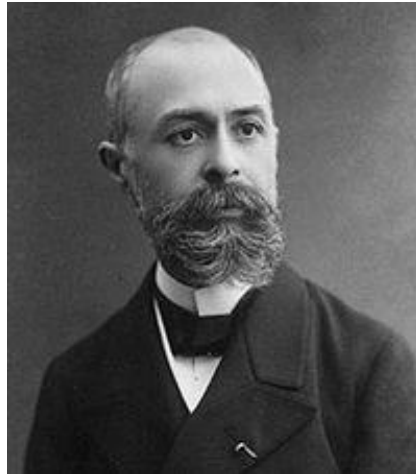


Figura 2. Antoine Henri Becquerel

(https://www.fc.up.pt/pessoas/jfgomes/pdf/vol_2_num_2_67_art_antoineBecquerel.pdf).

Para essa conclusão de Becquerel, Chassot (1995) afirma que o acaso e a perspicácia foram decisivos. Isso por que:

como o tempo mudara em Paris e nos dias 26 e 27 de fevereiro houvesse muito pouco sol, ele colocou as chapas fotográficas em uma gaveta escura, deixando sobre elas o sal de urânio, envolto em papel. [...] Como o sol não voltou a aparecer durante vários dias, Becquerel revelou as chapas fotográficas a 1º de março, na expectativa de encontrar imagens muito deficientes. Ocorreu o oposto: as imagens apareceram com grande nitidez (CHASSOT, 1995).

Após dois anos da descoberta de Becquerel, o casal Pierre e Marie Curie começa a pesquisar os “raios de Becquerel” e também outros elementos, descobrindo então o polônio e o rádio, o qual era mais ativo que o urânio. O nome Radioatividade foi batizado então por Marie Curie. As descobertas mostraram que, diferente dos raios X, as radiações descobertas por Becquerel eram de origem nuclear, evidenciando que alguns átomos eram instáveis e emitiam diferentes partículas e radiações (CHASSOT, 1995).

Em 1900, após as descobertas de Becquerel, o físico neozelandês Ernest Rutherford e o Pierre Curie identificaram (independentemente e quase simultaneamente), dois tipos distintos de emissões vindas dos elementos radioativos, os quais foram denominados de partículas alfa (α) e beta (β). O físico francês Paul U. Villard no mesmo ano identificou outra espécie de radiação eletromagnética, que também era emitida por esses elementos, que denominou radiação gama (γ) (XAVIER, 2007).

E foi em 1903, que Rutherford constatou que a emissão α , β e γ era um fenômeno que ocorria com núcleos instáveis, ficando conhecido esse fenômeno como decaimento radioativo, no qual átomos do elemento original eram eventualmente transformados em novos elementos (XAVIER *et al.*, 2007).

Em janeiro de 1934, Irene Curie (filha de Marie Curie) e seu esposo Joliot Frédéric, descobriram que ao bombardear uma folha de alumínio 27 (Al^{27}) com partículas α havia a criação de um novo isótopo (mesmo número de nêutrons e diferente número de prótons) radioativo, no caso o fósforo 30. O casal recebeu o prêmio Nobel em 1935, por mostrar ser possível a fabricação de radioisótopos, processo chamado de radioatividade artificial (XAVIER, 2007).

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 (LIMA, 2009).

Levando a uma onda desenfreada de entusiasmo e de esperança acerca desse elemento como a energia do futuro: iluminação, combustível para mover as máquinas das indústrias e a nascente frota automobilística e aquecimento, eram exemplos de aplicações imaginadas para o rádio (TILDEN, 1926).

Pode-se dizer que 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 (LIMA, 2009).

2.5 RADIOATIVIDADE

A radioatividade é um fenômeno no qual algumas substâncias ou elementos químicos são capazes de emitir, através de seus núcleos, determinadas partículas e/ou ondas (ALVERNAZ; MAURMO, 2010). Dependendo da quantidade de energia que está agregada ao núcleo, ele pode ser classificado em núcleo estável ou núcleo instável (com excesso de energia). Esses últimos são chamados radioativos (AQUINO; AQUINO, 2011).

O fenômeno de emissão de partículas ou ondas eletromagnéticas de um núcleo instável é denominado decaimento radiativo (AQUINO; AQUINO, 2011). Durante esse processo, o núcleo de um elemento se transforma no núcleo de outro elemento (BARRETO; XAVIER, 2013). Os processos radioativos seguem uma lei de desintegração exponencial. Se, inicialmente, o número de núcleos radioativos de um elemento é N_0 , o número de núcleos radioativos remanescentes desse mesmo elemento, N , após um tempo t é dado por (PALANDI, 2010):

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

Cada elemento radioativo tem sua própria probabilidade de desintegrar-se por unidade de tempo. Logo uma fração do radionuclídeo sofre uma desintegração a cada intervalo de tempo, sendo chamada constante de decaimento representado pela letra grega λ , e sua unidade no Sistema Internacional de Unidade (SI) é s^{-1} (FERREIRA, 2010). A Figura 3 mostra uma curva de decaimento radioativo.

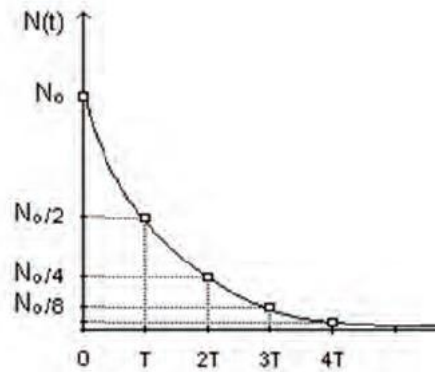


Figura 3. Curva do decaimento radioativo (AQUINO; AQUINO, 2011).

O intervalo de tempo, $T_{1/2}$, durante o qual metade dos núcleos radioativos de uma amostra decai é chamado de tempo de meia-vida. Na Figura 3, o eixo das abscissas representa tempos de meia-vida (T , $2T$, $3T$) e o número de núcleos radioativos correspondentes. A equação a seguir mostra como se obter o tempo de meia-vida de uma amostra:

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (2)$$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}} \quad (3)$$

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (4).$$

Isso significa que após uma meia-vida, a amostra possui apenas a metade dos núcleos instáveis iniciais. A Tabela 1 mostra o tempo de vida de alguns núcleos radioativos.

Tabela 1. Tempo de meia-vida de alguns núcleos radioativos.

(http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalogo/14483515102012Introducao_a_Fisica_Nuclear_e_de_Partículas_Elementares_aula05.pdf)

	núcleo	meia vida, $T_{1/2}$
césio	$^{137}_{55}\text{Cs}$	30 anos
polônio	$^{210}_{84}\text{Po}$	138 dias
radônio	$^{222}_{86}\text{Rn}$	3,83 dias
rádio	$^{226}_{88}\text{Ra}$	1620 anos
urânio	$^{234}_{92}\text{U}$	$2,5 \cdot 10^5$ anos
urânio	$^{235}_{92}\text{U}$	$7,1 \cdot 10^8$ anos
urânio	$^{238}_{92}\text{U}$	$4,5 \cdot 10^9$ anos
neptúnio	$^{239}_{93}\text{Np}$	2,3 dias
plutônio	$^{239}_{94}\text{Pu}$	$2,44 \cdot 10^4$ anos

Outra grandeza importante em radiatividade é a atividade de uma amostra radioativa que é a razão em que se desintegram os núcleos de seus átomos constituintes por unidade de tempo. Uma unidade antiga de atividade é chamada de Curie, cuja quantidade de desintegrações e seus submúltiplos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Múltiplos da unidade Curie (<http://nead.uesc.br/arquivos/Fisica/fisica-nuclear/FisNuc3-4a.pdf>).

Unidade	Desintegrações por Segundo
1 curie	$3,70 \times 10^{10}$
1 mc = 10^{-3} curie	$3,70 \times 10^7$
1 μc = 10^{-6} curie	$3,70 \times 10^4$

No sistema internacional, a unidade de atividade é o Becquerel (Bq), sendo que 1 Bq =

1 desintegração/segundo.

Segundo Alvernaz e Maurmo (2010), a partir de experimentos feitos por Rutherford em 1898, foi possível verificar a existência de três tipos de radiação emitida por núcleos radioativos: alfa, beta e gama.

- Partícula alfa

Um dos processos de estabilização de um núcleo com excesso de energia é a emissão de partículas alfa, constituídas por dois prótons e dois nêutrons, além da energia associada a ela. A partícula alfa tem carga positiva e corresponde ao núcleo do átomo de Hélio (${}^4\text{He}_2$), Figura 4.

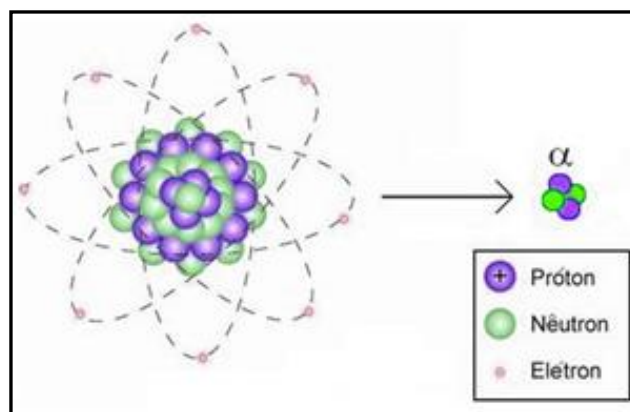
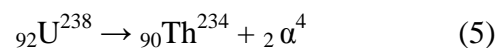


Figura 4. Representação da partícula alfa. (<http://ief.if.ufrgs.br/~jader/radiacoes.pdf>)

Após o decaimento de uma partícula alfa, o núcleo filho terá uma massa e uma carga diferente daquelas do núcleo pai, que o originou (ALVERNANZ; MAURMO, 2010). A equação 5 representa o decaimento alfa do átomo de Urânio-238, dando origem a um átomo de tório, também radioativo (AQUINO; AQUINO, 2011).



As partículas alfas possuem energia acima de 4 MeV e saem do núcleo com uma velocidade em torno de 20.000 km/s e são facilmente absorvidas pelo meio, por exemplo, podem ser absorvidas por uma folha de papel, por uma folha de alumínio de 0,004 cm de espessura ou por vários centímetros de ar (AQUINO; AQUINO, 2011).

- Partícula beta

Quando existe um excesso de nêutrons em relação a prótons em um núcleo instável,

existe uma forma de estabilização através da emissão de uma partícula negativa, a partícula beta menos, chamada também de elétron. A partícula beta menos (β^- ou e^-) é resultante da conversão de um nêutron (n) em um próton (p), como mostra a equação 6, e na Figura 5 (AQUINO; AQUINO, 2011):

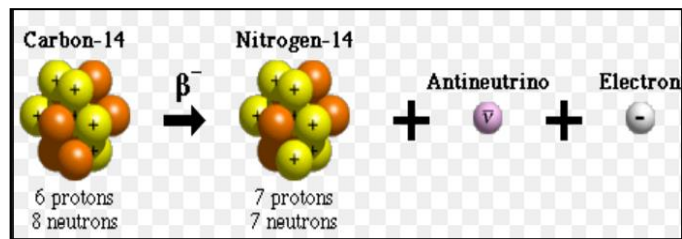
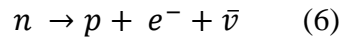


Figura 5. Representação do decaimento beta menos.

(<http://lief.if.ufrgs.br/~jader/radiacoes.pdf>)

Como mostra a equação (6) e a Figura 4, além da emissão do elétron, há a emissão de um antineutrino ($\bar{\nu}$) que é uma partícula elementar de carga neutra e massa quase nula, fundamental para conservação da energia e do momento.

Caso exista um excesso de prótons no núcleo, é emitida uma partícula beta mais, também chamada de pósitron, que é a antipartícula do elétron. A partícula beta mais (β^+ ou e^+) é resultante da conversão de um próton em nêutron, como mostra a equação 7 e na Figura 6 (AQUINO; AQUINO, 2011):

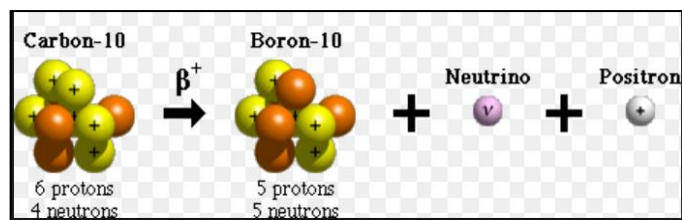
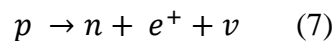


Figura 6. Representação do decaimento beta mais

(<http://lief.if.ufrgs.br/~jader/radiacoes.pdf>)

De modo similar ao decaimento β^- , além da emissão do pósitron no decaimento β^+ , há a emissão de um neutrino (ν) que é uma partícula elementar de carga neutra e massa quase nula, também fundamental para conservação da energia e do momento, como mostra a equação (7) e a Figura 6.

A velocidade das partículas beta pode chegar a 0,995 da velocidade da luz. Por ter menor massa que a partícula alfa, as partículas beta são mais penetrantes do que as alfas (AQUINO; AQUINO, 2011).

- Radiação gama

Em muitos casos, após ocorrer um dos tipos de desintegração descritos anteriormente (alfa ou beta), o processo radioativo se completa. Em outros, porém, o núcleo filho formado ainda possui um excesso temporário de energia. Quando isto ocorre, o núcleo filho emite essa energia armazenada sob a forma de raios gama (γ), como mostra a Figura 7 (ALVERNAZ; MAURMO, 2010).

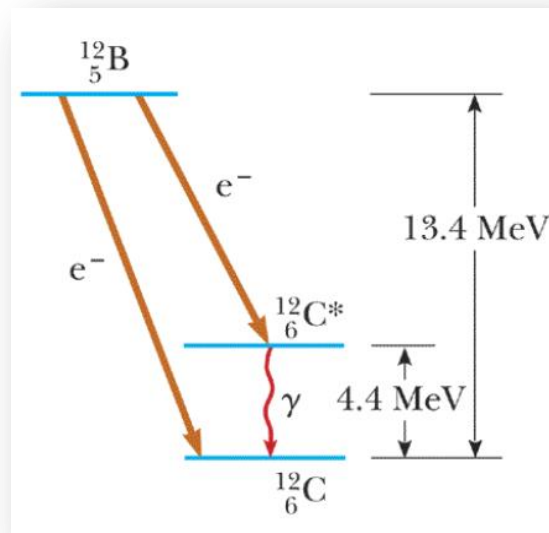


Figura 7. Esquema para representar a emissão de raios gama

(<http://lief.if.ufrgs.br/~jader/radiacoes.pdf>).

Os raios gama são fótons (radiação eletromagnética) de alta energia e, por não possuírem massa, tem maior poder de penetração do que as partículas alfa e beta. A Figura 8 mostra alguns materiais em que tais emissões podem ser barradas.

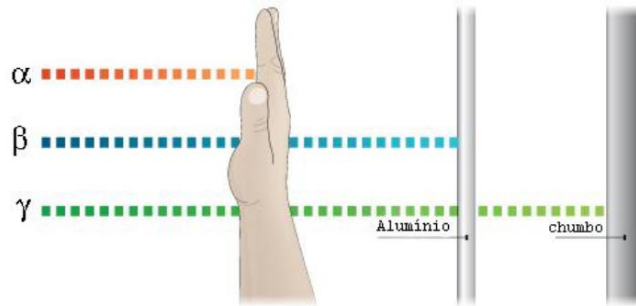


Figura 8. Poder de penetração das emissões radioativas.

(<http://lief.if.ufrgs.br/~jader/radiacoes.pdf>)

As partículas alfa, por serem mais pesadas, podem ser barradas mais facilmente, como pela mão humana, ou até mesmo por uma folha de papel. As partículas betas, que são mais leves do que as partículas alfa, tem um maior poder de penetração e são barradas por uma barreira de alumínio. Já os raios gama, por não possuírem massa, são capazes de ultrapassar todas as barreiras citadas anteriormente e são contidos por uma barreira de chumbo (ALVERNAZ; MAURMO, 2010).

2.6 REAÇÕES NUCLEARES

Diz-se que acontece uma reação nuclear quando dois núcleos se movem um em direção ao outro e, apesar da repulsão coulombiana, se aproximam o suficiente para que haja interação entre as partículas de um com as partículas do outro pelas forças nucleares, podendo ocorrer uma redistribuição de núcleons. As reações nucleares são geralmente produzidas ao bombardear um núcleo com um projétil, esse mesmo podendo ser uma partícula ou um núcleo pequeno, sendo que repulsão coulombiana não é mais um grande obstáculo (PALANDI *et al*, 2010). A seguir serão apresentados dois tipo de reações nucleares: a fissão e a fusão nuclear.

2.6.1 Fissão Nuclear

Fissão nuclear é o processo em que nêutrons incidem em um núcleo pesado e, com a interação, o núcleo original se parte em núcleos menores, formando outros elementos químicos e liberando grande quantidade de energia (STEFANOVITS, 2013).

A descoberta da fissão nuclear ocorreu em 1934 por Fermi e seus colaboradores, em decorrência de inúmeras tentativas de produção de elementos transurânicos, que são elementos químicos artificiais com número atômico maior do que 92. Contudo, a fissão

foi caracterizada como uma reação nuclear em 1938 a partir dos trabalhos de Hahn e Strassman. Ao irradiar o núcleo do urânio com nêutrons, eles identificaram produtos com massas intermediárias (NÍCOLI, 1981). Ou seja, o bombardeamento de um núcleo de urânio com nêutrons lentos foi capaz de produzir dois novos núcleos, cada um com quase a metade da massa do núcleo original (TERREMOTO, 2004). Um exemplo desse processo é a fissão do urânio-235, um elemento instável que, quando atingido por um nêutron, parte-se e origina dois núcleos menores, liberando energia e nêutrons (STEFANOVITS, 2013). A equação 8 mostra uma das possíveis reações de fissão do U-235:



Em 1939, Meitner e Frisch sugeriram que o nome dessa nova reação nuclear fosse fissão, a partir de uma analogia da divisão de uma esfera fluida em duas gotas menores (NÍCOLI, 1981). Esse modelo também chamado de modelo da gota líquida do núcleo é capaz de fazer previsões bem sucedidas sobre a ocorrência da fissão espontânea e sobre a capacidade de vários núcleos pesados sofrerem fissão ao serem bombardeados com nêutrons (TERREMOTO, 2004). Ao adicionar uma energia à gota (seria como se o núcleo fosse excitado a partir da captura de um nêutron) são estabelecidas oscilações dentro da mesma, as quais distorcem o formato esférico para elipsoidal. As forças de tensão superficial tentam o retorno do formato original, contudo se a força de excitação for maior no sentido de distorcer, a gota pode alcançar uma forma de haltere. E esse haltere será rompido se as forças de repulsão eletrostática forçar os dois extremos para fora, resultando em duas gotas similares (TERREMOTO, 2004). As etapas descritas estão representadas na Figura 9. Segundo Nícoli (1981), Bohr e Wheeler compararam as forças nucleares à tensão superficial de um líquido.

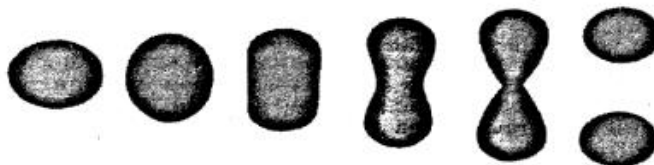


Figura 9. Representação do modelo da gota líquida do núcleo.

(<http://lief.if.ufrgs.br/~jader/radiacoes.pdf>)

Existem ainda controvérsias sobre o modelo da gota líquida do núcleo, segundo Nícoli (1981) quando ocorre a fissão, os dois fragmentos recém-formados, na maioria dos casos, não são exatamente iguais, ou seja, são assimétricos ao contrário do que ocorre com a gota d'água.

Segundo Neto (2004):

A fissão ocorre porque existe uma repulsão eletrostática criada pelo grande número de prótons contido nos núcleos pesados. Dois núcleos menores têm menos repulsão eletrostática que um único e maior núcleo. Desse modo se a força de repulsão for maior de que a forte força nuclear que mantém o núcleo coeso, ele fissiona.

A cada fissão ocorre a liberação de dois a três nêutrons, além dos dois núcleos menores. Dessa forma esses nêutrons liberados atingem outros núcleos, sucessivamente, liberando muito calor. Tal processo é chamado de reação em cadeia, como mostra a Figura 10 (TERREMOTO, 2004).

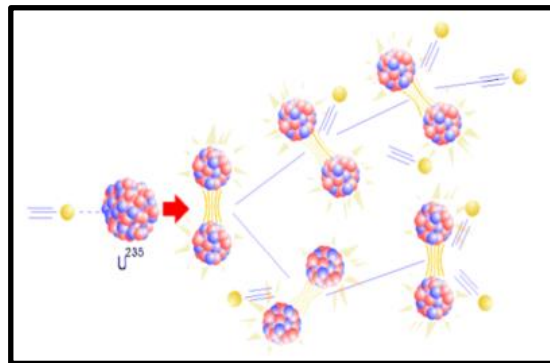


Figura 10. Representação de uma reação em cadeia do átomo de U^{235}

(http://www.if.ufrgs.br/~marcia/FN_aula3.pdf).

Segundo Resnick & Eisberg (2008), medidas mostraram que a energia liberada por fissão é da ordem de 200 MeV e que essa energia é liberada em grande parte sob a forma de energia cinética dos dois fragmentos de fissão. E, devido a essa grande quantidade de energia liberada na fissão nuclear, tornou-se possível a utilização deste fenômeno como fonte de energia, por exemplo, para a produção de bombas atômicas (reação em cadeia descontrolada) e também na produção de energia elétrica através das usinas term nucleares (reação em cadeia controlada) (NETO, 2004).

2.6.2 Fusão Nuclear

A fusão nuclear é o processo no qual a colisão e junção de dois núcleos menores resulta na formação de um núcleo maior, provocada com mais facilidade entre núcleos com número pequeno de prótons (PALANDI *et al.*, 2010), como ilustra a Figura 11. Existe também a liberação de energia, que é um milhão de vezes maior que a energia produzida em reações químicas (NETO, 2004). Numa reação de fusão, pequenas quantidades de matéria dão origem a enormes quantidades de energia: $3,136 \times 10^{-29}$ kg de combustível originam 17,59 MeV, sendo que cerca de um litro de combustível de fusão produz a mesma energia que 6.600 toneladas de carvão (MANSO; VARANDAS, 2000).

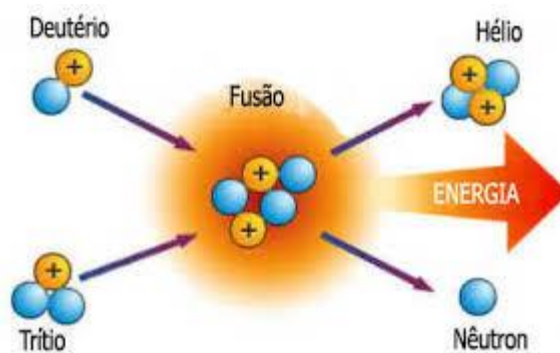


Figura 11. Representação da fusão nuclear

(http://www.if.ufrgs.br/~marcia/FN_aula3.pdf).

Esta enorme quantidade de energia é liberada nas reações de fusão porque quando dois núcleos leves se fundem, a massa do núcleo produzido é menor que a soma das massas dos núcleos iniciais. Assim através da equação (9) de Einstein:

$$E = mc^2 \quad (9),$$

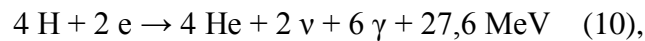
é explicado que a massa m , perdida é convertida em energia (NETO, 2004).

Após a Segunda Guerra Mundial, influenciados pelo desenvolvimento bélico e com os resultados da fissão nuclear advindos das bombas atômicas, iniciaram-se as pesquisas sobre fusão nuclear em território americano. Em 1939, o físico alemão Hans Albrecht Bethe se destaca com o artigo “A Produção de Energia nas Estrelas” através de pesquisas realizadas nos Estados Unidos da América, no qual ele propõe que pela fusão nuclear se produz a energia que as estrelas produzem para brilhar (SITE, 1998).

Manso e Varandas (2000) afirmam que para acontecer a fusão, dois núcleos com cargas elétricas iguais devem se aproximar lutando contra a força colombiana de repulsão, contudo, quando próximos o suficiente, a força nuclear forte se sobrepõe à eletrostática e sustenta a aproximação dos prótons.

A fusão nuclear é um fenômeno incrivelmente difícil de ser provocado, exigindo temperaturas da ordem de muitos milhares de graus Celsius. No entanto, quando alcançado, liberta muito mais energia do que a que consome. A energia gigantesca necessária para ativar o processo de fusão nuclear deve-se, essencialmente, à barreira de forças eletrostáticas entre os núcleos (carregados positivamente) (RIBEIRO; GONÇALVES, 2004).

Como no Sol as temperaturas no núcleo variam entre 10 e 15 milhões de graus Celsius, o seu processo de produção de energia se dá a partir da Fusão Nuclear, em que hidrogênios são convertidos em hélio (JET, 2000). Segundo Halliday e Resnick (2008), o ciclo próton-próton, se resume à equação 10:



sendo ν o anti neutrino.

2.7 APLICAÇÕES DA RADIOATIVIDADE

Infelizmente é pouco divulgado as utilizações da radioatividade. A cada dia, novas técnicas nucleares são desenvolvidas nos diversos campos da atividade humana, possibilitando a execução de tarefas impossíveis de serem realizadas pelos meios convencionais. A medicina, a indústria, a agricultura são áreas bastante beneficiadas, mas não são as únicas contempladas, existe também a produção de energia, por meio das usinas nucleares, e a produção de armamentos nucleares (CARDOSO *et al.*, 2012). A seguir serão descritas algumas dessas aplicações.

2.7.1 Aplicações na Medicina

2.7.1.1 Medicina Nuclear

Na Medicina, existe uma área chamada de Medicina Nuclear na qual utiliza radioisótopos para diagnóstico e terapia. Os radioisótopos (nuclídeos radioativo) são introduzidos nos pacientes para que emitam radiação em um órgão que tenha afinidade com o radioisótopo. Um exemplo desse caso é o iodo-131, emissor de partículas beta e radiação

gama, que quando é injetado no organismo tem preferência pela glândula tireoide. Ao expor o pescoço do paciente em frente a um detector, a radiação emitida pelo I-131 é captada e, assim, é possível ter um mapeamento da funcionalidade da tireoide, possibilitando que seja feito um diagnóstico da mesma. O I-131 possui uma meia-vida de oito dias (CARDOSO *et al.*, 2012). A Figura 12 mostra a representação de um radiodiagnóstico da glândula tireoide.

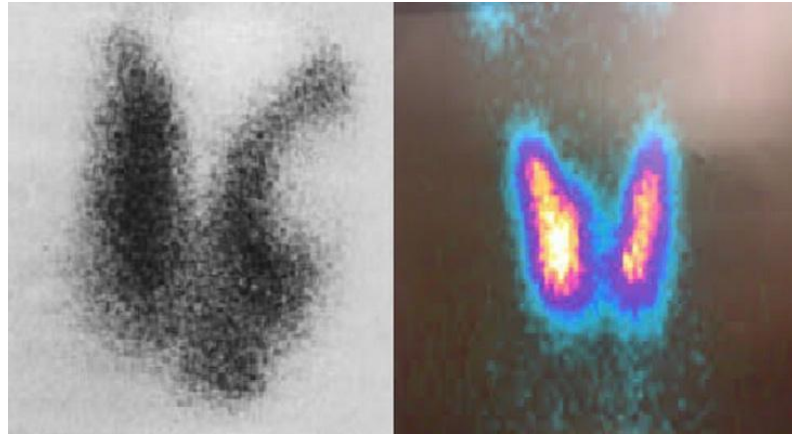


Figura 12. Radiodiagnóstico da Tireoide (<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/aplica.pdf>).

Ainda na Medicina Nuclear, contudo na área radioterapêutica o iodo¹³¹ também pode ser usado em terapia para eliminar lesões, identificadas nos radiodiagnósticos da tireoide, aplicando-se, no caso, uma dose maior do que a usada nos diagnósticos (CARDOSO *et al.*, 2012).

2.7.1.2 Radioterapia

A radioterapia emprega radiações ionizantes, que inclui a radiação emitida por elementos radioativos, para o tratamento de doença e divide-se em dois tipos: teleterapia e a braquiterapia.

Na teleterapia, a terapia é feita a partir de uma fonte colocada a cerca de 80 a 100 cm de distância do paciente. Outrora, eram utilizados para isso os equipamentos de cobaltoterapia, que fazem uso da radiação emitida por uma fonte de cobalto-60. Os equipamentos podem ser cobalto de coluna, quando a fonte de Co⁶⁰ se move apenas verticalmente, ou cobaltos isocêntricos, quando a fonte gira em torno do paciente. Ilustrações de tais equipamentos são mostradas na Figura 13 (MARTINS, 2012).



Figura 13. Equipamentos de Cobaltoterapia: cobalto de coluna (à esquerda) e cobalto isocêntrico (<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/aplica.pdf>).

Contudo hoje estão sendo usados com maior frequência os aceleradores lineares, com ou sem feixes de elétrons, que não empregam radiação emitida por elementos radioativos (MARTINS, 2012).

Cada paciente pode ser tratado com um ou mais campos de radiação. A soma da contribuição de cada campo irá produzir uma distribuição de dose programada em um Sistema de Planejamento (MARTINS, 2012).

Na braquiterapia, a fonte de radiação é colocada dentro ou muito perto da pele do paciente. Sendo usados com maior frequência os seguintes radioisótopos: irídio-192, seguido pelo iodo-125, céσιο-137 e cobalto-60. O tratamento é caracterizado de acordo com a taxa da dose: baixa taxa (LDR), média taxa (MDR) e alta taxa de dose (HDR) (MARTINS, 2012).

Segundo Martins (2012), o material radioativo pode ser implantado com o uso de aplicadores ou de forma direta, neste último caso o implante é feito direto no tecido e é permanente. E para que não haja contaminação, o radioisótopo fica encapsulado por um metal. Com o uso de aplicadores, o material radioativo pode ser retirado do paciente.

No Brasil, o método mais usado para esse tipo de terapia, é a braquiterapia por alta taxa utilizando o irídio-192 para tratar alguns tipos de câncer, como o de mama, e que esteja no pescoço e em tecidos moles. “Os equipamentos tem um cabo de mais de 1m de comprimento e cerca de 1 mm de diâmetro em cuja ponta é colocada uma pequena fonte de irídio-192 com 3,5 mm de comprimento e menos de 1 mm de diâmetro” (Figura 14).



Figura 14. Equipamento de braquiterapia (<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/aplica.pdf>).

2.7.1.3 Acidentes envolvendo Radioterapia

Quando não há o correto cuidado com as fontes de radiação, podem-se acontecer acidentes, como o que aconteceu em Goiânia/GO em setembro de 1987. Em um hospital desativado, que possuía um serviço de radioterapia com fonte de Césio-137, a fonte foi abandonada e dois catadores encontraram a cápsula que continha o isótopo Cs^{137} . Ao romperem o chumbo que blindava o material radioativo, houve a contaminação de centenas de pessoas, com o registro de quatro mortos, e devido à exposição durante os anos seguintes outras pessoas vieram a falecer ou a apresentar sequelas.

2.7.2 Indústria

Devido ao grande poder de penetração dos raios gama (γ), o rádio 222 e outros elementos radioativos são empregados na indústria metalúrgica para obter radiografias de peças soldadas e de peças fundidas e detectar defeitos (BORGES, 2010). Essas radiografias também são chamadas de gamagrafia, na qual é feita a impressão da radiação que atravessa a peça em filme fotográfico, como mostra a Figura 15. Na aviação acontecem inspeções das partes metálicas por esse método (CARDOSO *et al.*, 2012). Os raios γ emitidos por esses elementos conseguem atravessar o aço, dependendo de sua composição, de 5 cm a 15 cm (BORGES, 2012).

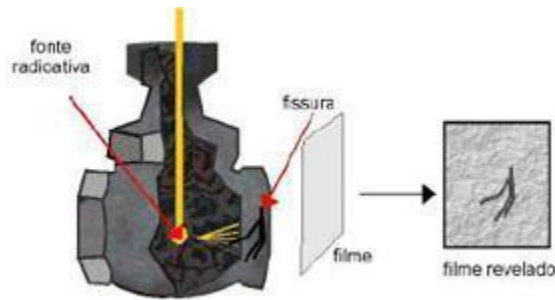


Figura 15. Gamagrafia de uma peça (<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/aplica.pdf>).

Outra aplicação da radioatividade nas indústrias é quando se é preciso da indicação na altura de um líquido em um tanque, como por exemplo, em linhas de produção nas indústrias de refrigerantes em latas. Quando o líquido alcança a altura da fonte, a maior parte da radiação emitida pela fonte é absorvida por ele e deixa de chegar ao detector, significando que o líquido atingiu aquele nível (CARDOSO *et al.*, 2012).

2.7.3 Agricultura

A radioatividade é utilizada na agricultura para a conservação de alimentos, pois grande quantidade de alimentos são desperdiçados devido o mau armazenamento, conservação ou até mesmo o transporte. Assim, foi desenvolvido métodos de irradiação, ou seja, expor os alimentos a uma radiação (sem que haja contaminação) para conservar os alimentos por mais tempo, como ilustra a Figura 16.

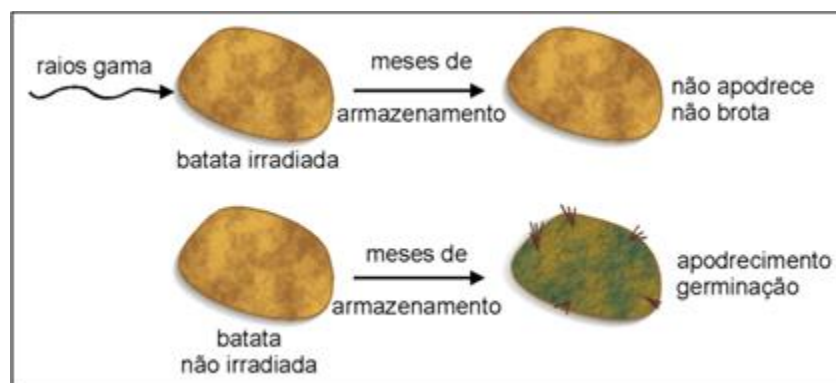


Figura 16. Ilustração dos resultados da irradiação de alimentos (<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/aplica.pdf>).

A emissão de partículas betas e raios gama do Cobalto-60 ou do Césio-137 faz com que seja inibida a germinação e haja um retardamento do amadurecimento, reduzindo a ação bactericida (BORGES, 2012).

2.7.4 Armamentos Nucleares

Com a descoberta da fissão nuclear e pelo fato de essa fonte de energia ser milhões de vezes mais poderosa do que as usadas anteriormente, países que estavam em confronto durante a Segunda Guerra Mundial, começaram a estudá-la. Os Estados Unidos da América reuniu os cientistas para trabalharem o Projeto Manhattan, iniciando a “Era atômica”. Após três anos, em 1945, foi realizado o primeiro teste da bomba atômica, o seu alto teor de destruição fez com que os cientistas não aprovassem o seu uso. Mas esse pedido não foi atendido, essas bombas atômicas foram utilizadas no mesmo ano, em duas cidades do Japão, matando cerca de 120 mil pessoas, sendo decretado o fim da Segunda Guerra Mundial. Esse quantitativo de mortes é relativo aos que não resistiram de imediato à explosão, porém existiram outras vítimas decorrentes aos males da radiação (MERÇON; QUADRAT, 2004). Hoje em dia com o domínio de tecnologias nucleares por um número cada vez maior de países e o aumento de tensões em regiões com conflitos, reaparecem os questionamentos sobre a proibição do uso de armas atômicas (BARROS, 2008).

2.7.5 Usinas Nucleares

A energia nuclear é o produto da fissão nuclear de alguns átomos como o de urânio e plutônio, sendo assim uma fonte para produção de eletricidade como alternativa importante aos combustíveis fósseis. Considerada uma fonte limpa, uma vez que sua operação acarreta a emissão de baixos volumes de gás carbônico (CO₂), e contando com a existência de abundantes reservas de urânio no planeta – o que, a médio e longo prazo, garante a segurança no suprimento (ANNEB, 2008).

Esse tipo de energia foi visionado devido ao desenvolvimento de armas durante a segunda guerra mundial, na qual os cientistas conseguiram o aproveitamento dessa energia de forma controlada, e assim surgiram as primeiras usinas nucleares na Europa e nos Estados Unidos da América (MERÇON; QUADRAT, 2004).

Segundo Goldemberg (1998), “o uso da potência nuclear para a produção de eletricidade foi um subproduto do desenvolvimento dos reatores nucleares com fins militares durante e após a Segunda Guerra Mundial”.

No Brasil houve a implantação de um complexo nuclear em Angra dos Reis no Rio de Janeiro com mostra a Figura 17. Sendo esse complexo dividido em dois reatores. O primeiro começou a operar em 1985 e o segundo em 2000, custando cinco vezes mais o que se havia previsto inicialmente e correspondem à produção de 2% da energia do país (MERÇON; QUADRAT, 2004).



Figura 17. Usina Nuclear de Angra 1 (ao fundo) e Angra 2 (em frente), no Rio de Janeiro (<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis01001/aplica.pdf>).

2.7.5.1 Acidentes envolvendo Usinas Nucleares

Apesar das usinas nucleares não liberarem gases causadores do efeito estufa, como as termelétricas, e não gerarem efluentes gasosos ou líquidos, existe riscos de acidentes e também a produção de lixo nuclear associados a elas (MERÇON, 2004). Já ocorreram alguns episódios de acidentes dessa natureza, o primeiro foi registrado em 1979 na usina de Three-Mile Island (EUA), no qual uma falha no sistema de refrigeração fez com que houvesse a liberação de uma quantidade desconhecida de radioatividade. Mas com a evacuação de forma rápida da população que estava em um raio de 70 km, não aconteceu vítimas fatais. Já em Chernobyl, em 1986, (Ucrânia – URSS) o acidente em um reator nuclear causou cerca de 25 mil mortes e 75 mil ficaram com sequelas graves, pois o descontrole da reação provou um incêndio e isso fez com que fosse liberada matéria radioativa na atmosfera, o que contaminou plantações, animais e seres humanos (MERCON; QUADRAT, 2004).

O mais recente acidente nuclear acontece no dia 11 de março de 2011, onde um terremoto de 8,9 graus na escala Richter e o tsunami que abalaram o Japão e provocou danos na usina nuclear de Fukushima, não ocorreram vítimas, contudo o governo não consegue mensurar os danos e estragos desse acidente (AMPUDIA, 2016).

Mas o aumento da segurança dessas instalações é uma das principais vertentes das pesquisas tecnológicas realizadas nos últimos anos (ANNEB, 2008).

2.7.6 Datação com Carbono – 14

O carbono é uma unidade importante da estrutura de todos os seres vivos e qualquer organismo contém seus três isótopos: os carbonos 12 (^{12}C), 13 (^{13}C) e 14 (^{14}C). O mais abundante é o ^{12}C (99%), seguido pelo ^{13}C (cerca de 1%). O ^{14}C é um isótopo extremamente raro e radioativo. Em 1947, o pesquisador americano Willard F. Libby descobriu que, com a passagem do tempo, o ^{14}C desintegra segundo uma velocidade determinada, que pode ser medida.

A produção do ^{14}C se dá pela colisão de nêutrons livres com átomos de Nitrogênio-14 na atmosfera. No qual ao se combinar com o oxigênio do ar forma o chamado CO_2 radioativo, que é absorvido pelas plantas no processo de fotossíntese em pequenas taxas e pelos animais pela respiração. Ao morrer, as plantas e os animais deixam de absorver o ^{14}C . Portanto, depois que a planta ou animal morre, o ^{14}C , radioativo, presente em seu corpo, vai gradualmente emitindo radiação β e virando ^{14}N , que não é radioativo.

Para saber a quanto tempo a morte ocorreu basta medir quanto de ^{14}C está em seu corpo ou parte dele. Admitindo que a concentração de ^{14}C no passado, centenas ou milhares de anos atrás, é igual àquela existente atualmente, é possível determinar o tempo decorrido desde a morte da planta ou animal (idade do corpo). O ^{14}C se desintegra segundo uma velocidade muito lenta e constante. Para o ^{14}C , a meia-vida é de 5.710 anos, com uma margem de erro de 40 anos. Há duas técnicas diferentes para medir a concentração ^{14}C no material analisado. Uma delas é medir o nível de emissões β (radiação emitida pelo ^{14}C) proveniente da desintegração do isótopo, utilizando um contador Geiger que exige grandes amostras. A outra técnica é o espectrômetro de massas com acelerador, que permite que a análise seja efetuada com poucas miligramas de amostra (PEZZO, 2002).

3. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma análise em livros didáticos para identificar de que forma era abordado o tema radioatividade, tendo em vista que o PCNEM⁺ (2002) afirma que é necessária a introdução desse tema no Ensino Médio para promover nos jovens a capacidade de compreensão dos fenômenos relacionados ao mesmo, já que o cotidiano contemporâneo depende, cada vez mais intensamente, de tecnologias baseadas na utilização de radiações.

Foram analisados três livros didáticos do Ensino Médio, o primeiro “Física” do autor Bonjorno et al (2013); o segundo “Conexões com a Física” do autor Sant’Anna et al (2010); e o terceiro “Física aula por aula”, autores Barreto & Xavier (2013). O último livro analisado é o que a Escola de Ensino Médio em Tempo Integral Padre Saraiva Leão adota.

Essa escola foi escolhida para a realização do minicurso: “O uso da radioatividade na atualidade”, sendo o minicurso uma forma alternativa para as aplicações de diferentes estratégias para o ensino da radioatividade. Assim, através de um encontro com a coordenação pedagógica da escola, houve diálogo favorável no que resultou a abertura das inscrições do minicurso na escola. A divulgação aconteceu no turno vespertino nas turmas de 2º e 3º anos, gerando assim 13 inscritos.

No momento das inscrições foi indagado aos alunos qual entendimento eles possuíam sobre radioatividade, sabendo que, segundo Vygotsky, a aprendizagem nunca parte do zero e que na sua teoria sócio-interacionista o indivíduo deve apresentar suas concepções prévias à determinado assunto (Soares *et al*, 2015).

O minicurso se deu da seguinte maneira:

- a) pré-teste;
- b) momentos 1, 2, 3;
- c) apresentações;
- d) pós-teste.

O pré-teste com doze questões objetivas (Apêndice I) foi aplicado antes da apresentação do minicurso, com intuito de diagnosticar o nível de conhecimento dos alunos em torno do assunto, ou seja, se havia conhecimento adquirido e relevante às novas informações (VIANA; BATISTA, 2015).

Após o pré-teste, foi realizada a apresentação que estava dividida em três momentos: 1) no primeiro momento, foi feito um breve histórico da radioatividade, através de mídias digitais como slides, vídeos e animações, mostrando os principais nomes dessa descoberta e os prêmios nobéis, junto a isso foi realizada uma revisão de conteúdos básicos de Química

para o melhor entendimento dos participantes; 2) Com os mesmos recursos no segundo momento foram expostos assuntos relacionados também a Física Moderna e Contemporânea (FMC) quais sejam: fusão e fissão nuclear, emissão de partículas, e decaimento; 3) no terceiro momento, foi feita uma apresentação sobre as aplicações da radioatividade na atualidade de forma contextualizada, ou seja, com exemplos que aproximavam da realidade dos discentes, abrangendo diversas áreas como na agricultura, medicina e indústria.

Em seguida, foi proposto que os participantes fossem divididos em quatro grupos para que discutissem e depois apresentassem sobre os seguintes temas: a radioatividade na medicina, a radioatividade na indústria e agricultura, acidentes radioativos, bombas e reatores nucleares. Assim após pesquisas dos grupos e elaboração de slides pelos mesmos, foram organizadas as apresentações dos alunos em outro dia.

E por finalização, o pós-teste foi aplicado e respondido logo após as apresentações, objetivando verificar a possível mudança conceitual sobre o tema, por meio do minicurso. Vale a pena salientar que o pré-teste e pós-teste eram iguais, com a finalidade de sondar a evolução. E em relação às expectativas foi realizado um feedback.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Livros didáticos

Em relação à análise dos livros didáticos de Física do terceiro ano do Ensino Médio, o livro “Física” do autor Bonjorno *et al.* (2013) destina a última unidade para tratar de assuntos de Física Moderna, sendo que os conteúdos de radioatividade se encontram no décimo terceiro capítulo. Partindo de uma introdução histórica o capítulo traz os seguintes assuntos: origem da radioatividade, transmutação, radioisótopos, e por fim reações nucleares, com textos bastante resumidos, porém enriquecidos de ilustrações. As aplicações da radioatividade são vistas ao decorrer do capítulo a partir de textos complementares.

O segundo livro analisado “Conexões com a Física” dos autores autor Sant’Anna *et al.* (2010), não possui nenhum capítulo destinado à Física Nuclear, nem muito menos a radioatividade, tendo assim um déficit total nesse assunto.

O terceiro livro analisado, “Física aula por aula” de Barreto & Xavier (2013), traz na unidade 6 (última do livro) assuntos relacionados à Física Moderna, dentro os quais estão inseridos a Teoria da Relatividade, Física Quântica e Física Nuclear (capítulo 18). Esse capítulo apresenta leitura simples e de fácil compreensão, junto a ilustrações que cooperam para isso. No início traz indagações ao leitor sobre o uso da energia nuclear e segue discorrendo com os assuntos de radioatividade de forma lógica e divisória. Tais assuntos são: o núcleo atômico, decaimento nuclear, fissão nuclear, energia nuclear e a sua utilização, e o lixo atômico e os riscos ambientais, respectivamente. Nesses temas, é possível identificar a busca pelas competências para o ensino de Física, como: compreensão e utilização das leis e teorias Físicas, compreensão da Física presente no mundo vivencial, trazendo aplicações da radioatividade na agricultura, medicina e indústria, e reconhecimento da Física também como construção humana, através das abordagens e das relações com o contexto cultural, social, político e econômico. O livro apresenta um déficit na questão histórica da radioatividade, como também não aborda diretamente os acidentes nucleares ocorridos no mundo e no Brasil.

De maneira geral, a análise dos livros didáticos mostrou que existe deficiência na abordagem da radioatividade no Ensino Médio.

4.2 Diálogo investigativo

No momento da divulgação do minicurso nas turmas de segundos e terceiros anos, foi indagado aos estudantes se os mesmos já tinham ouvido falar sobre radioatividade e bombas

nucleares. Em média, apenas cerca de 30% dos alunos de cada turma visitada afirmou que já tinham ouvido falar sobre radioatividade, porém ao falar de bombas nucleares cerca de 100% responderam que sim, devido à associação com conteúdos abordados na disciplina de História. Desse diálogo com as turmas, foi comentado sobre o minicurso e houve a inscrição de 13 alunos, como resultado da curiosidade dos discentes em aprender algo novo sobre um assunto que quase não é abordado no Ensino Médio.

4.3 Pré-teste

Como a escola não dispunha de sala de vídeo, adaptou-se o Laboratório de Ciências para que acontecesse o minicurso. A Figura 18 mostra parte os alunos respondendo o pré-teste, pois o restante ainda não havia chegado na sala, e a Figura 19 apresenta o gráfico do resultado obtido do teste realizado antes da apresentação.



Figura 18. Alunos respondendo o pré-teste (Fonte: arquivo da autora).

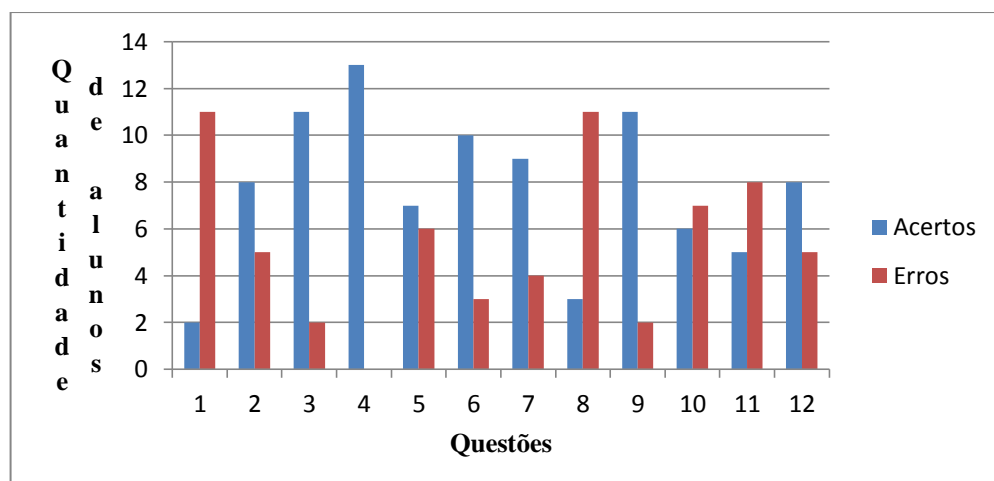


Figura 19. Resultados do Pré-teste (Fonte: arquivo da autora).

Apesar de os alunos não terem estudado sobre a radioatividade no Ensino Médio, apenas quatro questões tiveram grandes índices de erro; a primeira, na qual perguntado quem foi descoberto primeiro: os raios X ou a radiatividade (cerca de 84% erraram por achar que a descoberta da radioatividade precedia a dos raios X), a oitava questão perguntava qual era o processo nuclear que originava a bomba nuclear, se fissão ou fusão nuclear, e foi notado que o termo fusão lhes era mais familiar do que fissão, justificando 84% dos erros, a décima questão indagava sobre as origens da radioatividade, 58% dos alunos erraram por terem marcado que poderia ser natural ou ambiental, sendo que a resposta correta-era origem artificial e natural, a última questão com maior índice de erros do que acertos foi a décima primeira que tratava sobre a utilidade da radioatividade na medicina, ao invés de assinalarem o tratamento de câncer, 61% marcaram a extração de tumores. As demais perguntas apresentaram maior índice de acertos do que de erros.

Foi demonstrado pelos alunos que a maior parte da resolução do questionamento era de forma intuitiva, com exceção da quarta questão que perguntava de que era formado o átomo. Os alunos mostraram por saber que o átomo era formado por prótons, nêutrons e elétrons, apresentando assim 100% de acertos.

4. 4 Minicurso

O minicurso teve a duração de 5h e precisou de algumas alterações de datas e horários para se adequar a todos os participantes. Mesmo assim, alguns momentos previstos precisaram ser realizados duas vezes para que todos os participantes fossem contemplados. No total, foram necessários seis dias para contemplar todas as etapas e alunos. Isso aconteceu em decorrência da dinâmica da escola que é em tempo integral e pelo fato de os estudantes serem de turmas diferentes. Contudo, o minicurso foi marcado com momentos interessantes que serão descritos a seguir.

Durante o breve histórico, a expressão de surpresa dos estudantes ao saberem que os raios X foram descobertos primeiro que a radioatividade era notória, os mesmos recordando o questionário feito previamente. A parte que tratava da revisão de química, como a formação do átomo, pode ser explanada de forma mais ágil pelo conhecimento que os participantes já detinham. Já no segundo momento, que abordava os processos de fissão e fusão nuclear, foi crucial o uso de recursos audiovisuais e o significado das palavras. Na parte da fusão, a palavra automaticamente foi associada a um desenho animado assistido por eles, facilitando a compreensão e distinção das reações nucleares e de suas aplicações, que no caso da fissão é a

bomba nuclear. As figuras apresentadas também auxiliaram na compressão dos demais conteúdos, como emissões e decaimento radioativo. Os assuntos de Física Moderna e Contemporânea, apesar de estarem ainda mais presentes devido às tecnologias, ainda estão longe das salas de aula e foi possível perceber isso pelas interrogações e reações dos alunos ao serem explanados esses assuntos.

O terceiro momento, que tratava sobre as aplicações da radioatividade na atualidade, causou surpresa entre eles. As maiores intervenções vieram quando foi exposto que na agricultura existiam alimentos irradiados, que havia o uso da radioatividade para a verificação do líquido dentro das latinhas de refrigerante e que a radiatividade era utilizada na medicina para a radioterapia. A falta da abordagem desses temas automaticamente gera a falta de contextualização dos mesmos, fazendo que fatos que não estão longe dos estudantes ainda causem espantos.

4.5 Apresentações

Após a apresentação do minicurso, os estudantes foram divididos em quatro grupos para que se organizassem para apresentação de diferentes temas em outro dia. O primeiro grupo, formado por alunos do 2º ano, ficou com o tema acidentes nucleares. Os discentes desse grupo elaboraram uma apresentação em slides. Dada a ausência de projetor na escola no momento da apresentação, os alunos utilizaram um notebook, como mostra a Figura 20.



Figura 20. Apresentação do grupo 1 – Acidentes nucleares (Fonte: arquivo da autora).

Na apresentação do grupo 1, utilizou-se de recursos semelhantes ao do minicursos, pois além de apresentarem os acidentes de maneira cronológica e histórica os alunos utilizaram bastantes recursos de imagens.

O grupo 2, cujo o tema foi “Aplicações da radioatividade na Medicina”, foi formado por alunos do 3º ano. Tal grupo utilizou recursos semelhantes ao do grupo anterior, mas foi

significativamente enriquecido por conter o depoimento de uma aluna que relatou sobre um familiar que passou por um tratamento em que a radioatividade estava presente e a mesma outrora não sabia. Assim, na apresentação, por meio de slides, foi explicado os procedimentos dos tratamentos envolvendo a radioatividade (Figura 21).



Figura 21. Apresentação do grupo 2 – Aplicações da radioatividade na Medicina (Fonte: arquivo da autora).

O terceiro grupo, formado também por estudantes do 3º ano, realizou uma excelente apresentação das “Aplicações da radiatividade na Agricultura e Indústria”, com slides enriquecidos de figuras e símbolos usados nesta área (Figura 22).

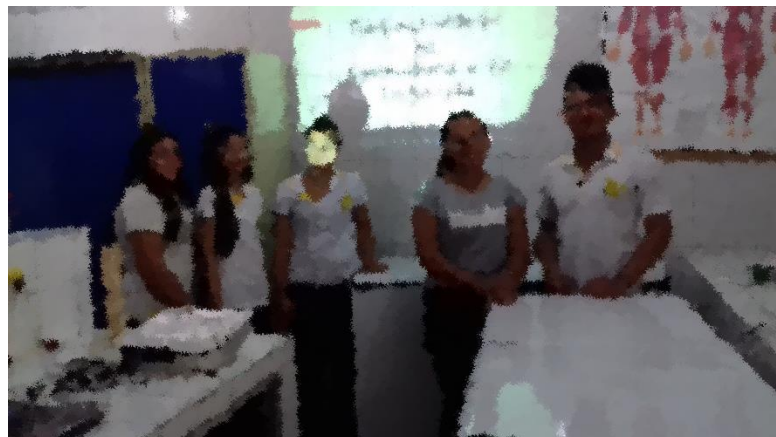


Figura 22. Apresentação do grupo 3 – Aplicações da radioatividade na agricultura e indústria (Fonte: arquivo da autora).

O quarto grupo, cujo tema foi “Bombas e reatores nucleares”, não se apresentaram por não conseguirem pesquisar e sistematizar a apresentação.

De maneira geral, as apresentações foram satisfatórias, foi sendo sempre associado os temas com as partes do minicurso e era perceptível o envolvimento dos grupos. Durante a pesquisa sempre que possível os estudantes tirarem dúvidas para melhorarem a apresentação, gerando assim o aprendizado sobre tal conhecimento e o envolvimento com os temas.

4.6 Pós-teste

O minicurso teve uma desistência, assim o gráfico da Figura 23 a seguir apresenta o resultado do teste realizado por 12 participantes após o minicurso.

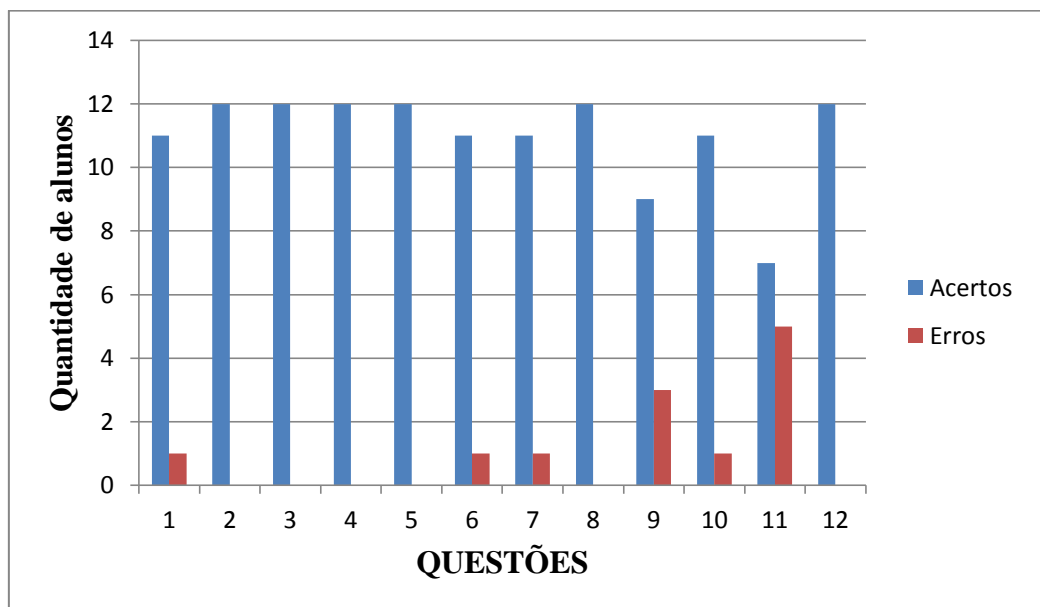


Figura 23. Resultado do pós-teste (Fonte: arquivo da autora).

Sendo um questionário igual ao que foi aplicado previamente ao minicurso, percebe-se a evolução dos estudantes, pois houve o aumento de questões com 100% de acertos, indo de uma para seis. Contudo, a décima primeira questão, que trata sobre o uso da radioatividade na Medicina, os estudantes, que no pré-teste apresentaram 61% de erros nesta questão, se sentiram confusos e apresentaram 41% de erros (extração de tumores ao invés de tratamento do câncer). Esse resultado demonstrou também uma má formulação da pergunta, tendo em vista que no tratamento do câncer objetiva-se eliminar/destruir os tumores com o uso da radiação.

Além da evolução dos dados quantificados existe também a evolução no discente de questões humanísticas que são intrínsecas ao ser usado novas metodologias que dão a

oportunidade de o aluno ser um sujeito ativo na sua aprendizagem. Isso pode ser percebido na fala da aluna do terceiro ano que ao relatar sobre o minicurso:

“O minicurso de radioatividade foi ótimo, nos proporcionou mais conhecimento sobre o assunto, e nem sempre é por meio das palavras que aprendemos. Ética, generosidade, amizade e humildade são atitudes e qualidades que se veem nas ações, e que ficam de exemplo e inspiração. Obrigado professora pela oportunidade eu amei” (ESTUDANTE 1).

Ainda dois alunos do segundo ano mostraram suas impressões sobre o minicurso:

“O minicurso que trabalhou a radioatividade, foi muito importante para o meu aprendizado, e para trazer mais entendimento nesse tema que pouco lecionado nas escolas, pelo fato de ser apenas um tema e não uma matéria. O minicurso também trazia dentro dele, além da radiação, outro tema como os raios-X, que também deu para entender e trazer aprendizado.” (ESTUDANTE 2)

“Eu achei excelente, mas devido o tempo ser curto pode ser espetacular. Deu para aprender que dá para trabalhar usando o conhecimento sobre radioatividade. O minicurso veio em boa hora, me ajudou com um problema e as atividades ampliaram mais o meu conhecimento.” (ESTUDANTE 3)

Tendo em vista os resultados do pós-teste (comparado ao pré-teste) e o depoimento, é notório o que se é gerado quando se busca e se utiliza de ferramentas alternativas em contrapartida a aulas expositivas, para que haja uma maior aprendizagem significativa nos discentes. É necessário que o professor tenha um melhor tempo de dedicado á buscas e pesquisas para que seja abordado conteúdos do cotidiano tecnológico (FMC), de forma contextualizada de maneira também que o aluno possa saber como surgiu aquilo pela abordagem histórica, e com recursos que ilustre e que se associe a matérias de lazer, gerando assim um interesse de prestar mais atenção no que está sendo explanado, assim fazendo que o alvo seja alcançado: a aprendizagem.

5. CONCLUSÕES

A análise dos três livros didáticos mostrou que dois deles abordam o assunto e o outro não, mostrando que existe deficiência em relação ao tema radioatividade, contudo o livro adotado na escola mostrou-se mais eficiente para embasar o minicurso. Na prática, esse conteúdo geralmente é esquecido, ou seja, não é abordado em sala de aula, gerando, assim, um déficit sobre esse assunto nos discentes concludentes do Ensino Médio, fazendo com que o crescimento crítico dos discentes não possa acontecer. E pela minha vivência dentro de sala de aula como professora é perceptível que os alunos mesmo já cursando o terceiro ano não possuem algum tipo de censo crítico para avaliar como a ciência e tecnologia está sendo imersa na sociedade.

É notório também em sala de aula que os estudantes estão enfadados de serem passivos na construção do seu conhecimento, logo a fuga do método tradicional, utilizando caminhos e metodologias diferenciadas (no qual foi a proposta desse trabalho), como abordagem histórica, contextualização e recursos audiovisuais, mostrou efeitos contrários ao que está sendo vivenciado na maioria das escolas. Percebeu-se que os alunos, durante a experiência, envolveram-se ativamente no minicurso implicando em uma aprendizagem significativa. E isso pode ser concluído através dos resultados obtidos por meio das apresentações, dos testes realizados e pelos depoimentos.

Com o pré-teste foi possível diagnosticar, por meio das respostas marcadas e também pelas reações e impressões deixadas pelos discentes, que a radioatividade está ligada a outras disciplinas do contexto escolar (mostrando um caráter interdisciplinar), porém que nunca havia sido dada uma atenção especial. E o pós-teste mostrou que as ferramentas utilizadas para a exploração da radioatividade foram eficazes. Aconteceu a interação entre os participantes e a utilização dos mesmos métodos no minicurso nas apresentações realizadas pelos estudantes, gerando motivação nos alunos pelos resultados positivos.

Diante disso, conclui-se que ao trazer diferentes abordagens e tratar da radioatividade no Ensino Médio obtêm-se resultados satisfatórios na aprendizagem. Além disso, foi possível perceber a importância de que os alunos tenham conhecimento desse tema que está cada vez mais presente no cotidiano de todos.

REFERÊNCIAS

- ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Revista Química Nova na Escola*, n. 24, p. 8-11, 2006.
- ALMEIDA, V. N.; O Ensino de Química com Enfoque Ciências, Tecnologia e Sociedade na Educação de Jovens e Adultos. Universidade Luterana do Brasil – Canoas, p.15, 2008.
- ALVERNAZ, C.; MAURMO, A. FÍSICA DAS RADIAÇÕES. São Paulo, 2010.
- AQUINO, K. A. S.; AQUINO, F. S. Radioatividade e meio ambiente: os átomos instáveis da natureza. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2012.
- AMPUDIA, R. Entenda o acidente nuclear em Fukushima, no Japão. 2016. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/261/entenda-o-acidente-nuclear-em-fukushima-no-japao>. Acesso em: 17 jun. 2017.
- AUSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. Psicologia Educacional. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução da segunda edição de Educational psychology: A cognitive view. 1980.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN + Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.
- BARROS, F. S. A banalização das armas nucleares. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.69-71, jun. 2008.
- BORGES, A. Radioatividade - O núcleo: uma bomba para se estudar! Rio de Janeiro: 2012. Atlas de Energia Elétrica do Brasil – AEEB, 2008.
- BROCKINGTON, G. A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para alunos do Ensino Médio. Dissertação de mestrado. IF/FE-USP, São Paulo, 2005.
- CARDOSO, E. M. Apostila Educativa: Aplicações da Energia Nuclear. Comissão Nacional de Energia Nuclear. 2012. Disponível em: <[http://: www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)>.
- CASTRO, R. S. e Carvalho, A. M. P. The historic approach in teaching: analysis of an experience. *Science Education*, 1995.
- CHASSOT, A.I. Raios X e radioatividade. *Química Nova na Escola*, n. 2, p.19-22, 1995.

CORRÊA, R. I.; GIUSTI, L. A.; NETO, V.N.; GIASSI, A. C.; CARMO, M. F.; JOÃO, J. J. Ensino Médio crítico e contextualizado: metodologia alternativa para ensinar química orgânica no Ensino Médio. In: Livro de Resumos do X Encontro de Química da Região Sul. Joinville: Univille, 2002. p. 89.

DICKMAN, A. G.; CARDOSO, S. O. O. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 891-934, out. 2012.

DIAZ, J. A. A. (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educación secundaria em formación inicial. Bordón. 52(1), 5-16.

FERREIRA, E. O analfabetismo científico no Brasil. 2013. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/site/noticias/materias/detalhe.php?id=2332>>. Acesso em: 14 abr. 2017.

FERREIRA, R. J. Desenvolvimento de metodologias para a caracterização de fontes radioativas seladas. 2010. 127 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Ipen, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://pelicano.ipen.br/PosG30/TextoCompleto/Robson de Jesus Ferreira_M.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2017.

FONSECA, M. R. M. Química: meio ambiente, cidadania e tecnologia. ed. 1. São Paulo: FTD, 2010. Coleção Química, Meio Ambiente, Cidadania e Tecnologia; v.1.

FARIAS, L. N.; MIRANDA, W. S.; FILHO, S. C. F. P. Fundamentos Epistemológicos das relações CTS no Ensino de Ciências. UFP – Amazônia, Revista de Educação em Ciências e Matemática. V. 9, nº 17, p.64, 2012.

NETO, E. S. F. Decaimentos e reações nucleares. 2004. 35 f. Curso de Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

GOLDEMBERG, J. Energia, meio ambiente & desenvolvimento. Trad. A. Koch. São Paulo: Editora da USP, 1998.

GOUVEA, L. R.; MACHADO, A. H. Trilhando caminhos para compreender a contextualização no ensino de Química. 2005. Monografia (Graduação em Química Licenciatura) – Faculdade de Educação.

HALLIDAY, RESNICK, WALKER. Fundamentos de Física. Vol. 4. 8 ed. Editora LTC, 2009.

HEWSON, P. W.; TABACHINICK, B. R.; ZEICHNER, K. M.; BLOMCKER, K. B.; MEYER, H.; LEMBERGER, J.; MARION, R.; PARK, H.; TOOLIN, R. Educating prospective teachers of Biology: introduction and research methods. Science Education, 1999.

LIMA, R.S.; PIMENTEL, L. C. F.; AFONSO, J. C. O Despertar da Radioatividade ao Alvorecer do Século XX. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 33, n. 2, p.93-99, Mai 2011.

LISBOA, J. C. F. Química, 2º ano: Ensino Médio. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2010.

MANSO, M. E.; VARANDAS, C. A. F.. Fusão Nuclear, opção energética para o futuro. Gazeta de Física, Lisboa, v. 1, n. 1, p.66-73, 2012.

MARTINS, H. L. PRINCÍPIOS FÍSICOS DA RADIOTERAPIA, 2012.

MEDEIROS, M. A.; LOBATO, A. C. Contextualizando a abordagem de radiações no ensino de Química. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v. 12, n. 3, p. 65-84, set-dez, 2010.

MERÇON, F.; QUADRAT, S. V. A radioatividade e a história do tempo presente. Química Nova, Campinas, v. 3, n. 19, p.27-29, maio 2004.

MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MORAN, J. M. O vídeo na sala de aula. Revista Comunicação & Expressão, São Paulo, n. 2. jan./abr. 1995.

MORK, S. M. An interactive learning environment designed to increase the possibilities for learning and communicating about radioactivity. Interactive Learning Environments, v. 19, n. 2, p. 1-15, 2009.

NARDI, Roberto; SILVA, D. História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. Investigações em Ensino de Ciências, São Paulo, v. 15, n. 1, p.7-29, abr. 2010.

NÍCOLI, I. G. Determinação de rendimentos dos produtos de fissão, lantanídeos e ítrio, na fissão do urânio 238 com nêutrons do espectro de fissão. 1981. 84 f. Tese - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1981.

PALANDI, J. et al. FÍSICA NUCLEAR. Santa Maria: 2010.

PELICHIO, A. F. Irradiando Conhecimento: uma abordagem da radioatividade para o Ensino Médio. In: CONGRESSO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, Curitiba, 2009.

PERUZZO, F. M. CANTO, Eduardo Leite do. Química na abordagem do cotidiano. ed. 4. São Paulo: Moderna, 2006.

PEZZO, M. Datação por Carbono - 14. Univerciência, São Paulo, v. 1, n. 1, p.4-6, dez. 2002

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W.; A. Ciências, Tecnologia e Sociedade: A relevância do Enfoque CTS para o Contexto do Ensino Médio. Revista Ciência e Educação, v. 13, n. 1, p. 5, 2007.

PINTO, G. T.; MARQUES, D. M. Uma proposta didática na utilização da história da ciência para a primeira série do Ensino Médio: Radioatividade no cotidiano. História da ciência e ensino: construindo interfaces, v.1, p.27-57, 2010.

RIBEIRO, D. Fusão nuclear. Revista de Ciência Elementar, Porto, v. 2, n. 4, p.29-30, set. 2014.

SANTOS, S. E. PÉREZ-ESTEBAN, J. Estudiando el fenómeno de la radiactividad a través de noticias de prensa: el caso del espía ruso envenenado. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, v. 9, n. 2. p. 294-306, 2012.

SESEN, B. ACAR; INCE, E. Internet as a source of misconception: “radiation and radioactivity”. TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology, v. 9, n. 4, p. 94-100, 2010. Disponível em: <<http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ908075.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

SIMÕES NETO, J. E. et al. Os Simpsons, a radioatividade e o ensino de Química. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 29, 2006, Águas de Lindóia.

SILVA, D.N.G.; PEREIRA M.V. Análise preliminar da temática radiações ionizantes em livros didáticos do nono ano do Ensino Médio. Em: XIX Simpósio nacional de ensino de Física. 2011. Em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0015-3.pdf>.

SILVA, F. L.; PESSANHA, P. R.; BOUHID, R. Abordagem do Tema Controverso Radioatividade/Energia Nuclear em Sala de Aula no Ensino Médio – Um Estudo de Caso. VIII Enpec. IFRJ e IECD – SEEDUC, p 3, 2011.

SOARES, A. A.; MORAES, L. E.; OLIVEIRA, F. G. Ensino de matéria e radiação no Ensino Médio com o auxílio de simuladores interativos. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, n. 3, p.1-9, jan. 2015. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941>.

SOUSA, W. T.; SALES, L. L. M. RADIOATIVIDADE NO ENSINO MÉDIO: ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA NO PNLD 2015. Revista de Pesquisa Interdisciplinar, Cajazeiras, v. 1, n. 1, p.73-79, 2016.

SOUZA, A. M. D.; NAZARÉ, T. S. D. A utilização de um programa de computador para simulações de experimentos de óptica para promover o aprendizado de ciências exatas. Física na Escola, v. 13, p. 30-31, mai. 2012.

STEFANOVITS, A. Ser Protagonista. Física, 3º ano: Ensino Médio/obra coletiva. São Paulo: Edições SM, 2013.

TERREMOTO, L. A. A. Fundamentos de Tecnologia Nuclear Reactores. Sao Paulo: 2004.

TILDEN, W.A. Chemical discovery and invention in the XXth century. 5. ed. Nova Iorque: Dutton, 1926.

TIRONI, C. R. et al. A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 9., 2013, Águas de Lindoia. Atas. Águas de Lindoia: Enpec, 2012.

VALE, J. M. F. Educação científica e sociedade. In: NANDI, Roberto et al. Questões atuais no ensino de ciências. 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2009.

VIANA, E. S.; MOTA, R. S. Breve estudo sobre o ensino da Radioatividade nas escolas públicas estaduais na cidade de Campos dos Goytacazes/RJ. Monografia (Licenciatura em Química). Campos dos Goytacazes, RJ, Instituto Federal Fluminense (IF Fluminense), 2008.

VIANA, E. S.; BATISTA, S. C. F. Ensino de Radioatividade: utilização de vídeos como ferramentas pedagógicas. Vértices, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 2, p.103-127, ago. 2015.

VIANA, E.S.; BATISTA, S.c.f. Ensino de Radioatividade: Utilização de Vídeos como Ferramentas Pedagógicas. Revista Vértices, v. 17, n. 2, p.103-127, 30 ago. 2015.

XAVIER, A. M. et al. MARCOS DA HISTÓRIA DA RADIOATIVIDADE E TENDÊNCIAS ATUAIS. Química Nova, Campinas, v. 30, n. 1, p.83-91, 2007.

ANEXO



Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira- UNILAB
Pró Reitoria de Graduação- PROGRAD
Instituto de Ciências Exatas e da Natureza- ICEN
Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza e Matemática- CNM
Trabalho de Conclusão de Curso- TCC

QUESTIONÁRIO

- | | |
|---|--|
| <p>1. Qual foi descoberto primeiro?</p> <p>a. Raios - X</p> <p>b. Radioatividade</p> | <p>7. Qual o resultado de uma fissão nuclear:</p> <p>a. O núcleo se divide liberando energia e nêutrons</p> <p>b. O núcleo se une liberando prótons</p> <p>c. O núcleo se divide liberando prótons</p> |
| <p>2. Quem descobriu a radioatividade?</p> <p>a. Becquerel</p> <p>b. Roentgen</p> | <p>8. A bomba atômica é derivado da:</p> <p>a. FISSÃO Nuclear</p> <p>b. FUSÃO Nuclear</p> |
| <p>3. A radioatividade foi descoberta:</p> <p>a. De propósito</p> <p>b. Acidentalmente (sem querer)</p> | <p>9. Radioatividade é o fenômeno que:</p> <p>a. O núcleo emite energia</p> <p>b. O núcleo absorve calor</p> |
| <p>4. De que é formado átomo</p> <p>a. Prótons, neutrons e eletrons</p> <p>b. Moléculas e ligações.</p> | <p>10. A radioatividade pode ser:</p> <p>a. Natural ou ambiental</p> <p>b. Artificial ou natural</p> |
| <p>5. Se um núcleo é INSTÁVEL, ele tem excesso:</p> <p>a. Força</p> <p>b. Energia</p> | <p>11. Na saúde a radioatividade por ser usada para:</p> <p>a. Tratamento do câncer.</p> <p>b. Extrair tumores.</p> |
| <p>6. A meia vida de um elemento é o intervalo de tempo:</p> <p>a. Que uma amostra radioativa fica maior .</p> <p>b. Que uma amostra radioativa tem metade dos seus núcleos decaídos.</p> | <p>12. Qual elemento é usado na datação de matéria orgânica:</p> <p>a. Carbono -14</p> <p>b. Urânio - 238</p> |