



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO NACIONAL  
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

Renan Pinheiro de Oliveira

**FÍSICA MÉDICA APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA DAS RADIAÇÕES: UM  
RELATO DE EXPERIÊNCIA NA CRIAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA  
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO UTILIZANDO TICS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade de Brasília, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Dr. José Felipe Beaklini

Coorientador:

Dr. Francisco de Araújo

Brasília  
Julho de 2018

**“Física Médica Aplicada ao Ensino de Física das Radiações:  
Um Relato de Experiência na Criação e Aplicação de uma  
Seqüência Didática Para o Ensino Médio Utilizando TICS”**

**Por  
Renan Pinheiro de Oliveira.**

Dissertação submetida ao Instituto de Física da Universidade de Brasília como parte dos  
requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Física.

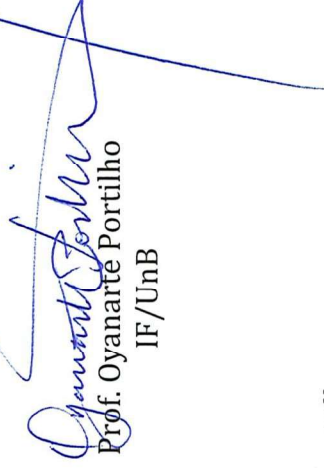
Aprovada por:



Prof. José Felipe Beaklini Filho  
IF/UnB



Prof.ª Vanessa Carvalho de Andrade  
IF/UnB



Prof. Oyanarte Portilho  
IF/UnB



Prof. Dr. Olavo Leopoldino da Silva Filho  
Coordenador do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Instituto de Física

## FICHA CATALOGRÁFICA

Oliveira, Renan Pinheiro de Oliveira

Física médica aplicada ao Ensino de Física das Radiações: um relato de experiência na criação e aplicação de uma sequência didática para o ensino médio utilizando TICS / Renan Pinheiro de Oliveira - Brasília: UNB / IF, 2018. x, 105 f.

Orientador: José Felipe Beaklini  
Coorientador: Francisco de Araújo

Dissertação (mestrado) – UNB / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.

Referências Bibliográficas: f. 54-60.

1. Ensino de Física. 2. Radiação. 3. TICS. I. Oliveira, Renan Pinheiro de. II. Universidade de Brasília, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Física médica aplicada ao Ensino de Física das radiações: um relato de experiência na criação e aplicação de uma sequência didática para o ensino médio utilizando TICS.

Dedico esta dissertação aos meus pais Maria e José, ao meu irmão Flávio, à minha tia Lia e à toda minha família e amigos que contribuíram de alguma forma para a conclusão deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e meu irmão que me ajudaram chegar até aqui.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Felipe e Coorientador Dr. Francisco de Araújo pela paciência, competência e comprometimento com o trabalho.

Ao meu grande amigo Diego Rodrigues que esteve comigo em todas as etapas desta batalha, ajudando e muito na construção desta dissertação.

Ao meu primo Marcone e sua esposa Sandra que, por dois anos, me hospedaram em sua residência e não deixaram que eu desistisse de chegar até aqui. Sem eles não teria condições de concluir o mestrado.

À minha (grande) família que foi essencial neste processo.

À Bruna Lorrany por me apoiar e ajudar na reta final da defesa.

Aos meus amigos Bruno, Franco, Luís César, Diego e Thiago.

Aos colegas do mestrado, em especial Adriana e Diego, pelo apoio nesses dois anos.

Aos professores do MNPEF – Polo 1 UNB que compartilharam seus conhecimentos.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

## RESUMO

FÍSICA MÉDICA APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA DAS RADIAÇÕES: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NA CRIAÇÃO E APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO UTILIZANDO TICS

Renan Pinheiro de Oliveira

Orientador:

Dr. José Felipe Beaklini

Coorientador:

Dr. Francisco de Araújo

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade de Brasília no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

A presente dissertação aborda o desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino de Física das Radiações tomando como base a aplicação na Medicina. Para isso, foi criado um roteiro de atividades utilizando um material de apoio com slides, vídeos e animações. Aplicado em outro contexto social e econômico, esse material nos mostrou falhas que precisaram ser corrigidas. A nova aplicação explorou o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), utilizando simulações computacionais o que culminou na criação de um site desenvolvido pelos alunos, com código aberto, como parte de um Produto Educacional, para ser disponibilizado para professores que quiserem usar a informação contida e até mesmo expandir o que já existe. A exposição das aulas foi baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e auxiliada pelos Mapas Conceituais de Joseph Novak, se mostrando promissoras e com resultados satisfatórios.

**Palavras-chave:** Ensino de Física, Radiação, Física Médica, TICs.

Brasília  
Julho de 2018

## ABSTRACT

MEDICAL PHYSICS APPLIED TO THE TEACHING OF RADIATION PHYSICS:  
AN EXPERIENCE REPORT ON THE CREATION AND APPLICATION OF A  
DIDACTIC SEQUENCE FOR HIGH SCHOOL USING TICS

Advisor:

Dr. José Felipe Beaklini Filho

Co-Advisor:

Dr. Francisco de Araujo

Abstract of master's thesis submitted to Pos Graduate Program in Physics Teaching of the University of Brasília in the Professional Master's Degree Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain a Master's Degree in Physics Teaching

The present dissertation regards the development of a didactic sequence for teaching Radiation Physics based on future applications in Medicine. For this matter, a script of activities was created, which includes guidelines with slides, videos and animations. When applied to other social and economic contexts, this material showed flaws that are yet to be corrected. The new application explored the use of Information and Communication Technologies (TICs), applying computational simulations, culminating in the creation of a website developed by the students, with open source configuration, as part of an Educational Product, to be made available to teachers who choose to use such information and even expand what already exists. The lecture was based on David Ausubel's Theory of Significant Learning and aided by Joseph Novak's Conceptual Maps, showing promise and satisfactory results.

**Keywords:** Physics education, Radiation, Medical Physics, TICs

Brasília - DF  
July of 2018

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Articulação entre as áreas do Conhecimento.....	06
<b>Figura 2:</b> Homenagem à Tia Lia.....	17
<b>Figura 3:</b> Fonte selada de Césio -137 .....	20
<b>Figura 4:</b> MBI: Aparelho para diagnóstico do câncer de mama.....	21
<b>Figura 5:</b> Imagem criada pelo MBI para diagnóstico do câncer de mama.....	22
<b>Figura 6:</b> Representação de um Mapa Conceitual, segundo Joseph Novak.....	28
<b>Figura 7:</b> Grau de Responsabilidade pelo Acidente com Césio 137 .....	37
<b>Figura 8:</b> Material de apoio utilizado .....	38
<b>Figura 9:</b> Simulação "Espalhamento de Rutherford" .....	44
<b>Figura 10:</b> Simulação "Monte um Átomo" .....	45
<b>Figura 11:</b> Jogo "Ache o Átomo" .....	46
<b>Figura 12:</b> Programa em C++ criado pelos alunos.....	47
<b>Figura 13:</b> Mapa Conceitual relacionando Física e Medicina.....	48
<b>Figura 14:</b> Gráfico com percentual de acertos no pós-teste.....	49
<b>Figura 15:</b> Menus do site Física das Radiações.....	50
<b>Figura 16:</b> Material de apoio disponível para download.....	51



## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b> Coleções de Física escolhidas para o PLND 2018-2020.....	08
<b>Quadro 2:</b> Teorias da aprendizagem, autor e quantidade de trabalhos.....	13
<b>Quadro 3:</b> Valores cobrados de planos de internet pelos provedores locais da cidade de Tefé.....	24
<b>Quadro 4:</b> Cronograma para desenvolvimento da Sequência Didática em Goiânia.....	30
<b>Quadro 5:</b> Cronograma para desenvolvimento da Sequência Didática em Tefé.....	32
<b>Quadro 6:</b> Temas distribuídos entre os alunos em Tefé. ....	33

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2 ESTUDOS RELACIONADOS: REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>5</b>
2.1 PNLD 2018-2020: OS LIVROS DIDÁTICOS UTILIZADOS NO ENSINO PÚBLICO .....	8
2.2 FÍSICA DAS RADIAÇÕES E TICS: UMA ÁREA POUCO EXPLORADA ....	12
<b>CAPÍTULO 3 RELATO DE EXPERIÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>15</b>
3.1 A CONSTRUÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA .....	15
3.1.2 <i>CÂNCER: O MAL DO SÉCULO XXI</i> .....	15
3.1.3 <i>GOIÂNIA - GO: O ACIDENTE RADIOLÓGICO DE 1987</i> .....	17
3.1.4 <i>INSTITUTO GOIANO DE RADIOLOGIA: A MEDICINA NUCLEAR NO DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS</i> .....	19
3.1.5 <i>TEFÊ-AM: O ISOLAMENTO DIGITAL EM PLENO SÉCULO XXI</i> .....	23
<b>CAPÍTULO 4 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>25</b>
4.1 DAVID AUSUBEL E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA .	25
4.2 JOSEPH NOVAK E OS MAPAS CONCEITUAIS .....	27
<b>CAPÍTULO 5 METODOLOGIA .....</b>	<b>29</b>
5.1 COLÉGIO OBJETIVO: DESENVOLVIMENTO DE UM MATERIAL DE APOIO .....	30
5.2 INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS: REFORMULAÇÃO NA METODOLOGIA.....	31
<b>CAPÍTULO 6 DESENVOLVIMENTO DAS AULAS E CRIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>34</b>
6.1 COLÉGIO OBJETIVO: PRÉ-TESTE, AULAS E PÓS-TESTE .....	34
6.2 INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS – CAMPUS TEFÊ.....	39
6.2.1 <i>ANÁLISE DO PRÉ-TESTE</i> .....	39
6.2.2 <i>DESENVOLVIMENTO DAS AULAS UTILIZANDO SIMULAÇÕES</i> .....	43
6.2.3 <i>ANÁLISE DO PÓS-TESTE</i> .....	48
6.2.4 <i>FÍSICA DAS RADIAÇÕES E A CRIAÇÃO DE UM SITE</i> .....	50
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>54</b>
<b>APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE B – PRÉ-TESTE COLÉGIO OBJETIVO.....</b>	<b>94</b>
<b>APÊNDICE C – PRÉ-TESTE INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS .....</b>	<b>97</b>
<b>APÊNDICE D – PÓS-TESTE INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS.....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE E – PROGRAMA CRIADO EM LINGUAGEM C++ .....</b>	<b>102</b>

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

Em pleno século XXI é impossível imaginar vivermos sem o uso de celular, computadores e até mesmo internet. Essas tecnologias, conhecidas como TICs - Tecnologias da Informação e Comunicação, - são imprescindíveis para a comunicação entre as pessoas, para o desenvolvimento de praticamente todas as áreas do conhecimento e, também, para a inclusão digital da população. A evolução das TICs provocou mudanças nas áreas de tecnologia e comunicação, além de diversas áreas do conhecimento humano. Elas foram responsáveis por alterações nas relações entre os indivíduos (de conduta, de costumes, de consumo, de lazer, e nas formas como eles se comunicam) criando novos hábitos sociais e surgindo novas formas de interação. (PEREIRA & SILVA, 2010)

Na Educação, não é diferente. Potencializada pelo uso da internet, as TICs tem papel essencial no desenvolvimento de novas teorias de ensino e aprendizagem e na transmissão de informações para os estudantes seja através de livros digitais, simulações, vídeos educativos, sites de internet e até mesmo games voltados para o ensino (gamificação). Porém, é importante ressaltar que o uso destas tecnologias deve ser abordado de forma analisada e programada, pois pode prejudicar a transmissão de informações e o processo da aprendizagem dos alunos. Segundo a UNESCO (2015), o Brasil precisa melhorar a capacitação dos professores no que diz respeito à utilização de TICs bem como a sua incorporação no sistema educacional brasileiro. Para isso, a UNESCO considera três pontos importantes: i) TICs são apenas uma parte de um contínuo desenvolvimento; ii) elas devem ser adaptadas para a aplicação dentro da educação; iii) é importante respeitar questões éticas e legais como a propriedade do conhecimento e evitar o plágio das diversas ferramentas desenvolvidas.

O Ministério da Educação (MEC, 2017), através do decreto 9.204/2017, instituiu o Programa de Inovação Educação Conectada versando sobre o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação em seus artigos 1º e 2º:

*“[...] Art. 1º - Fica instituído o Programa de Inovação Educação Conectada, em consonância com a estratégia 7.15 do Plano Nacional de Educação, aprovado pela Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014, com o objetivo de apoiar a universalização do acesso à internet em alta velocidade e fomentar o uso pedagógico de tecnologias digitais na educação básica.*

*Art. 2º - O Programa de Inovação Educação Conectada visa a conjugar esforços entre órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios, escolas, setor empresarial e sociedade civil para assegurar as condições necessárias para a inserção da tecnologia como ferramenta pedagógica de uso cotidiano nas escolas públicas de educação básica.*

*Parágrafo único - A execução do Programa de Inovação Educação Conectada se dará em articulação com outros programas apoiados técnica ou financeiramente pelo Governo federal, voltados à inovação e à tecnologia na educação”(MEC, 2017)*

Na teoria, esse decreto formaliza o que já vem acontecendo há bastante tempo: a expansão da aplicação de tecnologia da informação no ensino brasileiro. Porém, na prática, essa realidade é diferente em algumas regiões do país. Nas grandes cidades e metrópoles esse decreto funciona consideravelmente bem. Mas como agir com cidades praticamente isoladas, a exemplo de cidades do norte do país, onde não há internet banda larga e onde as redes móveis são precárias? Um exemplo desta realidade está no interior do Amazonas, na cidade de Tefé. Uma cidade, com 60.021 habitantes (IBGE, 2017), ainda se encontra isolada em pleno século XXI. A revista EXAME (2016) reforça que Tefé ainda sofre com isolamento digital. A única forma de acesso à rede mundial de computadores se dá apenas via satélite, e de forma onerosa para uma parcela considerável de sua população. Pesquisando valores com provedores locais, encontramos dois problemas. Primeiramente, o acesso à cidade ocorre apenas por barco ou avião, dificultando a chegada de cabos de transmissão de dados, como a fibra óptica. Outro problema se dá em relação ao custo da internet via satélite. Um *link* de 300 kbps custa, em média para a população, R\$ 500 por mês. Então fica o questionamento: como usar TICs em um local onde não há acesso à internet e outros tipos de tecnologias da informação? Creio que este seja um objetivo importante do Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física (MNPEF): desenvolver ferramentas para

melhorar o ensino e aprendizagem, promovendo a inclusão digital por todo o Brasil, suprimindo assim, demandas sociais, políticas e econômicas (DO NASCIMENTO, 2013).

Por ser uma disciplina que requer um grau de abstração elevado, a Física se beneficia com a utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação. O uso de TICs no processo de ensino e aprendizagem para o Ensino de Física vem se tornando cada vez mais comum. Por exemplo, para aprimorar a integração entre: a) o que é estudado, b) a forma como o conhecimento é transmitido e c) o papel do professor em todo o processo, o uso de TICs tem o papel de extensão da sala de aula, pois amplia os recursos didáticos, compensando parcialmente a crescente redução da carga horária de Física – que diminuiu consideravelmente na última década (PIRES & VEIT, 2006). Segundo Vaniel et al. (2011), as TICs tem grande potencial de investigação e desenvolvimento do processo educativo além de avançar as práticas pedagógicas e estimular a criatividade e envolvimento dos discentes envolvidos no processo.

Os conhecimentos da Física Moderna e Contemporânea (FMC)<sup>1</sup>, caracterizados pela sua estruturação conceitual, abstração e formulação em linguagem matemática, são poucos assimiláveis pela cultura popular (BROCKINGTON & PIETROCOLA, 2016). Seja pela falta de preparo ou pela deficiência na formação do professor, seja pela abordagem totalmente resumida nos livros didáticos, este conteúdo é muitas vezes deixado de lado nas salas de aula. Além disso, os currículos da educação brasileira não contribuem para que assuntos de FMC sejam discutidos e trabalhados em sala de aula. Esse cenário leva à falta de interesse por parte dos alunos, pois não conseguem fazer uma ponte entre os conceitos vistos em sala de aula e a física do cotidiano (PEREIRA & SCHUMACHER, 2013). Por isso, um dos assuntos escolhidos para abordagem em sala de aula foi Física aplicada à

---

<sup>1</sup>A **nomenclatura** FMC se deu com base na divisão em três categorias dos conteúdos abordados na Física. A Física Clássica, que iniciou com os trabalhos de Isaac Newton (1643-1727) até o final do século XIX; A Física Moderna, que se destacam as contribuições de cientistas como Max Planck (1858-1947) e Albert Einstein (1879-1955), entre outros, até 1940 e a Física Contemporânea de 1940 até os dias de hoje. (OSTERMANN & MOREIRA, 2000 *apud* TIRONI et al, 2013).

Medicina. Segundo Parisoto et al. (2012), a Física aplicada à Medicina pode ser utilizada como facilitadora no ensino de física das radiações, tanto pela variedade de fenômenos que envolve, como pelos seus impressionantes efeitos sobre a tecnologia moderna. Além disso, questões associadas à saúde humana, como o diagnóstico e tratamento de doenças, são consideradas pelos estudantes como bastantes relevantes em um estudo realizado em vários países com diferentes realidades educacionais e socioculturais como Alemanha, Brasil, Estados Unidos, Grécia, Israel, Nova Zelândia e Turquia (DA SILVA, 2017).

Neste trabalho, desenvolvemos uma sequência didática para o ensino de Física das Radiações tomando como base a aplicação na Medicina. Para isso, foi criado um roteiro de atividades utilizando um material de apoio com slides, vídeos e animações. Aplicado em outro contexto social e econômico, esse material nos mostrou falhas que precisaram ser corrigidas. A nova aplicação explorou o uso de Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs), utilizando simulações computacionais o que culminou na criação de um site desenvolvido pelos alunos.

## CAPÍTULO 2

### ESTUDOS RELACIONADOS: REVISÃO DA LITERATURA

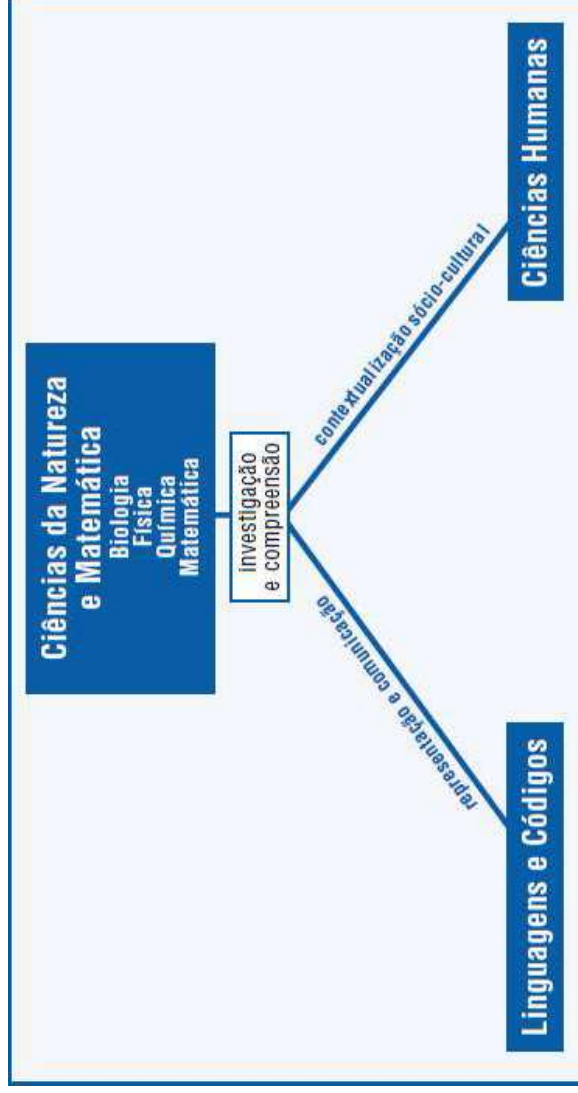
A abordagem de Física das Radiações, no ensino médio e no âmbito da Física Moderna e Contemporânea, é determinada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)<sup>2</sup>. É ele o responsável pelo desenvolvimento do currículo escolar, através de diretrizes, competências e habilidades básicas a serem desenvolvidas pelos alunos (MEC, 2012) – sendo divididas em três grandes áreas do conhecimento: **i) Ciências Humanas e suas Tecnologias** (História, Geografia, Sociologia e Filosofia); **ii) Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias** (Matemática, Física, Química e Biologia); **iii) Linguagens, Códigos e suas Tecnologias** (Língua Portuguesa e Estrangeira Moderna, Arte, Educação Física e Informática). Além disso, ele versa também sobre a abordagem da Física no Ensino Médio:

*“[...] Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional.”*

Vemos, portanto, que se tem por objetivo tornar a física mais atrativa ao aluno do ensino médio, promovendo uma visão mais contextualizada e interdisciplinar, dando um significado maior para o seu estudo e articulando com outras áreas do conhecimento. Através disso, o PCN se baseou em um diagrama (Figura 1) que mostra a conexão entre essas três grandes áreas do conhecimento, citadas anteriormente, para o melhor rendimento na física.

---

<sup>2</sup> O PCN é estendido pelo PCN+, que são orientações complementares sobre o currículo do ensino brasileiro. Ele também auxilia como orientador na formação docente (MEC, 2012)



**Figura 1:** Articulação entre as áreas do Conhecimento.

Fonte: Parâmetros Curriculares Nacionais (2012)

Analisando a articulação entre áreas do conhecimento, vemos que as Ciências Humanas fornecem mecanismos facilitadores para o entendimento de certos fenômenos físicos, auxiliando na contextualização sociocultural. O contexto com que determinadas leis ou experimentos foram observados ajudam a perceber as dificuldades da época, os procedimentos, as tecnologias, as indagações. Este contexto ainda está em desenvolvimento com contínua transformação e evolução. Entender como a ciência foi desenvolvida, com base no contexto cultural, possibilita esclarecer para o aluno como se dá a construção do pensamento, da metodologia e até para a percepção de visões distorcidas no amplo contexto da física. Já as Linguagens e Códigos ajudam na comunicação, reconhecimento, utilização e interpretação de símbolos e formas de representações como escalas, grandezas e unidades de medidas e por último na análise e síntese da linguagem científica presente nos diferentes meios de comunicação e expressão – que posteriormente serão explicadas neste trabalho pelas TICs (MEC, 2012). Eis que surge a ligação entre Ciências Humanas, da Natureza e Linguagens: ambas se interligam através da investigação e comunicação, fornecendo estratégias para os alunos resolverem



certas situações-problemas e promover assim a interdisciplinaridade proposta pelo PCN.

As diretrizes apontadas pelo PCN+ na Física das Radiações foram definidas de forma a abranger os vínculos com outras disciplinas levando em consideração o diagrama de articulação das mesmas. O seu conteúdo foi abordado em dois enfoques: a discussão dos modelos atômicos e a interação da radiação com a matéria, sendo divididos em Quatro Unidades Temáticas:

- 1) Matérias e suas propriedades;**
- 2) Radiações e suas interações;**
- 3) Energia Nuclear e Radioatividade;**
- 4) Eletrônica e Informática.**

No desenvolvimento das diretrizes, juntamente com o conteúdo programático, encontramos um obstáculo: a falta de material de didático (livros e materiais de apoio) que corroborem com o discurso dos PCNs. Na prática, os livros didáticos de Física não se comunicam com o PCN em algumas diretrizes e deixam a desejar em muitas habilidades importantes.

Portanto, houve a necessidade de fazer uma revisão da literatura utilizada em duas instituições de ensino distintas que foram caracterizadas pelo objeto de pesquisa: o Colégio Objetivo Goiânia e o Instituto Federal do Amazonas (IFAM). O primeiro utiliza literatura própria. Por se tratar de uma rede particular de ensino, o seu foco está no desenvolvimento de conteúdos bases para os maiores vestibulares do Brasil: ENEM, UNICAMP, FUVEST, UNIFESP, etc. e a FMC é deixada de lado. Ou seja, não havia nenhum material de apoio que auxiliasse o desenvolvimento do conteúdo em questão. Já para o IFAM, por utilizar livros cedidos pelo Ministério da Educação (PNLD), requer uma discussão especial, pois esse material é disponibilizado e utilizado por grande parte das escolas do Brasil.

## 2.1 PNLD 2018-2020: OS LIVROS DIDÁTICOS UTILIZADOS NO ENSINO PÚBLICO

O Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) é o programa, desenvolvido pelo Ministério da Educação, responsável por disponibilizar, de forma gratuita e regular, livros didáticos, literários e materiais de apoio às escolas públicas das redes federais, estaduais e municipais. Os professores de cada disciplina escolhem os livros que serão disponibilizados aos alunos de três em três anos. No ano de 2018, um novo ciclo se iniciou e os livros didáticos de física selecionados foram divididos em 12 coleções disponíveis para escolha dos docentes. É importante ressaltar que o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) distribui os livros didáticos de acordo com o senso escolar de dois anos anteriores (MEC, 2017). O Quadro 1 nos mostra as coleção didáticas de Física escolhidas para o triênio 2018-2020:

**QUADRO 1: COLEÇÕES DE FÍSICA ESCOLHIDAS PARA O PLND 2018-2020 (FNDE, 2017)**

#	LIVRO DIDÁTICO	AUTORES	EDITORA
1	FÍSICA: INTERAÇÃO E TECNOLOGIA	AURELIO GONÇALVES FILHO CARLOS TOSCANO	SEI
2	FÍSICA - CIÊNCIA E TECNOLOGIA	CARLOS MAGNO A. TORRES NICOLAU GILBERTO FERRARO PAULO ANTONIO DE T. SOARES PAULO CESAR MARTINS PENTEADO	MODERNA
3	CONEXÕES COM A FÍSICA	BLAIDI SANT'ANNA GLORINHA MARTINI HUGO CARNEIRO REIS WALTER SPINELLI	MODERNA
4	SER PROTAGONISTA – FÍSICA	ADRIANA BENETTI MARQUES VÁLIO ANA FUKUI ANA PAULA SOUZA NANI BASSAM FERDINIAN GLADSTONE A. DE OLIVEIRA MADSON DE MELO MOLINA VENÉ	SM
5	FÍSICA AULA POR AULA	BENIGNO BARRETO CLAUDIO XAVIER	FTD

<b>6</b>	FÍSICA EM CONTEXTOS	ALEXANDER POGIBIN MAURÍCIO PIETROCOLA RENATA DE ANDRADE TALITA RAQUEL ROMERO	DO BRASIL
<b>7</b>	FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO	FUKE KAZUHITO	SARAIVA
<b>8</b>	FÍSICA	GUALTER HELOU NEWTON	SARAIVA
<b>9</b>	FÍSICA	BONJORNO CASEMIRO CLINTON EDUARDO PRADO	FTD
<b>10</b>	COMPREENDENDO A FÍSICA	ALBERTO GASPAR	ÁTICA
<b>11</b>	FÍSICA: CONTEXTO & APLICAÇÕES	ANTÔNIO MÁXIMO BEATRIZ ALVARENGA CARLA GUIMARÃES	SCIPIONE
<b>12</b>	FÍSICA	CARRON GUIMARÃES PIQUEIRA	ÁTICA

O livro escolhido para ser utilizado no Instituto Federal do Amazonas (IFAM), foi o **SER PROTAGONISTA** da **EDITORA SM**. Em uma breve análise, com o objetivo de desenvolver o conteúdo de Física das Radiações para o 3º ano, foram encontrados muitos problemas no atendimento às normas dos Parâmetros Curriculares Nacionais. Segundo o PCN, a física deve ser abordada de forma contextualizada, explicitada como um processo histórico e suas contínuas transformações, além de explicar as metodologias ou procedimentos utilizados, fazendo referência ao dia-a-dia do aluno. Nesta parte do conteúdo, o livro não segue a maioria das habilidades necessárias segundo PCN, além de não levar em consideração um dos enfoques temáticos importantes: o desenvolvimento dos modelos atômicos.

O modelo de Dalton é descrito em apenas três linhas e não faz referência às motivações históricas (no caso, Dalton era meteorologista e buscava compreender as características dos gases encontrados na atmosfera

terrestre) e contextualização à época. Além disso, o livro não descreve os conceitos referentes ao modelo de Dalton nem ao desenvolvimento de suas teorias. Outro ponto importante foi o que motivou a necessidade de criação de um novo modelo: o modelo de Dalton não contemplava a natureza elétrica da matéria.

Com base nos problemas apresentados por Dalton, o livro não faz a transição para o modelo de Thomson. O livro não mencionou que a busca pela natureza elétrica da matéria foi desenvolvida por vários cientistas. Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), responsável pela quantização da carga elétrica, Michael Faraday (1791-1867) responsável pelas Leis da Eletrolise e Indução Eletromagnética, James C. Maxwell (1831-1879) responsável pela criação da Teoria Eletromagnética, Benjamin Franklin (1706-1790) responsável pela criação dos para-raios, Heinrich Geissler (1814-1879) responsável pelo desenvolvimento do tubo de Geissler e, por último, William Crookes (1832-1919) criador da Ampola de Crookes (que veio a se tornar o tubo de raios catódicos) foram essenciais para o desenvolvimento do Modelo de Thomson. Por fim, não cita experimentos que ajudaram a compreensão do elétron nem a relação de sua carga/massa feita pelo Experimento da Gota de Millikan. (NISEMBAUM, 2015).

Um ponto positivo do livro está no fato de apontar a transição para o próximo modelo: o modelo de Ernest Rutherford (1871-1937) citando fenômenos que o modelo de Thomson não conseguia responder, como o resultado do arranjo experimental da fina lâmina de ouro. Porém, não faz uma abordagem histórica de cientistas que contribuíram com o seu modelo e com a descoberta da Radioatividade: Antoine H. Becquerel (1852 – 1908), Marie S. Curie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906). O ponto negativo nesse assunto está na ausência de explicação sobre a descoberta do próton que culminou na “transmutação” de um elemento em outro – o início do decaimento radioativo (citado de forma simples, resumida, sem equações que exemplificassem o cálculo do tempo de meia vida e cuja explicação é confundida com atividade nuclear).

O Modelo de Niels Bohr (1885 – 1962) é abordado de forma aprofundada, porém sem foco no contexto histórico e motivações que ajudaram no seu desenvolvimento. A física nuclear, como fusão e fissão, são resumidos numa descrição de apenas dois parágrafos.

Vemos, portanto, que o livro possui várias falhas no que se diz respeito aos modelos atômicos, uma das unidades temáticas do PCN. Nem descreve e nem comenta sobre modelos atuais como o Modelo de Arnold Sommerfeld (1868-1951) mantendo o conteúdo totalmente desconexo. Com base nisso, percebemos a necessidade da criação de um material que pudesse suprir as falhas que são evidentes no livro didático, que não são tão evidentes no conteúdo da Física Clássica, mas aparecem no contexto da Física Moderna e Contemporânea.

A criação deste material foi feita com base nas recomendações do PCN seguindo a seguinte sequência didática:

- 1) O que é um Modelo em Ciências;
- 2) Modelo de Dalton;
- 3) Modelo de Thomson;
- 4) Modelo de Rutherford;
- 5) Modelo de Bohr;
- 6) Modelo de Sommerfeld;
- 7) Radioatividade: Decaimento Alfa, Beta e Gama;
- 8) Tempo de Meia Vida;
- 9) Fusão e Fissão Nuclear;
- 10) Energia Nuclear;
- 11) Física Médica e Medicina Nuclear: diagnóstico e tratamento de doenças.

Considerando que a temática do PCN dá enfoque na discussão dos Modelos Atômicos é importante abordar o ensino de FMC explorando os limites clássicos destes modelos. Um problema que se encontra nos livros, de forma geral, é a falta de referência ao caráter não linear do desenvolvimento

científico, determinando as limitações na Física Clássica e as diferenças conceituais ao se comparar com a Física Moderna e Contemporânea (GIL et al., 1988 *apud* OSTERMANN & MOREIRA, 2000). Portanto, o desenvolvimento deste material didático, a ser criado pelos alunos sob orientação do professor, levará em consideração aspectos que facilitem tanto a abordagem do conteúdo quando a assimilação por parte dos estudantes.

## **2.2 FÍSICA DAS RADIAÇÕES E TICS: UMA ÁREA POUCO EXPLORADA**

Os Parâmetros Curriculares Nacionais reconhecem a necessidade de abordar teorias e modelos mais atuais. Trazer a física para o mundo do aluno não é fácil, tampouco é simples. É indispensável fazer com que os alunos compreendam novas tecnologias presentes no dia-a-dia, por exemplo, em utensílios tecnológicos como celulares, notebooks e até mesmo vídeo games. Porém, vários fatores não contribuem para a inserção da Física Moderna e Contemporânea. Segundo D'Agostin (2008), a grande quantidade de conteúdo de física, as falhas na formação inicial do professor, a falta de material didático e um ensino que visa à memorização e aplicação, totalmente descontextualizada de fórmulas, distanciam os estudantes de temas atuais. Definir o que estudar e como estudar não é tarefa simples, mas ajuda os professores a implementarem determinados conteúdos modernos nos planejamentos anuais de Física no ensino médio. Para isso, é necessário criar metodologias e novas formas de abordagem no Ensino de FMC, principalmente, como objetivo deste trabalho, no que tange sobre Física das Radiações aplicada à Medicina.

Porém, essa abordagem em sala de aula não é tão fácil como se imagina. A falta de materiais que auxiliem o professor tem acentuado as dificuldades em ensinar FMC no ensino médio. Em uma extensa revisão na literatura sobre Física aplicada à Medicina, Parisoto et al. (2015) investigaram em 41 revistas CAPES, sendo 26 internacionais e 15 brasileiras entre os anos de 2000 e 2012. O resultado foi surpreendente. Nessas 41 revistas, encontrou-se apenas 51 artigos (24 em periódicos brasileiros e 27 em periódicos internacionais) que abordam este tema. Dos 51 artigos, 29 foram escritos por

profissionais que não tinham relação com a educação, visando à divulgação científica, e apenas um estava embasado em alguma teoria de ensino e aprendizagem e se baseando em referenciais epistemológicos e teóricos.

Deparamo-nos então com outro problema: como abordar em sala de aula Física das Radiações aplicada à Medicina visando um entendimento melhor do conteúdo, além de facilitar o ensino e aprendizagem por parte do estudante, se não há materiais que nos auxiliem? A solução foi desenvolver formas para que isso aconteça. Escolhemos, então, as Tecnologias da Informação e Comunicação, mesmo que não seja muito explorada no Ensino de Física de forma geral e em específico aplicado à Medicina, como papel importante no desenvolvimento de temas complexos como estes, pois saímos do tradicional quadro e giz e levamos aos estudantes ferramentas que estão presentes no seu cotidiano. Obviamente, não vamos substituir as aulas tradicionais, mas sim complementá-las.

Conceber Tecnologias da Informação e Comunicação como recursos didáticos não faz sentido se não houver teorias de ensino e aprendizagem que fundamentem o processo pedagógico. Essas teorias, basicamente, se dividem em abordagens para compreender como ocorre a produção do conhecimento por parte do aluno (MARTINS et al, 2012). Portanto, pela insuficiência em metodologias e teorias direcionadas ao uso de TICs aplicadas à Física das Radiações, exige que a sua abordagem seja feita com cuidado, sendo que o conhecimento prévio sobre os assuntos abordados ajuda a evitar confusões durante as aulas.

Portanto, a escolha de como será abordada o uso de TICS não foi feita de maneira arbitrária. Em uma análise da produção recente envolvendo Ensino de Física e Tecnologias da Informação e Comunicação, Martins et al (2012) fez uma análise em periódicos nacionais e identificou 32 artigos, classificando-os pelas tendências de pesquisa no ensino e aprendizagem de física. O Quadro 2, a seguir, nos mostra que dos 32 artigos, 19 utilizaram teorias de aprendizagem e foram divididas da seguinte maneira:

TEORIA DE APRENDIZAGEM	AUTOR	QUANTIDADE
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	AUSUBEL	8
CONSTRUTIVISMO	PIAGET / BRUNER	3
INTERACIONISMO SOCIAL	VYGOTSKY	3
FLEXIBILIDADE COGNITIVA	SPIRO	2
CONSTRUCIONISMO	PAPERT	1
COGNIÇÃO DISTRIBUÍDA	SALOMON	1
MODELO DE PROCESSAMENTO DA INFORMAÇÃO	GAGNÉ	1

**Quadro 2** - Teorias da aprendizagem, autor e quantidade de trabalhos (Martin et al, 2012)

Em uma simples análise, percebemos uma tendência de utilização da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. Essa tendência nos revela que a TAS já está bem consolidada no Ensino de Física e o seu uso recorrente em várias pesquisas nos mostra que a sua escolha não é feita de forma arbitrária. Segundo Witter & Lomônaco (1984) *apud* Neto (2013), a teoria de Ausubel passou não só a representar o ponto de vista cognitivista da aprendizagem em manuais de Psicologia da Aprendizagem, mas também o referencial teórico utilizados em várias áreas do conhecimento de dissertações e teses de várias instituições de ensino brasileiras.



## **CAPÍTULO 3 RELATO DE EXPERIÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

### **3.1 A CONSTRUÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA**

Decidir e delimitar a abrangência da pesquisa é fator que contribui para o desenvolvimento do trabalho em questão. Onde e como foi desenvolvida são fatores essenciais, pois o contexto em que ocorreram traz a importância do tema escolhido. Este capítulo descreve o relato de experiência na construção do objetivo de pesquisa e nos mostra como foi desenvolvido todo o trabalho, em que lugares ocorreram, quais motivações ajudaram a sua criação e quais dados foram relevantes.

#### **3.1.2 CÂNCER: O MAL DO SÉCULO XXI**

O Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2018) estima que no ano de 2018 haverá 600 mil novos casos de câncer no Brasil. É muito difícil imaginarmos alguma pessoa no mundo que não teve um amigo, familiar ou conhecido que foi vítima do câncer. Uma doença que não escolhe raça, cor ou situação financeira. Infelizmente, passei por uma experiência, relacionada ao câncer, que me marcou bastante e que inspirou este trabalho.

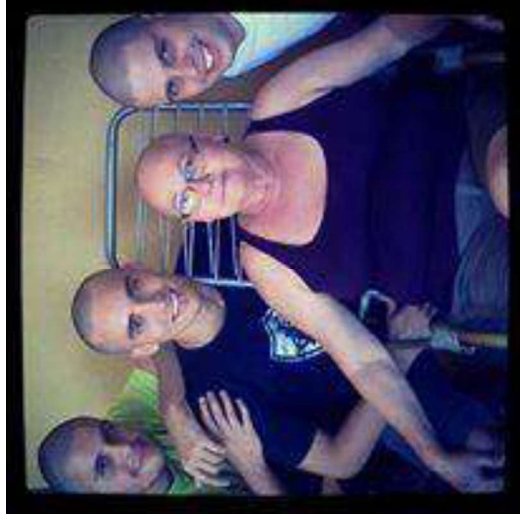
Fiz o curso de Licenciatura em Física na Universidade Federal de Goiás (UFG), iniciando o mesmo em 2009 no turno noturno. Vindo de família pobre, comecei a dar aula, nos turnos matutino e vespertino, logo no primeiro período, dada as dificuldades de me manter somente com a ajuda financeira de meus pais - que já era um grande sacrifício. Uma pessoa foi essencial para que conseguisse terminar o curso: minha tia, irmã de meu pai, chamada Maria de Oliveira Camargo. O Campus Samambaia onde estudava era muito distante de minha residência e das escolas que lecionava. Os cerca de 25 km de distância me tomavam 5h por dia de deslocamento para à Universidade. Porém, vendo minha situação, esta tia me ajudou bastante, pois morava bem perto da UFG.

Principalmente nas sextas-feiras, pois tinha aulas no sábado, Tia Lia, como era conhecida, me buscava na universidade para que dormisse em sua casa. Quando chegava, já tinha jantar pronto e uma cama feita me esperando. No outro dia, antes de ir para a aula de sábado, ela já deixava pronto o café da manhã e a marmitta para o almoço. Se não fosse ela, seria muito difícil terminar as matérias, pois houve épocas que já fiquei quase um mês hospedado em sua residência.

Em 2011, Tia Lia foi diagnosticada com câncer de pele denominado Melanoma. Um câncer cruel que destrói as defesas do corpo e que se alastra rapidamente. Entre cirurgias, radioterapias e quimioterapias a sua luta contra o câncer foi cada vez mais ficando difícil. Toda a família lutou contra essa doença. Durante o seu tratamento até raspamos o cabelo<sup>3</sup> (Figura 2) como forma de apoio e homenagem. Ela sempre foi guerreira e nunca desistiu durante todo o tratamento. Uma frase, um dito popular, resumia a sua luta: “O importante é não deixar a peteca cair”. Quando foi detectada metástase, o câncer se espalhou por todo o corpo e Tia Lia começou a ter tumores no cérebro. Precisando de uma cirurgia de emergência, havia a necessidade de um Físico Médico, para que calculasse a dose de radiação certa para que o tratamento fosse eficaz. Porém, dada a falta de profissionais na área e qualificação necessária para o procedimento, ela morreu antes de conseguir encontrar um profissional habilitado.

---

<sup>3</sup> Fizemos um vídeo de apoio para Tia Lia. Com mensagens de luta e força, gravamos como foi feita a raspagem da cabeça. O vídeo pode ser visto no YouTube, acessando pelo seguinte link: <https://www.youtube.com/watch?v=dGD-HQe7Pwo>



**Figura 2** – Homenagem à Tia Lia

**Fonte:** arquivo do autor

Com toda essa situação, me senti impotente diante de quem amava muito. Todo esse triste acontecimento me fez despertar o interesse por Física Médica e disseminar o conhecimento e sua importância perante meus alunos. Por motivação pessoal, portanto, o conteúdo escolhido para este trabalho foi a Física aplicada à Medicina.

### **3.1.3 GOIÂNIA - GO: O ACIDENTE RADIOLÓGICO DE 1987**

Em 1987, Goiânia sofreu o maior acidente radiológico a nível urbano do mundo. A substância radioativa, o isótopo radioativo Césio – 137, usada em um aparelho de radioterapia para tratamento de câncer havia escapado da cápsula protetora e se transformara em uma terrível fonte de contaminação. As pessoas afetadas se tornaram fontes irradiadoras e contaminariam hospitais e ambulatórios aos quais recorreram em busca de tratamento para os sintomas da contaminação. (VIEIRA, 2013)

O Estado de Goiás, por causa do acidente, entrou em crise econômica e social. Era difícil alguém querer produtos alimentícios vindo de um local onde ocorreu um acidente radioativo. Já ouvi relatos de que até pessoas foram expulsas de outros estados por acharem que contaminariam todos em volta. Foi um caos que perdurou meses e até hoje pagamos as consequências.

É comum que as Instituições de Ensino Goianas abordem o acidente radiológico de Goiânia. Muitas pessoas ainda vivem o trauma do acidente ocorrido há 30 anos. Pessoas essas que são avós e avós, tios e tias e até pais e mães de alunos para os quais lecionei. E mesmo que este assunto seja recorrente em sala de aula, os estudantes possuem visões pessimistas e negativas a seu respeito.

Por se tratar de um fato histórico e marcante, que tinha grande possibilidade de ser cobrado nos vestibulares de 2017, pois já se passaram 30 anos do acidente do Césio – 137, os alunos da 3ª série do ensino médio me pediram para que aprofundasse as aulas neste assunto. Portanto, foi o cenário ideal para a construção de um material que desmitificasse o uso de radiação e mudasse o senso comum da maioria dos estudantes. Para isso, reuni biografias, textos complementares e filmes de curtas metragens para contextualizar o assunto para os estudantes. A criação e desenvolvimento das aulas sobre Física das Radiações aplicada à Medicina começou no Colégio Objetivo, no Setor Bueno em Goiânia. Uma escola privada, de bairro nobre, com ótima estrutura e, a princípio, com alunos que conseguem acompanhar o ritmo das aulas.

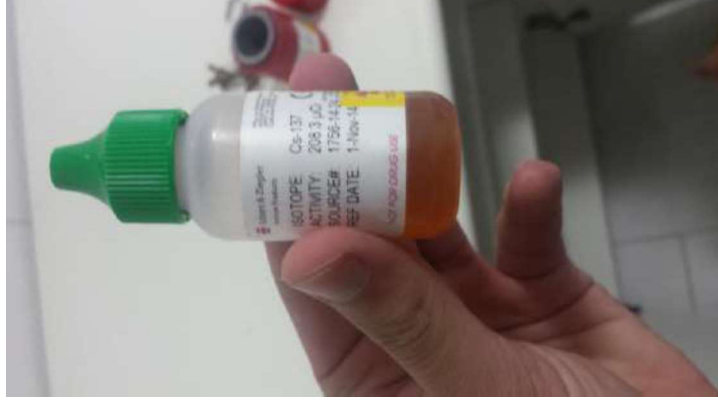
Durante a preparação do material e das aulas, utilizei toda a estrutura que a escola oferece: Datashow, laboratórios e realizei visitas técnicas em Abadia de Goiás, local onde os rejeitos radioativos foram armazenados. Os estudantes participaram de várias palestras realizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), cujos temas foram abordados em sala de aula e que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho. Porém, na parte final da pesquisa, observamos que o material criado, juntamente com as aulas, necessitava de ajustes, pois o rendimento dos alunos não foi como esperado. Como tive que mudar de estado para assumir um concurso público, não consegui realizar uma análise mais qualitativa (pós-teste), porém adaptei o trabalho com as contribuições necessárias para ser aplicado em outra realidade.

### **3.1.4 INSTITUTO GOIANO DE RADIOLOGIA: A MEDICINA NUCLEAR NO DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS**

Durante a elaboração do projeto de pesquisa, me questionei sobre como abordar Física Médica para alunos do ensino médio sem conhecimento do conteúdo em si e referenciais teóricos que me ajudassem nesta árdua tarefa. Para me auxiliar neste trabalho, convidei o Professor Dr. Francisco de Araújo, Bacharel em Física e Doutor em Física Médica. A sua escolha não foi aleatória. O Dr. Francisco, além de conhecer tanto na teoria quanto na prática a Física Médica, tem experiência com o ensino médio, pois lecionou por mais de 20 anos na educação básica. Inclusive o conheço desde pequeno, sendo um dos motivos de fazer o curso de Licenciatura em Física. Ele aceitou este desafio de prontidão, sendo o coorientador deste trabalho.

Atualmente, o Dr. Francisco é Supervisor de Radioproteção do Instituto Goiano de Radiologia (IGR). O IGR é uma das maiores clínicas de diagnóstico por imagem do estado de Goiás. A clínica em si é dividida, basicamente, em duas vertentes: a primeira é denominada Radiologia Convencional, onde os exames de diagnóstico por imagem são realizados por aparelhos, que são a fonte de radiação, como raio-x, ultrassom, tomografia, etc. A segunda vertente, onde o paciente é a fonte de radiação, é denominada Medicina Nuclear, e os exames são realizados em aparelhos como o SPECT-CT, PET/CT e MBI.

Conversando com o Dr. Francisco, pensamos em estratégias para agregar e complementar o objetivo do trabalho. Ele sugeriu usar a clínica para o meu desenvolvimento e o desenvolvimento do trabalho. Sua ideia foi importantíssima. No ano de 2016 fiz um estágio na clínica, onde conheci toda a rotina de um Físico Médico. É gritante a diferença entre a teoria e a prática. Mesmo conhecendo toda a teoria por trás da Física das Radiações, a prática me deu outra visão sobre o assunto. Mesmo sabendo a fundo sobre o acidente radiológico do Césio – 137 tive receio, em um primeiro momento, do contato de uma fonte selada (Figura 3) deste elemento químico que trouxe o caos para Goiânia em 1987.



**Figura 3** – Fonte selada de Césio -137

**Fonte:** Arquivo do autor

Aprendi o porquê de usarem uma fonte de Césio – 137 em clínicas de Medicina Nuclear. Ela é utilizada no controle de qualidade de alguns aparelhos, como os monitores de taxa de exposição e contaminação bem como no curiómetro que é um aparelho utilizado para medir a atividade de uma amostra radioativa (radiofármaco) que será injetada nos pacientes em exames para diagnóstico e tratamento de doenças como o câncer. O seu uso tem uma explicação que não saberia responder sem fazer o estágio. O Césio-137 é um isótopo radioativo com cerca de 30 anos de meia-vida. A demora no decaimento faz que utilizemos parâmetros para avaliar se o Curiómetro está funcionando corretamente. Se hoje ele mediu uma atividade de radiação da fonte de Césio - 137, amanhã tem que medir o mesmo valor, pois o elemento ainda não decaiu. Mudanças acima de 5% nos valores da atividade já nos mostram que o aparelho deve sair de funcionamento e ser calibrado.

Saber como funciona o diagnóstico de câncer utilizando a tecnologia moderna é um prazer para qualquer físico. No IGR existe um aparelho chamado MBI – Molecular Breast Imaging – (Figura 4) que é responsável pelo diagnóstico do câncer de mama. Ele possui tecnologia de ponta, custa caro

(chega a custar mais de R\$ 1 milhão) e existem poucas unidades no Brasil. O seu funcionamento, até então desconhecido por mim, requer conhecimentos além da Física.

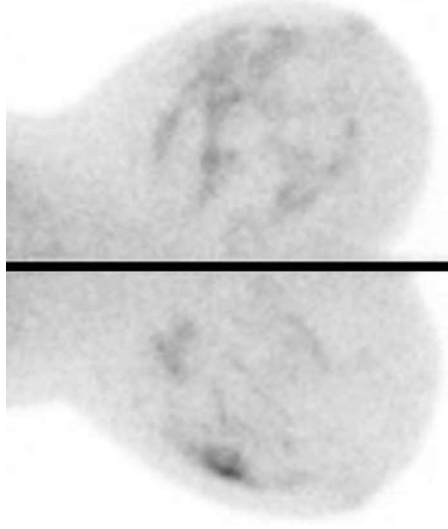


**Figura 4** – MBI: Aparelho para diagnóstico do câncer de mama  
**Fonte:** Arquivo do autor

O MBI detecta a radiação que é injetada em um paciente que deseja obter um diagnóstico e emite uma imagem<sup>4</sup> como resultado da análise de radiação absorvida pelo corpo (Figura 5).

---

<sup>4</sup> O processamento e análise das imagens, bem como laudo de cada uma, foi feito e auxiliado pelos Técnicos em Radiologia do IGR, Matheus Botelho de Moura e Romário José dos Passos Almeida.



**Figura 5** – Imagem criada pelo MBI para diagnóstico do câncer de mama

**Fonte:** Arquivo do autor

Mas como isso acontece? Um radiofármaco (molécula orgânica que possui afinidade com algum órgão ou região do corpo humano) é injetado no paciente. Também conhecido como carreador, o radiofármaco tem a função de guiar a radiação até o local desejado. Pelo fato do radiofármaco ser constituído de glicose, a célula começa a absorver a radiação, pois necessita de energia. Mas como o MBI detecta que uma célula é cancerígena? Ele analisa a concentração de energia absorvida pela célula. Basicamente, como a célula cancerígena possui uma atividade maior que uma célula normal, ou seja, gasta mais energia, o aparelho MBI detecta, pela alta absorção de energia, que ali se trata de uma célula cancerígena. A Figura 4 é uma imagem que demonstra a característica da imagem que é emitida. Observa-se na imagem uma distribuição difusamente heterogênea da concentração do radiofármaco, revelando múltiplas áreas nodulares, distribuídas aleatoriamente no parênquima glandular mamário<sup>5</sup>, mais acentuado na região do Quadrante Superior Esquerdo (QSE).

Participar do processo de funcionamento de um aparelho como o MBI nos instiga ainda mais sobre o assunto de Física Médica. Se por um lado é triste, pois lidamos com pessoas que possuem ter câncer, por outro nos revela o quanto a ciência evoluiu e mostrar isso aos alunos dá sentido ao estudo da Física, pois na maioria das vezes não vemos sentido para o seu estudo no

---

<sup>5</sup> Parênquima Glandular Mamário é um conjunto de células da mama.



ensino médio. Além disso, o estágio no IGR me fez aprimorar o estudo da Física e de outras disciplinas como Biologia e Química, promovendo uma interdisciplinaridade essencial para o objetivo do trabalho.

### **3.1.5 TEFÉ-AM: O ISOLAMENTO DIGITAL EM PLENO SÉCULO XXI**

No início de 2017, fui aprovado no Concurso Público para Docente do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Acre (IFAC). Em outubro fui convocado, para a possibilidade de aproveitamento, pelo Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM), com efetivo exercício no mesmo mês na cidade de Tefé. Vindo de uma realidade totalmente diferente, pois sempre morei em Goiânia, foi bem difícil me adaptar ao contexto social, econômico e cultural da cidade, pois o trabalho necessitava de ajustes, alterações e aprimorar o que já tinha sido feito.

Como dito anteriormente, o desenvolvimento deste trabalho foi baseado na realidade de uma grande cidade, com estruturas que proporcionassem um desenvolvimento satisfatório de todas as etapas do projeto de pesquisa. Porém, ao chegar à cidade, me deparei com uma realidade precária caracterizada pela falta de saneamento básico, com esgoto a céu aberto, pela ausência de internet banda larga e redes móveis e por uma estrutura de trabalho provisória e insalubre.

Houve a necessidade de abrir um processo para a institucionalização e implementação do produto educacional que, inclusive, precisou se adequar aos parâmetros do IFAM. Precisei me adaptar e adaptar a pesquisa a fatores sociais, pedagógicos, institucionais, burocráticos, e principalmente estruturais, pois o campus é provisório e minha carga horária é de 40h semanais (20h dentro de sala de aula).

Em Tefé a internet banda larga e as redes móveis são precárias. Muitas vezes fico dias sem sinal de rede. A pesquisa de artigos, citações, referências e imagens ficaram bastante prejudicadas devido ao isolamento em que me

encontro. Para se ter noção, o Quadro 3 nos mostra o valor cobrado pelos provedores locais para contratação de planos de internet:

Velocidade (Download / Upload)	Valor (R\$)
200 / 128 kbps	200,00
256 / 128 kbps	300,00
384 / 128 kbps	400,00
450 / 256 kbps	500,00
1024 / 512 kbps	750,00
2048 / 1024 kbps	1500,00
3072 / 1024 kbps	3000,00

**Quadro 3** - Valores cobrados de planos de internet pelos provedores locais da cidade de Tefé

Além de cobrar R\$ 150,00 reais pela instalação, o provedor em questão garantia apenas 20% da velocidade contratada. Ou seja, a velocidade de navegação, em média, era menor que a velocidade de uma internet discada. Neste cenário, que nunca imaginaria, a maioria dos meus alunos da 3ª série do Ensino Médio não tinha acesso à internet e utilizava computadores somente durante as aulas de laboratório de informática.

## **CAPÍTULO 4 REFERENCIAL TEÓRICO**

Um dos objetivos do MNPEF é a criação de um material didático (texto, vídeo, game, aplicativo, experimento) que auxilie professores e alunos no ensino e aprendizagem de física. Segundo a Sociedade Brasileira de Física (BARROSO, 2013), o material criado deve sinalizar que o professor deu o passo fundamental: o de ser capaz de reter os conteúdos de um curso de física e produzir algo que pode ser compartilhado por colegas. Fazer isso, sem nenhum referencial por trás, torna-se o trabalho sem bases sólidas que o validem, tornando-o cheio de achismos. Embasar-se com teorias consistentes dá credibilidade e originalidade ao que foi desenvolvido. Portanto, como explicado anteriormente, a sequência didática foi pautada nos conceitos da Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel (1918 - 2008) e os Mapas conceituais de Joseph Novak (1932 - atual).

### **4.1 DAVID AUSUBEL E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Falar sobre a aprendizagem, de forma geral, não é tarefa simples. As pessoas constroem os seus conhecimentos, a partir de uma intenção deliberada de fazer articulações entre o que conhece e a nova informação que pretende absorver (TAVARES, 2004). As formas de assimilação do conteúdo e de novas informações, por parte do estudante, devem considerar tanto fatores sociais quanto fatores pessoais. Entendemos que um conteúdo que esteja relacionado com o dia-a-dia do aluno, mesmo que ele não tenha conhecimento do mesmo, se torna mais atrativo, pois damos um sentido ao estudante e o direcionamos para o porquê de se estudar certas áreas do conhecimento.

Segundo Ausubel (1978) *apud* Barbosa et al. (2008) a aprendizagem é definida como significativa quando o aluno vê um significado nas informações recebidas, considerando ideias, proposições e conceitos já existentes. Basicamente, o aluno reorganiza novos conceitos a partir dos conceitos que já aprendeu em sua trajetória escolar e em seguida relaciona as novas ideias com outros conceitos cada vez mais diferenciados.

Para que ocorra a Aprendizagem Significativa, precisamos levar em consideração duas condições. A primeira está na disposição do aluno em querer aprender. A segunda condição relaciona o conteúdo aprendido e a importância deste para o aluno, possuindo um significado lógico e pautando na experiência que cada estudante possui. (PELIZZARI, 2002)

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) utiliza ferramentas que ancoram conceitos antigos às novas ideias a serem aprendidas pelos estudantes. Essa ferramenta, chamada de subsunção, pretende dar significado ao conteúdo aprendido podendo ser formado por imagens, por simulações ou por conceitos:

*“subsunção é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles” (MOREIRA, 2012)*

Segundo Moreira (2012), a aprendizagem significativa será definida pela interação entre o que o aluno já sabe e os novos conceitos que ele irá adquirir, sendo o subsunção um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do estudante, dando significado a novos conhecimentos.

É importante ressaltarmos que a forma como é feita a avaliação nas escolas não contribui para a aprendizagem significativa. Atualmente, o método de ensino nas escolas brasileiras contribui para uma aprendizagem mecânica, onde os alunos, muitas vezes, decoram os conteúdos e os reproduzem sem necessariamente haver efetivamente alguma aprendizagem. Porém, a aprendizagem mecânica não é excluída de todo o processo tampouco das etapas da aprendizagem significativa. Na falta do subsunção na aquisição do

conhecimento, a aprendizagem mecânica é a responsável por conectar as novas informações estruturadas com os conhecimentos apreendidos anteriormente, conhecidos como organizadores prévios. (MONTEIRO *et al.*, 2006).

Por fim, Parisoto *et al.* (2012) nos mostra que a aprendizagem significativa é progressiva, ou seja, os significados são captados e internalizados progressivamente e nesse processo a interação social e linguagem são muito importantes. Portanto, toda nossa metodologia foi pautada no processo de detecção ou “fortalecimento” de organizadores prévios e/ou subsunçores para a construção de um material potencialmente significativo que facilite a aprendizagem significativa.

#### **4.2 JOSEPH NOVAK E OS MAPAS CONCEITUAIS**

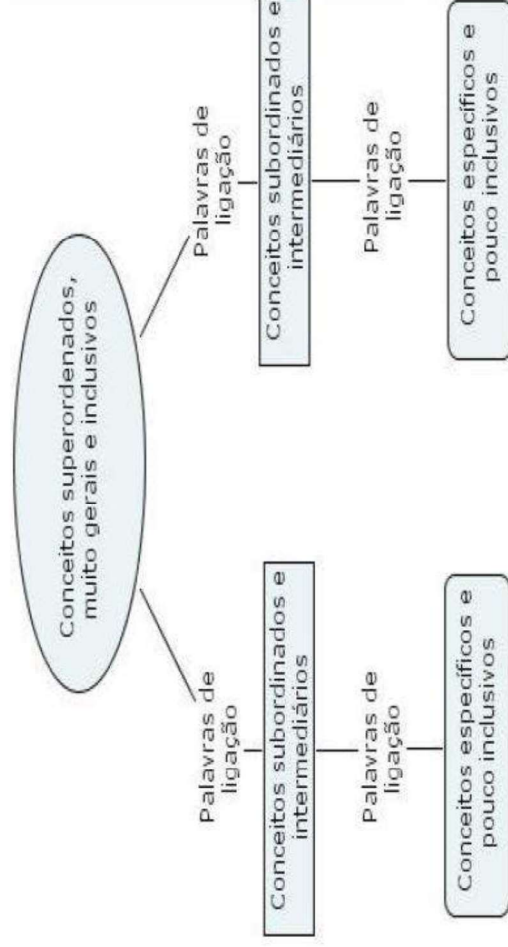
Baseado<sup>6</sup> na TAS de Ausubel, Joseph Novak e alguns pesquisadores da Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, criaram na década de 70 uma forma de mapear conceitos e ideias em uma organização de forma lógica (BARBOSA *et al.*, 2005). Aliados aos TICs, os mapas conceituais (Figura 6), neste trabalho, possuem a função de aprimorar as ferramentas necessárias para facilitar a criação ou desenvolvimento de subsunçores:

*“Mapas conceituais são ferramentas gráficas para a organização e representação do conhecimento. Eles incluem conceitos, geralmente dentro de círculos ou quadros de alguma espécie, e relações entre conceitos, que são indicadas por linhas que os interligam. As palavras sobre essas linhas, que são palavras ou frases de ligação, especificam os relacionamentos entre dois conceitos. Nós definimos conceito como uma regularidade percebida em eventos ou objetos, designada por um rótulo. Na maioria dos conceitos, o rótulo é uma palavra, embora algumas vezes usemos símbolos como + ou %, e em outras usemos mais de uma palavra. Proposições são enunciações sobre algum objeto ou evento no universo, seja ele natural ou artificial.*

---

<sup>6</sup> A ligação entre David Ausubel e Joseph Novak não é aleatória. Eles fizeram pesquisas conjuntas em trabalhos acadêmicos que envolveram a Teoria da Aprendizagem Significativa e a criação de Mapas Conceituais.

*Elas contêm dois ou mais conceitos conectados por palavras de ligação ou frases para compor uma afirmação com sentido.” (NOVAK & CAÑAS, 2005)*



**Figura 6** – Representação de um Mapa Conceitual, segundo Joseph Novak

**Fonte:** BARBOSA et al., 2005

A criação e utilização de mapas conceituais é uma forma de auxiliar na aprendizagem significativa como ferramenta pedagógica que permite com que o aluno tenha de forma organizada e estruturada todos os conceitos envolvidos no tema abordado pelo objeto de aprendizagem (MONTEIRO et al., 2006).

Os mapas conceituais são utilizados como instrumentos didáticos, mostrando relações hierárquicas entre os conceitos que estão sendo ensinados e explicitando relações de subordinação e superordenação que auxiliam a aprendizagem de algum conteúdo ou conceito. São também complementações às explicações do professor, devendo este ser cuidadoso em sua utilização. Se o mapa conceitual não tem significado para os alunos, eles podem interpretar como algo mais a ser memorizado. (MOREIRA, 2006)

## CAPÍTULO 5 METODOLOGIA

Para que a pesquisa favoreça a construção da sequência didática é necessário se pautar em um referencial teórico. Baseado na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e dos Mapas Conceituais de Joseph Novak, o processo de ensino e aprendizagem é necessário que os envolvidos, docente e aluno, estejam motivados a construir o conhecimento.

Essa motivação pode ser alcançada pelo uso da metodologia alternativa, que facilita que novas informações se ancoram em subsunções pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno e que ocorre principalmente quando levamos em consideração avanços científicos e tecnológicos. As metodologias alternativas como jogos, aulas de campo e em laboratório de informática possuem a vantagem de ampliar a motivação dos alunos a participar espontaneamente das aulas. (Castro e Costa, 2011 *apud* SILVA et al., 2016)

Um foco importante nas metodologias alternativas é o desenvolvimento da pesquisa nas concepções e perspectivas do professor, visto que são eles que aplicarão ou não as metodologias alternativas em suas práticas, tornando-as uma ferramenta facilitadora do ensino e aprendizagem e desenvolvendo uma relação de interação, baseada na pesquisa, no debate e no diálogo.

Por conta da mudança no contexto social, cultural e econômica no desenvolvimento deste trabalho possui duas metodologias: uma desenvolvida no Colégio Objetivo, em Goiânia, e outra no Instituto Federal do Amazonas, em Tefé.

### 5.1 COLÉGIO OBJETIVO: DESENVOLVIMENTO DE UM MATERIAL DE APOIO

O desenvolvimento das aulas foi dividido em três etapas:

**1ª ETAPA: Pré-Teste:** visando investigar o conhecimento prévio dos alunos, foi realizado um levantamento através de um questionário com perguntas relacionadas à Física das Radiações e focado no acidente com Césio 137 em Goiânia, de forma a caracterizar a construção da sequência didática e consequentemente o material de apoio. Esta etapa se baseia em uma análise qualitativa que investigou o que 30 alunos da 3ª série do ensino médio sabiam sobre radiação e a sua relação com o acidente radiológico em 1987.

**2ª ETAPA: Exposição do Conteúdo em sala de aula:** durante a exposição e problematização dos conteúdos em sala de aula, utilizamos slides, animações e vídeos como ferramentas de ensino e aprendizagem e como objetivo de diminuir o grau de abstração proporcionado pelo assunto. O Quadro 4 nos mostra quais conteúdos foram desenvolvidos na sequência didática e quais recursos foram utilizados:

DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA		
AULA	CONTEÚDO	RECURSO DIDÁTICO
01	Aplicação do Pré-Teste	Questionário
02	Modelo Atômico de Dalton, Thomson e Rutherford	Slides e Animações
03	Modelo Atômico de Bohr e Sommerfeld	Slides e Animações
04	Radioatividade e Isótopos	Slides e Animações
05	Decaimento $\alpha$ , $\beta$ e $\gamma$	Slides e Animações
06	Tempo de Meia Vida	Slides e Animações
07	Acidentes Radioativos / Radiológicos	Slides e Animações
08	Medicina Nuclear	Slides e Animações
09	Aplicação do Pós-Teste	Questionário

**Quadro 4:** Cronograma para desenvolvimento da Sequência Didática em Goiânia



Vemos, portanto, que a sequência didática foi dividida em nove aulas onde criamos um material de apoio, em slides, com vídeos e animações para que o aluno compreenda melhor os conteúdos envolvidos, pois os mesmos possuem elevados graus de abstração.

**3ª ETAPA: Pós-Teste:** após a exposição das aulas, os alunos responderão sete questões, a fim de identificar se conseguiram absorver os conteúdos que foram expostos em sala de aula com o objetivo de fazer uma análise do que realmente foi absorvido.

## 5.2 INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS: REFORMULAÇÃO NA METODOLOGIA

Na metodologia anterior percebemos falhas e processos de desenvolvimento que deveriam ser aprimorados e melhorados. Por isso, o desenvolvimento das aulas foi dividido em quatro etapas, a fim de usar TICs no processo de ensino e aprendizagem. O IFAM – Campus Tefé possui no ano de 2018, na 3ª série do ensino médio, três turmas: uma no curso Técnico em Agropecuária, uma no curso Técnico de Administração e uma no curso Técnico em Informática. Como entrei em Novembro de 2017, lecionei a parte final do 4º bimestre para os cursos de Administração e Informática (na então 2ª série do ensino médio).

Como fizemos pequenas discussões sobre o conteúdo para as turmas em questão, resolvemos analisar o desenvolvimento das aulas na turma de Agropecuária, pois ela não havia sido influenciada por discussões anteriores, a fim de garantir uma maior qualidade e realidade da pesquisa e análise da aula. É importante frisar, portanto, que a análise foi feita em apenas na turma de Agropecuária, mas o desenvolvimento do material, como revisões, ajuda na escrita dos textos, diagramações e sugestões foram feitos em todas as turmas.

**1ª ETAPA: Pré-Teste:** visando investigar o conhecimento prévio dos alunos, foi realizado um levantamento através de um questionário com perguntas relacionadas à Física das Radiações, de forma a caracterizar e aprimorar a construção da sequência didática. Nesta etapa tivemos que alterar o pré-teste,

pois os alunos não tinham conhecimento sobre o acidente com Césio 137. Esta etapa se baseia em uma análise qualitativa que investigou o que 27 alunos da 3ª série do ensino médio sabiam sobre radiação.

**2ª ETAPA: Exposição do Conteúdo em sala de aula:** durante a exposição e problematização dos conteúdos em sala de aula, utilizamos as Tecnologias da Informação e Comunicação como ferramentas de ensino e aprendizagem, como simulações, vídeos e animações, com o objetivo de diminuir o grau de abstração proporcionado pelo assunto. Utilizamos também o material de apoio aplicado no Colégio Objetivo. O Quadro 5 nos mostra como foi dividida a sequência didática e quais recursos foram utilizados:

DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA		
AULA	CONTEÚDO	RECURSO DIDÁTICO
01	Aplicação do Pré-Teste	Questionário
02	Modelo Atômico de Dalton, Thomson e Rutherford	Slides, Animações e Vídeos
03	Modelo Atômico de Bohr e Sommerfeld	Slides, Animações e Vídeos
04	Radioatividade e Isótopos	Slides, Animações e Vídeos
05	Decaimento $\alpha$ , $\beta$ e $\gamma$	Slides, Animações e Vídeos
06	Tempo de Meia Vida	Slides, Animações e Vídeos
07	Fusão, Fissão e Energia Nuclear	Slides, Animações e Vídeos
08	Medicina Nuclear	Slides, Animações e Vídeos
09	Simulações Computacionais	Simulações e Jogos didáticos
10	Aplicação do Pós-Teste	Questionário

**Quadro 5:** Cronograma para desenvolvimento da Sequência Didática em Tefé

Vemos, portanto, que a sequência didática foi dividida em dez aulas e, baseado na metodologia alternativa, fizemos com os alunos participassem ativamente da pesquisa. A turma foi dividida em 19 grupos (Quadro 6), com o objetivo de escrever textos baseados em artigos científicos ou sites conhecidos, para que participem do processo de construção e reformulação do material de apoio. Devido a falta de material, esses textos constituirão um site que será disponibilizado para professores e alunos.

<b>TEMA 1:</b> Modelo Dalton	<b>TEMA 11:</b> Acidente com Césio 137
<b>TEMA 2:</b> Modelo Atômico de Thomson	<b>TEMA 12:</b> Acidente de Chernobyl
<b>TEMA 3:</b> Modelo Atômico de Rutherford	<b>TEMA 13:</b> Acidente de Fukushima
<b>TEMA 4:</b> Modelo Atômico de Bohr	<b>TEMA 14:</b> Física Médica: o que é?
<b>TEMA 5:</b> Modelo Atômico de Sommerfeld	<b>TEMA 15:</b> Medicina Nuclear
<b>TEMA 6:</b> Radioatividade: o que é?	<b>TEMA 16:</b> Diagnóstico e Tratamento de Câncer usando Radiação
<b>TEMA 7:</b> Radioatividade: Decaimento Alfa	<b>TEMA 17:</b> Física Médica: Câncer de Mama
<b>TEMA 8:</b> Radioatividade: Decaimento Beta	<b>TEMA 18:</b> Exames de Imagem Utilizando Radiação
<b>TEMA 9:</b> Decaimento Gama	<b>TEMA 19:</b> Fusão e Fissão Nuclear
<b>TEMA 10:</b> Tempo de Meia Vida	

**Quadro 6:** Temas distribuídos entre os alunos em Tefé

**3ª ETAPA: Construção do Site:** com a finalização dos textos desenvolvidos pelos alunos, construímos um site em código aberto na plataforma Wordpress utilizando ferramentas que os próprios alunos aprenderam no curso técnico: javascript, PHP, HTML, C++.

**4ª ETAPA: Pós-Teste:** com o auxílio de um mapa conceitual, os alunos responderam sete questões, a fim de identificar se conseguiram absorver os conteúdos que foram expostos em sala de aula. Por fim, fizemos uma análise quantitativa dos acertos em cada questão.

## CÁPITULO 6 DESENVOLVIMENTO DAS AULAS E CRIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

### 6.1 COLÉGIO OBJETIVO: PRÉ-TESTE, AULAS E PÓS-TESTE

Como forma de avaliar o conhecimento prévio dos alunos, aplicamos um pré-teste (Apêndice A) de sete questões a fim de fazer um levantamento do que os 30 estudantes da 3ª série do ensino médio sabiam acerca do assunto.

**PRIMEIRA QUESTÃO:** “*Você sabe o que é radiação? O que ela pode causar em nosso corpo?*”

A maioria dos alunos não conseguiu definir corretamente o que é radiação, utilizando termos como “energia” ou “algo que faz mal para o nosso corpo”. Dos 30 alunos, 25 escreveram que sabiam o que é radiação, mas não souberam explicar o seu significado. A segunda pergunta obteve uma resposta curiosa: todos os alunos entrevistados responderam, entre alternativas, como vômitos e queimaduras, que uma das consequências do contato da radiação com o nosso corpo é o desenvolvimento de câncer. Esta resposta já nos mostra um dado preocupante: a associação de radiação somente com efeitos negativos no nosso corpo, demonstrando apenas visões pessimistas.

**SEGUNDA QUESTÃO:** “*Você sabe a diferença entre exposição e contaminação?*”

Todos os alunos não conseguiram explicar a diferença entre exposição e contaminação, demonstrando que essa diferença é um assunto que devemos explorar. Como eles não possuem o subsunçor sobre este conteúdo, investigaremos como abordar este tema.

**TERCEIRA QUESTÃO:** “Se você trabalhasse em um local que faz uso de material radioativo, quais os principais sintomas que fariam despertar a suspeita de pessoas estarem sendo irradiadas?”

A resposta a esta questão, por conta do histórico de acidentes com elementos radioativos (Chernobyl, Goiânia e Fukushima), foi padrão. Dos 30 estudantes, 27 responderam que queimaduras e vômitos despertariam a suspeita de contaminação por radiação. Porém, ressaltaram que várias reações da radiação podem ser confundidas com intoxicação alimentar ou infecções e que eles não saberiam como diferenciar qual seria a real causa dos sintomas.

**QUARTA QUESTÃO:** “Se você tiver contato com pessoas contaminadas, quais os cuidados que você adotaria para manter um contato com esses pacientes e o seu ambiente?”

Levando em consideração o conhecimento sobre o acidente com o Césio-137 em Goiânia os alunos responderam, na maioria das vezes, evitar o contato com o corpo de pessoas contaminadas e usar máscaras para evitar inalar radiação, demonstrando que a falta de conhecimento sobre conceitos de exposição e contaminação é evidente.

**QUINTA QUESTÃO:** “Descreva algumas sugestões para que acidentes como o de Goiânia sejam evitados.”

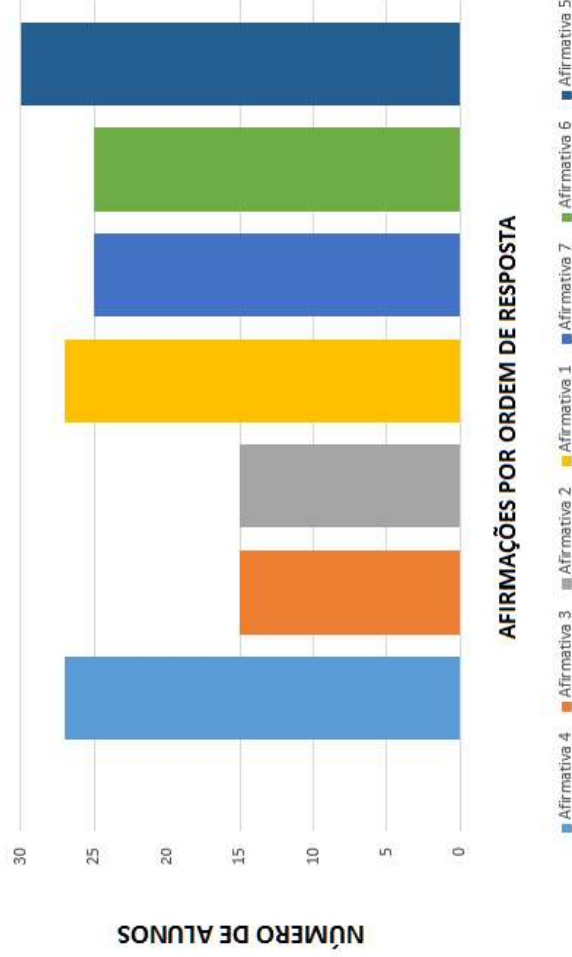
As respostas foram unânimes: que os órgãos de controle deveriam informar a população sobre os riscos da radiação e que os órgãos responsáveis sejam menos negligentes no que diz respeito ao descarte e proteção de elementos radioativos. Além disso, sugeriram uma maior divulgação acerca das vantagens e desvantagens em relação ao uso de radiação.

**SEXTA QUESTÃO:** “Utilizando-se da numeração de 1 a 7, ordene, por grau de responsabilidade, os personagens ou instituições descritos nas afirmações a

seguir, todas direta ou indiretamente responsáveis pelas consequências desastrosas do acidente de Goiânia.”

1. (4 – 90%) O dono do ferro velho, que distribuiu a fonte radioativa para várias outras pessoas.
2. (2 – 50%) Os proprietários do instrumento de radioterapia, que podem ter negligenciado o cuidado da desativação do aparelho.
3. (2 – 50%) Os dois catadores de ferro velho que invadiram uma propriedade particular e roubaram uma fonte radioativa de grande intensidade
4. (1 – 90%) O serviço de fiscalização da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) ou da Vigilância Sanitária, que se omitiu em realizar fiscalizações.
5. (7 – 100%) A ignorância das pessoas envolvidas por imaginar que os sintomas de que estavam sendo alvos eram devidos à contaminação alimentar.
6. (6 – 83%) Despreparo das equipes médicas dos serviços de pronto socorro, que não diagnosticaram as síndromes de irradiação.
7. (5 – 83%) O serviço de Vigilância Sanitária de Goiânia, pois negligenciou o atendimento a tempo dos radio acidentados. Mesmo num feriado, os serviços de Vigilância Sanitária deveriam manter um plantão para essas eventualidades.

Investigamos, na visão dos alunos, os responsáveis pelo Acidente Radiológico com Césio – 137 em Goiânia. A Figura 7 nos mostra, através de um gráfico, como os estudantes dividiram a responsabilidade pelo ocorrido, do mais responsável para o menos responsável:



**Figura 7:** Grau de Responsabilidade pelo Acidente com Césio 137

Analisando o gráfico, percebemos que a maioria dos estudantes colocaram a culpa na CNEN pelo ocorrido, pois se houvesse mais fiscalizações e controle no uso de elementos radioativos o acidente não teria acontecido. Outro ponto que ressaltamos é na dúvida entre os alunos sobre quem era o segundo mais responsável: 50% responderam que eram os catadores de ferro e 50% responderam que eram os proprietários/responsáveis pelo instrumento de radioterapia. Essa dúvida foi problematizada em sala de aula com diversas discussões, muitas vezes calorosa. Uma parte defendeu que os catadores cometeram um crime, pois invadiram uma propriedade privada. Sem a invasão, o acidente não ocorreria. Outra parte defendeu que se o instrumento de radioterapia estivesse sido corretamente descartado ou guardado, os próprios catadores não teriam a chance de invadir a propriedade e assim evitaria o acidente.

Com base neste questionário, começamos a desenvolver as aulas. Partindo do início do entendimento da estrutura da matéria, começamos a exposição dialogada, com auxílio de slides, discutindo e caracterizando os modelos atômicos de Dalton, Thomson, Bohr e Sommerfeld. Percebemos que os alunos, em muitos diálogos, levaram o foco da aula para o lado da química.



Este é um cuidado que tomamos durante todo o processo de exposição do conteúdo: evitar que fosse dada uma aula de química.

Após a exposição, utilizamos animações para exemplificar os modelos discutidos e tentar diminuir o nível de abstração do conteúdo proposto. A Figura 8 nos mostra como utilizamos o material de apoio criado:

### PROBLEMAS NO MODELO DE DALTON

- Determinação das massas dos átomos;
- Não contemplar a natureza elétrica da matéria.

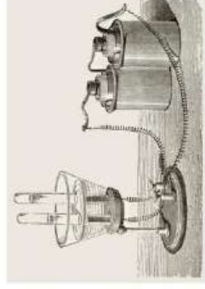
### A BUSCA PELA NATUREZA ELÉTRICA...



CHARLES A. DE  
COULOMB  
(1736-1806)



MICHAEL FARADAY  
(1791-1867)



LEIS DA ELETRÓLISE  
INDUÇÃO  
ELETROMAGNÉTICA

Figura 8: Material de apoio utilizado

Na Figura 8 podemos ver que o material de apoio aponta problemas detectados no modelo de Dalton e faz um gancho para a natureza elétrica da matéria e, consequentemente, uma introdução para o modelo de Thomson. Nosso objetivo foi seguir as orientações do PCN, com contextualizações sociais e históricas.

Um fato curioso nos deixou preocupados. Os alunos não tinham clareza da representação de um modelo atômico. Na visão deles, os modelos atômicos eram representações fiéis do átomo e das partículas elementares. Percebemos, portanto, que as aulas possuíam falhas e necessitavam de ajustes para melhorar o processo de ensino e aprendizagem.



Foi discutido e comparado o uso da radioatividade e suas aplicações na tecnologia moderna com os maiores acidentes nucleares radiológicos do mundo. Com documentários famosos e matérias jornalísticas de impacto, fizemos um comparativo entre os pontos positivos e negativos do uso de radiação e quais as relações que ocasionaram tais tragédias. Por fim, exemplificamos com aplicações na medicina, principalmente na parte de diagnóstico de doenças. Finalizamos a abordagem com uma visita técnica em Abadia de Goiás, local onde os rejeitos radioativos do acidente com o Césio-137 foram depositados. Esta parte da exposição foi tão importante que muitos alunos se interessaram pelo curso de física médica, pois tinham uma visão totalmente diferente da realidade, confundindo com um curso de medicina.

A fim de fazer uma análise quantitativa do que foi assimilado, resolvemos aplicar um questionário pós-teste. Infelizmente na semana anterior à aplicação tive que me mudar de cidade para assumir um concurso público em outro estado e não foi possível concluir a etapa final da aplicação. O desenvolvimento do trabalho continuou na nova escola para que pudéssemos fazer uma melhor análise do que foi feito. Porém percebemos falhas no material de apoio e metodologia pois muitos alunos entenderam o trabalho como uma obrigação e não participaram ativamente do processo.

## **6.2 INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS – CAMPUS TEFÉ**

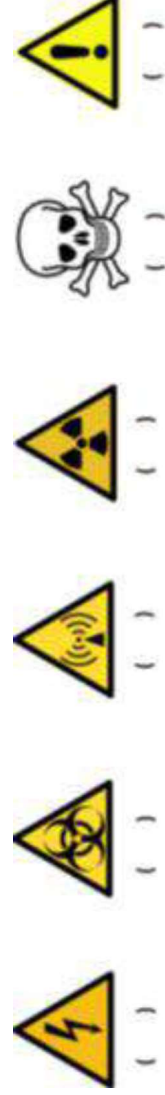
O desenvolvimento das aulas foi baseado nas falhas encontradas no desenvolvimento anterior, em Goiânia. A principal diferença está no uso de TICs como parte do processo de ensino e aprendizagem e a utilização de um mapa conceitual para fixar o que foi aprendido.

### **6.2.1 ANÁLISE DO PRÉ-TESTE**

Baseando-se nas discussões com as turmas em 2017 e no início de 2018, percebemos que era inviável utilizar o pré-teste aplicado em Goiânia. Salvo raras exceções, a maioria dos alunos não conhecia o acidente com o Césio-137 e possuía pouco conhecimento a respeito do conteúdo de Física das

Radiações. Por isso, adaptamos um questionário (Apêndice B) para investigar o conhecimento prévio e experiências pessoais por parte dos alunos (PRESTES et al., 2008).

**PRIMEIRA QUESTÃO:** “Qual dos seis símbolos mostrados está relacionado com radiação?”



Essa pergunta nos mostra seis símbolos: Alta Tensão, Risco biológico, Radiação não ionizante (ondas de rádio, wifi), Radiação Ionizante, Substância Tóxica e Atenção. Mesmo podendo selecionar mais de um símbolo, todos os estudantes escolheram apenas uma opção. Dos 27 alunos, 17 marcaram corretamente o símbolo de Radiação Ionizante, porém nenhum marcou o símbolo de Radiação não ionizante, 8 marcaram o símbolo de Risco Biológico e dois marcaram o símbolo de Substância Tóxica. Percebemos, portanto, uma confusão por parte da turma nas respostas ao não saber que redes wifi e de telefonia móvel envolvem o uso radiação. O desconhecimento sobre o símbolo da radiação, que foi evidente no acidente com Césio-137, nos revela que devemos abordar simbologias de forma geral a fim de fazer com que os alunos saibam diferenciar riscos potenciais à saúde.

**SEGUNDA QUESTÃO:** “Podemos sentir a radiação?”

Dos 27 alunos, 15 afirmaram que podemos sentir a radiação, porém não disseram quais os sentidos do nosso corpo estão envolvidos, 7 afirmaram não podemos sentir e 5 não souberam responder. Essas respostas nos mostram que os alunos não conhecem as principais características da interação da radiação com a matéria, necessitando de uma atenção especial nesta parte do conteúdo.

**TERCEIRA QUESTÃO:** “Você sabe a diferença entre a radiação ionizante e a radiação não ionizante?”

Nenhum aluno conseguiu responder esta pergunta. Percebemos, portanto, que mesmo tendo alguma noção sobre o assunto, o conhecimento a cerca do conteúdo é bastante superficial.

**QUARTA QUESTÃO:** “Dos tipos de tecnologia citados abaixo, em quais podem ser utilizadas a radiação? Cite exemplos.”

- ( ) Medicina: \_\_\_\_\_
- ( ) Eletrônica: \_\_\_\_\_
- ( ) Indústria: \_\_\_\_\_
- ( ) Guerra: \_\_\_\_\_
- ( ) Geração de Energia: \_\_\_\_\_
- ( ) Não ouvi falar das tecnologias”

Dos 27 alunos, 15 marcaram Guerra, citando bomba nuclear, 13 marcaram Medicina e citaram o Raio-X e 10 marcaram Geração de Energia, citando Usina Nuclear como tecnologia que utiliza a radiação. Mesmo a turma sendo do curso Técnico em Agropecuária, nenhum aluno citou aplicações nesta área. Inclusive, durante as aulas, citei várias aplicações da radiação como conservação de alimentos, no metabolismo das plantas para identificar o que é absorvido pelas raízes e pelas folhas e no comportamento de insetos a fim de mostrar os benefícios no uso de radiação.

**QUINTA QUESTÃO:** “Alguns alimentos estão sendo irradiados para sua maior conservação. Você acredita que este processo pode prejudicar a saúde?”

25 alunos afirmaram que o uso de radiação pode prejudicar a saúde e 2 não souberam responder. Na discussão em sala de aula, muitos afirmaram que a preocupação estava no fato de que o alimento irradiado poderia contaminar o nosso organismo, demonstrado mais uma vez que não sabem a diferença entre

contaminação e exposição. Houve, portanto, a necessidade de uma abordagem mais ampla e de esclarecimento a respeito da conservação dos alimentos.

**SEXTA QUESTÃO:** “Os raios X emitidos para investigar possíveis fraturas ósseas trazem somente benefícios à saúde?”

23 alunos responderam que os raios X não trazem somente benefícios à saúde e 4 não souberam responder. Muitos demonstraram uma preocupação em como o corpo absorveria a radiação recebida e quais as consequências em nosso organismo. Foi o momento ideal para falar de uma questão que eles não têm conhecimento: a proteção radiológica.

**SÉTIMA QUESTÃO:** “Por que hoje se fala da necessidade de proteção contra os raios solares?”

Todos os alunos responderam que a proteção contra os raios solares é necessária para prevenir o câncer de pele. Durante estes questionamentos, citei ações preventivas que devemos realizar como o autoexame, identificar manchas potencialmente perigosas e proteções contra os raios UV como filtro solares, óculos, chapéus, etc. Além disso, mostrei a necessidade de banhos de sol que o nosso corpo precisa, citando os horários que não são maléficos receber radiação UV.

**OITAVA QUESTÃO:** “Você acha mais seguro para sua saúde bronzear-se apanhando sol, com os devidos cuidados, ou fazendo uso do bronzeamento artificial?”

A resposta dessa questão foi curiosa. Metade dos alunos respondeu que o bronzeamento artificial é mais seguro que o bronzeamento pelo Sol. As justificativas se basearam em que o Sol é o maior responsável pelo câncer de pele. Já a outra metade que escolheu o Sol mais seguro que o bronzeamento artificial porque este é bem mais rápido e que envolve produtos químicos, sendo a radiação mais nociva à saúde. Porém, ambos os grupos não

souberam explicar o porquê de um ou outro ser mais seguro ou quais eram os perigos associados aos dois métodos.

**NONA QUESTÃO:** “Em que época do ano é mais adequado usar proteção solar?”

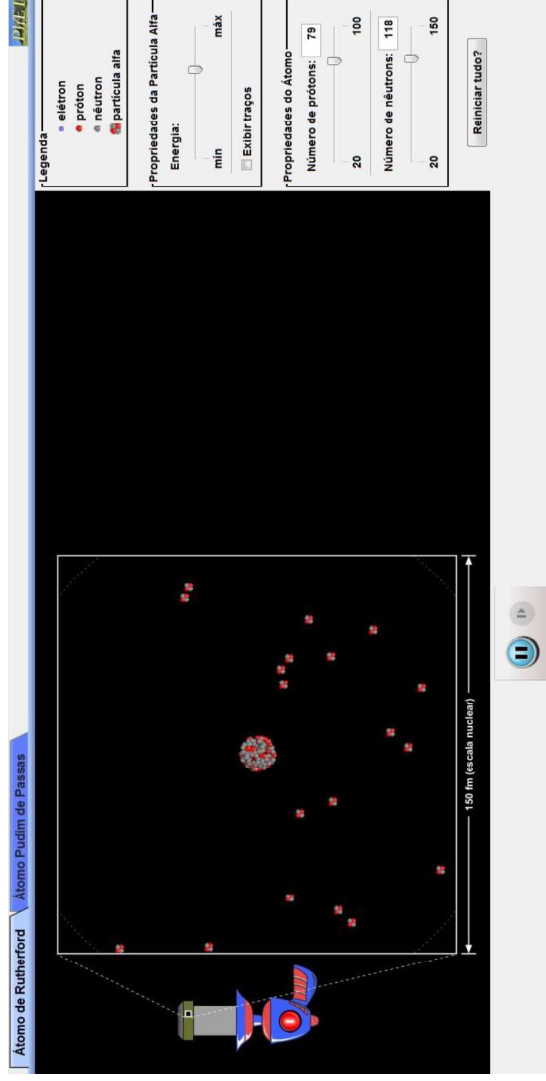
22 dos 27 alunos responderam que é mais adequado usar proteção solar no verão, 4 alunos disseram que em qualquer época do ano e 1 aluno não soube responder. As respostas revelam um dado preocupante: 81% dos alunos relacionaram que a radiação UV é perigosa somente no verão, esquecendo que durante todo o ano recebemos incidência de radiação emitida pelo Sol.

### **6.2.2 DESENVOLVIMENTO DAS AULAS UTILIZANDO SIMULAÇÕES**

Durante as aulas no Colégio Objetivo em Goiânia, percebemos que o conteúdo de Física das Radiações requer um grau elevado de abstração. Por conta disso, verificamos a necessidade de desenvolver as aulas com recursos que diminuíssem a abstração e ajudassem os alunos no entendimento de certos fenômenos.

Como ferramenta, utilizamos simulações (TICS) do site PhetColorado (<https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics>) para enriquecer os conteúdos expostos em sala de aula. Além disso, desenvolvemos um site como produto educacional final de tudo o que foi desenvolvido nas aulas.

Seguindo o que é recomendado pelo PCN, começamos as aulas descrevendo os modelos atômicos e suas características. A primeira simulação foi utilizada na explicação do modelo atômico de Rutherford, mostrando fenômenos que o modelo de Thomson não conseguia explicar. A Figura 9 nos mostra como funciona a simulação:



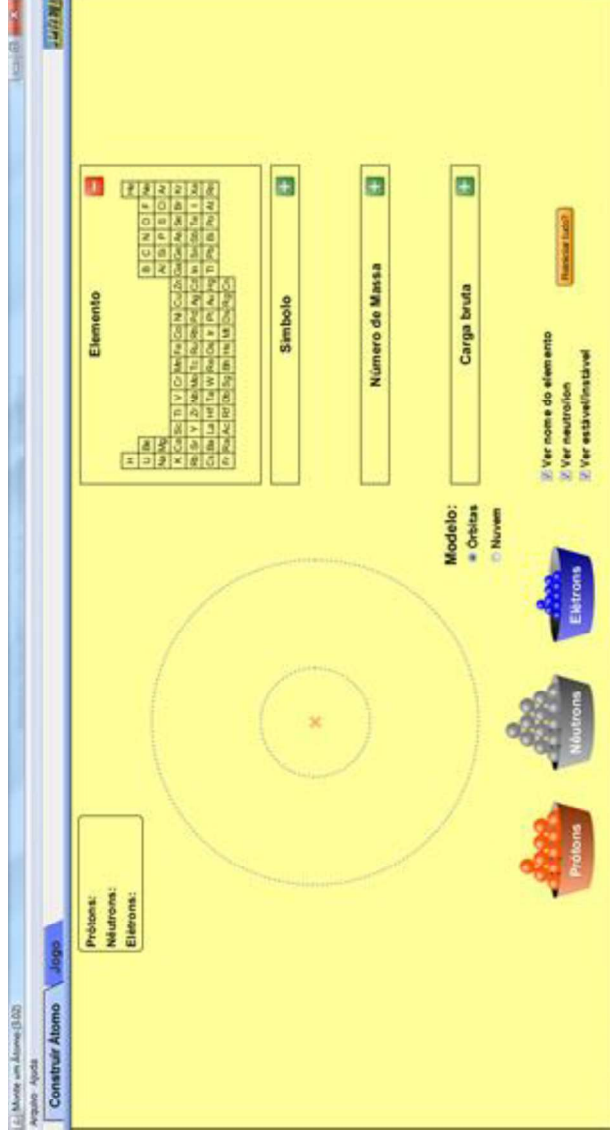
**Figura 9:** Simulação "Espalhamento de Rutherford"<sup>7</sup>

**Fonte:** PhetColorado

Esta simulação mostra como Rutherford descobriu a estrutura do núcleo atômico sem poder enxergar o átomo. Para isso, simulou o famoso experimento em que ele desmentiu o modelo do átomo de pudim de passas de Thomson, observando partículas alfa jogadas contra átomos e determinando que eles deveriam ter um núcleo pequeno. A simulação descreve também a diferença qualitativa entre o espalhamento por núcleo carregado positivamente e o átomo de Thomson eletricamente neutro. Para o núcleo carregado, é feita uma descrição qualitativa. É demonstrado que o ângulo de deflexão depende da energia da partícula incidente, do parâmetro de impacto e da carga do alvo.

No decorrer das aulas, percebemos a necessidade de abordar características da estrutura da matéria como número de elétrons, prótons e nêutrons, número atômico e número de massa e qual a relação na diferenciação dos vários elementos químicos, baseada nessas características. A Figura 10 nos mostra a simulação onde os alunos podem criar e modificar elementos de acordo com essas características:

<sup>7</sup> A simulação Espalhamento de Rutherford, pode ser acessada no site da Universidade de Colorado Boulder através do link: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/rutherford-scattering](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering). Data de acesso: 07/01/2018.



**Figura 10:** Simulação “Monte um Átomo”<sup>8</sup>

**Fonte:** PhetColorado

Esta simulação nos ajuda a distinguir as diferenças entre os vários elementos químicos da tabela periódica, diferenciando-os pelos números de prótons, nêutrons e elétrons. Por meio desses dados, identificamos o elemento e determinamos a sua massa atômica e sua carga elétrica. O funcionamento da simulação é simples: o aluno vai inserindo prótons, elétrons e nêutrons até que mude o elemento químico. É uma boa ferramenta para que os estudantes conheçam melhor a tabela periódica e quais as diferenças entre os seus elementos químicos.

Uma ferramenta importante desta simulação está no jogo disponibilizado aos estudantes. O jogo possui o objetivo de encontrar qual elemento químico se trata a estrutura atômica em questão. A Figura 11 nos mostra como podemos desenvolver o jogo com os estudantes:

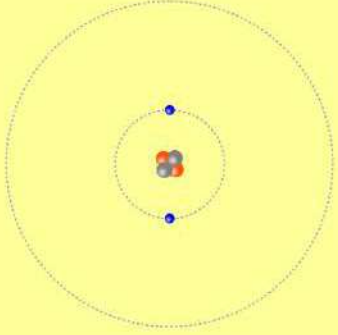
---

<sup>8</sup> A simulação “Monte um átomo, juntamente com o jogo “Ache o átomo”, pode ser acessada no site da Universidade de Colorado Boulder através do link: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/build-an-atom](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/build-an-atom). Data de acesso: 07/01/2018.

Construir Átomo Jogo

Problema 3 de 5

Encontre o elemento:



H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn						

Nível: 1 Pontos: 2 0:38 Novo Jogo

Conferir

**Figura 11:** Jogo “Ache o Átomo”

**Fonte:** PhetColorado

O jogo é dividido em 4 níveis. Cada nível possui elementos químicos de acordo com o número de prótons, nêutrons e elétrons (dos átomos mais simples aos mais complexos), além de determinar se o átomo é neutro ou um íon. No caso da Figura 10 podemos perceber que o elemento em questão possui 2 prótons, 2 nêutrons e 2 elétrons. Portanto, de qual elemento químico estamos falando? Estamos falando de um átomo de Hélio, que nesse caso está neutro, pois o número de prótons é igual ao número de elétrons.

Como atividade final, pedimos aos estudantes que desenvolvessem ferramentas que ajudassem na compreensão do conteúdo. A turma de Informática desenvolveu um programa (Apêndice D) em linguagem C++ com o objetivo de calcular o tempo de meia vida ou massa restante de um elemento radioativo. A Figura 12 nos mostra como é o seu funcionamento:



```
****!Menu de opções!****
< 1 >-Tempo de Meia-Uida
< 2 >-Massa Final
< 3 >-Massa Inicial
< 4 >-Nº de Meia Uida
< 5 >-Sair

Escolha uma opção: -
```

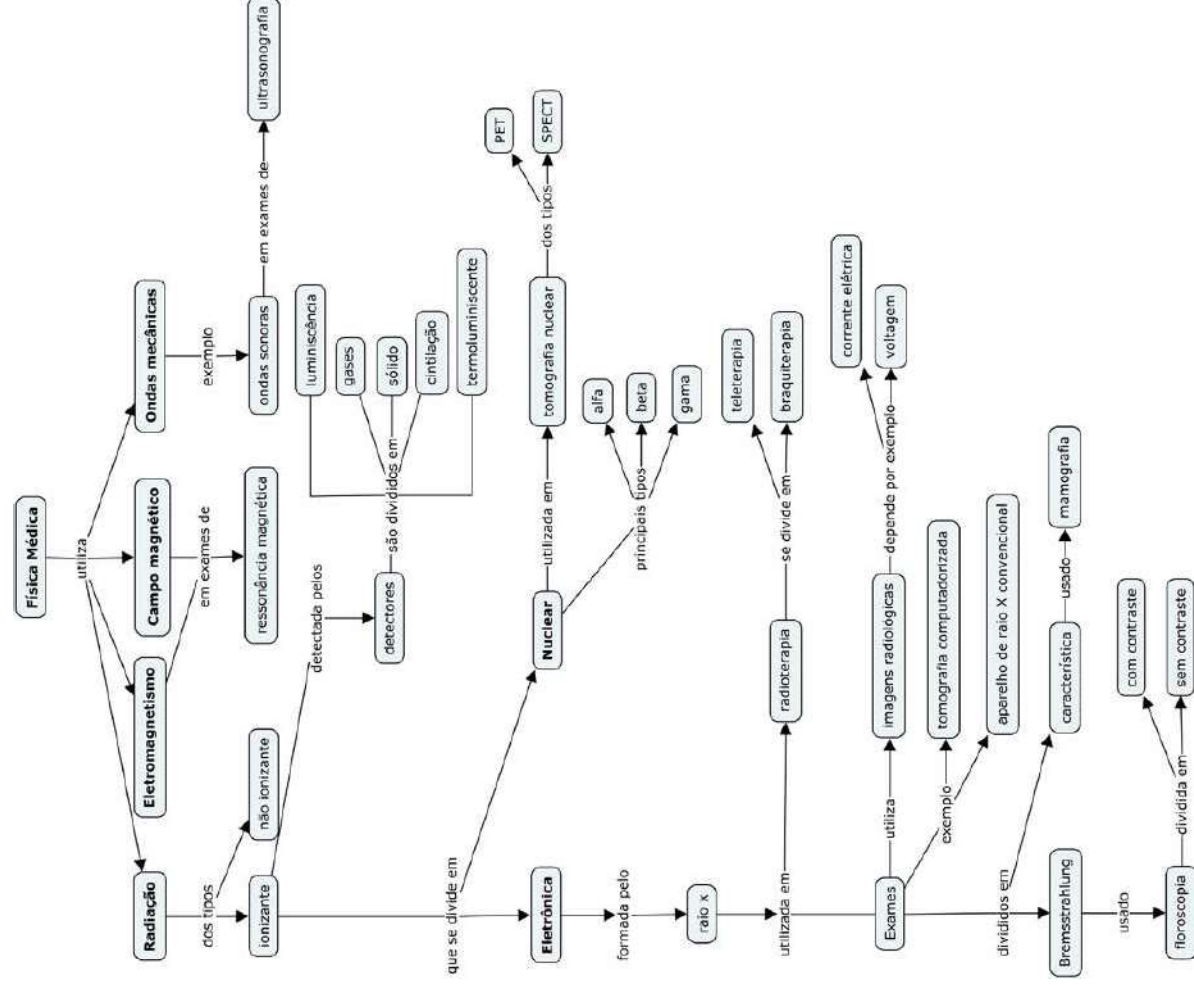
Figura 12: Programa em C++ criado pelos alunos

O programa em questão foi desenvolvido, constituído por 232 linhas de comando, com base nos conhecimentos em programação dos estudantes. A princípio o programa pode parecer simples, mas se levarmos em consideração o contexto em que foi desenvolvido, onde a maioria dos estudantes não possui acesso à internet tampouco computadores, o resultado foi bem significativo para a realidade onde se encontram.

Outro ponto que percebemos que poderíamos explorar era a participação mais ativa dos alunos durante as aulas. Em Goiânia, a passividade dos estudantes era um fator que os desmotivava e causava a perda de foco durante as exposições e explicações. Para acabar com isso, dividimos a turma em vários grupos. Cada grupo ficou responsável por escrever um texto a respeito do conteúdo estudado. É bom ressaltarmos um fato importante: os textos deveriam ser baseados em artigos acadêmicos, com pesquisa no Google Acadêmico e em sites confiáveis e conhecidos.

### 6.2.3 ANÁLISE DO PÓS-TESTE

A fim de investigar o que foi absorvido pelos alunos após a exposição do conteúdo, aplicamos um pós-teste (Apêndice C) para identificar o que realmente foi absorvido. Para isso, utilizamos um mapa conceitual como ferramenta para auxiliar que os estudantes a relacionar os conteúdos estudados de forma a evitar confusões e erros conceituais. O objetivo de o mapa conceitual a seguir foi fortalecer os conceitos abordados e relembra-los novos conteúdos abordados. A Figura 13 nos mostra o Mapa Conceitual utilizado:



**Figura 13:** Mapa Conceitual relacionando Física e Medicina

**Fonte:** Parisoto et al., 2016

O mapa conceitual foi utilizado como ferramenta para facilitar a aprendizagem significativa, tendo várias funções no desenvolvimento cognitivo do aluno: corrigir equívocos e ambiguidades, identificar e diferenciar conceitos mais relevantes e uma forma de resumir tudo o que foi visto. O pós-teste, diferente do pré-teste, foi dividido em sete questões, versando sobre conceitos e aplicações da radioatividade. A Figura 14 nos mostra o percentual de acerto dos estudantes das sete questões contidas no pós-teste:



**Figura 14:** Gráfico com percentual de acertos no pós-teste

Pela análise do gráfico acima, percebemos um bom rendimento dos alunos de uma forma geral. A questão que obteve maior incidência de erros foi a questão 4 que envolve conceitos de estabilidade do núcleo. A maior confusão foi na afirmação III: “Quando um núcleo instável fica estável, ele libera partículas alfa, beta e radiação gama”. Percebemos, com base no pré-teste, que houve uma reformulação conceitual considerável, mostrando que os novos subsunçores se ancoraram com os conhecimentos adquiridos pelos

estudantes. Além disso, podemos afirmar, com base na análise das respostas, que houve uma aprendizagem significativa.

#### 6.2.4 FÍSICA DAS RADIAÇÕES E A CRIAÇÃO DE UM SITE

Ao receber os textos dos estudantes, para a criação de um site, um problema nos preocupou bastante: na maioria dos textos havia plágio em quase todo o seu conteúdo. Mesmo sendo um curso técnico, onde os alunos devem desenvolver um Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), foi uma oportunidade de abordar em sala de aula como escrever um texto científico, citar fontes e utilizar referências. Inclusive professores de outras disciplinas fizeram o mesmo, mostrando ser uma preocupação de todos os docentes (e sendo o foco em reuniões pedagógicas). Com os textos concluídos, o site foi desenvolvido com a ajuda dos alunos do curso técnico em Informática. A

Figura 15 nos mostra o layout e menus desenvolvidos:

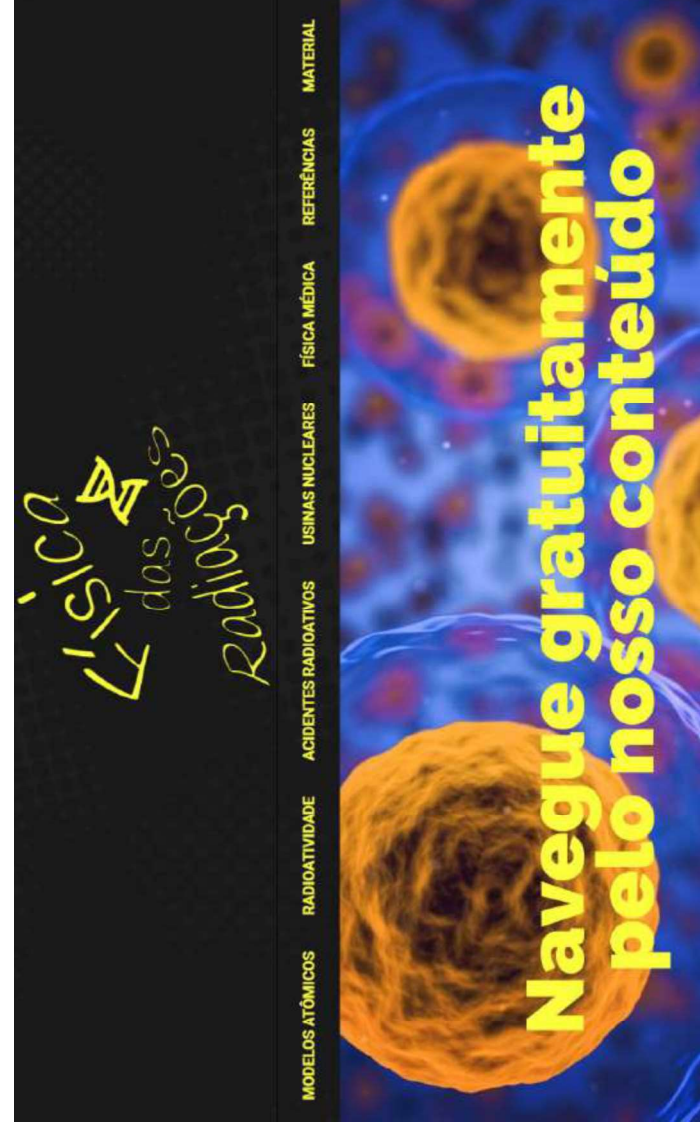
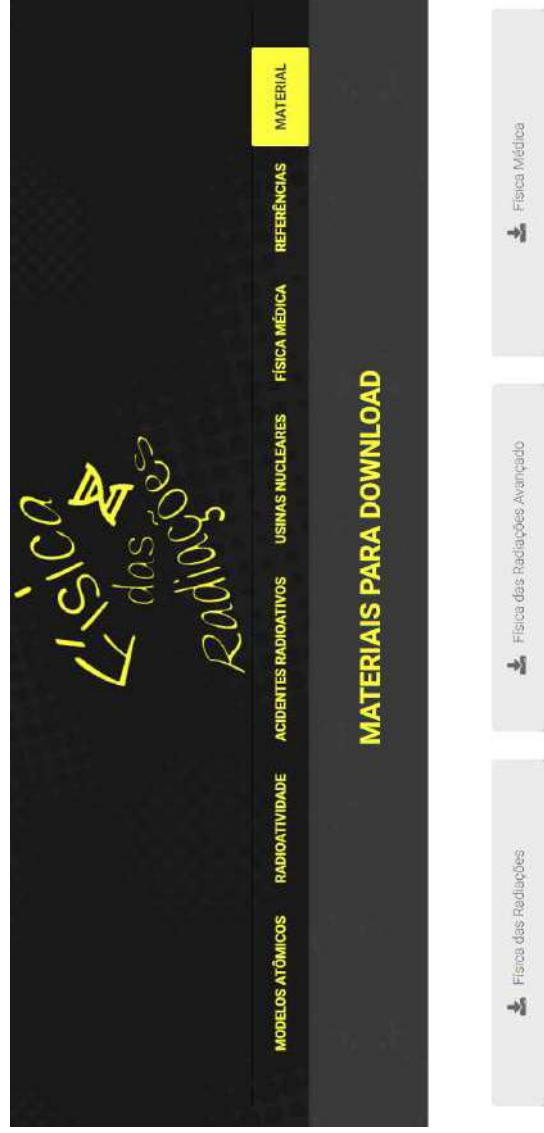


Figura 15: Menus do site Física das Radiações

Com a ajuda dos professores de informática, os alunos auxiliaram no design, layout e disposição dos textos. Já que os estudantes estavam cursando

a disciplina de WebDesign, com domínio de programação em várias linguagens, o desenvolvimento e finalização da construção do site foi concluído utilizando a plataforma WordPress, que possui código fonte aberto e menus de edição bem intuitivos. Além disso, colocamos todo o material de apoio, como Produto Educacional, disponível para download (Figura 16) e pode ser acessado através do link [www.fisicadasradiacoes.org](http://www.fisicadasradiacoes.org):



**Figura 16:** Material de apoio disponível para download

Os materiais de apoio foram separados em três arquivos, dois deles envolvem conceitos básicos e avançados de física das radiações e um específico de física médica. Eles estão no formato de slides e foram disponibilizados em formato editável para que professores e alunos possam adaptar de acordo com as suas necessidades.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desafio do professor em aliar práticas pedagógicas com a realidade e/ou contexto social que se encontra é uma tarefa árdua e trabalhosa. Assimilar e entender as mudanças que estão por vir será essencial para o docente em sala de aula. A nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC), juntamente com a reforma do ensino médio, nos trás desafios dos mais diversificados possíveis. A carga horária das disciplinas, conteúdos programáticos e interdisciplinaridade entre as várias áreas do conhecimento são questões a serem tratadas nos planejamentos individuais dos professores.

Tais mudanças nos trazem certas preocupações. Haverá uma discrepância de conteúdos programáticos e cargas horárias das séries do ensino médio, principalmente entre o ensino regular e o ensino técnico integrado. Desta forma, a abordagem de Física Moderna e Contemporânea se torna cada vez mais difícil, pois a BNCC passa a definir o que as escolas precisam priorizar, excluindo cada vez mais conteúdos que fogem do seu foco: as necessidades do mundo do trabalho.

O uso de TICs, quando planejado e associado com alguma prática pedagógica nos mostrou uma ferramenta bastante útil no processo de ensino e aprendizagem. Percebemos um ganho significativo, por parte dos alunos, quando o conteúdo de Física das Radiações foi desenvolvido com a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação, comparando entre a primeira e a segunda aplicação. Porém, é importante ressaltar que o seu uso de forma aleatória pode inverter o ganho e prejudicar o processo de aprendizagem dos alunos.

A escolha da Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, foi uma escolha acertada, pois focamos toda a prática pedagógica no aluno como sujeito de todas as etapas do ensino. Em um sistema de ensino cujas formas de aprendizagem são, na maioria das vezes, pautadas mecanicamente, a utilização de novas teorias traz uma reciclagem necessária ao professor no

que tange à processos de ensino. O importante, como docente, é estar aberto a novas propostas pedagógicas e não se estagnar ao tradicional quadro e giz.

A seqüência didática final foi totalmente diferente do planejado. Porém a mudança de cidade nos revelou uma informação importante. Em um país de dimensões continentais e das mais diversas realidades e culturas, foi necessário aprimorar o que havíamos feito para um contexto social com características distintas, pois havíamos detectado várias falhas no decorrer do desenvolvimento das aulas propostas.

Na cidade Tefé um dado nos deixou bastante preocupados. Os alunos investigaram nos postos de saúde como é feito o diagnóstico do câncer de mama. A resposta não foi como imaginávamos. Segundo uma médica, que não quis se identificar, o exame utilizado é a mamografia, porém é feito apenas o exame de uma mama por vez. Ou seja, a mulher tem que esperar um ano para fazer o exame em uma mama e mais um ano para fazer em outra. Portanto, a abordagem em sala de aula foi importante para que os alunos questionassem junto aos órgãos competentes políticas públicas de saúde.

O site foi desenvolvido pela ferramenta de código aberto Wordpress e seu código fonte será disponibilizado para qualquer professor que queira desenvolver o seu próprio conteúdo. Portanto, o alcance desse projeto ultrapassará os professores de física podendo ser utilizado por qualquer professor de qualquer área do conhecimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, M. L. et al. **Mapas conceituais na avaliação da aprendizagem significativa**. Simpósio Nacional de Ensino de Física, v. 14, 2005.

BARROSO, M. F. **Início do MNPEF**. Sociedade Brasileira de Física, 2013. Disponível em:

<[http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com\\_content&view=article&id=489:inicio-do-mnpef&catid=150:opiniao&Itemid=316](http://www.sbfisica.org.br/v1/index.php?option=com_content&view=article&id=489:inicio-do-mnpef&catid=150:opiniao&Itemid=316)> Acesso em 01 de Fevereiro de 2018

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. **Serão as Regras da Transposição Didática Aplicáveis aos Conceitos de Física Moderna?** Investigações em Ensino de Ciências, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2016.

DA SILVA, A. C. **Radiações e suas relações com a medicina: uma revisão na área de Ensino de Física**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 22, n. 3, p. 40-60, 2017.

DO NASCIMENTO, S. S. **O Mestrado Nacional Profissional de Ensino em Física: a experiência da Sociedade Brasileira de Física**. Revista Polyphonia, v. 24, n. 2, p. 29-42, 2013

D'AGOSTIN, A. **Física Moderna e Contemporânea: Com a Palavra os Professores do Ensino Médio**. Tese de Doutorado. Dissertação em Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Paraná, 2008.

EXAME, 2016. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/negocios/dino/o3b-e-ozonio-levam-conectividade-de-banda-larga-para-a-remota-cidade-amazonica-de-tefe-atraves-de-rede-inovadora-via-satelite-dino890103797131/>. Acesso em: 03 de março de 2018.



FNDE, 2017. **Guia Digital do PNLD 2018**. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Disponível em <<http://www.fnde.gov.br/pnld-2018/>>. Acesso em 07 de Março de 2018.

GIL, D. P.; SENENT, F.; SOLBES, J. **Análisis crítico de la introducción de la física moderna en la enseñanza media**. Revista de Enseñanza de la Física, Rosário, v. 2, n. 1, p. 16-21, 1988.

IBGE, 2017. **Censo Demográfico**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/por-cidade-estado-geociencias.html>>. Acesso em 03 de Março de 2018.

INCA, 2018. **Inca estima cerca 600 mil casos novos cancer para 2018** Disponível em: <<http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/agencianoticias/site/home/noticias/2018/inca-estima-cerca-600-mil-casos-novos-cancer-para-2018>>. Acesso em 30 de março de 2018.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D.; BRITO, G. S. **O Ensino de Física e as Novas Tecnologias de Informação e Comunicação: uma análise da produção recente**. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, v. 19, 2011.

MEC. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ministério da Educação, 2012. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>>. Acesso em 05 de Março de 2018.

\_\_\_\_\_. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ministério da Educação, 2012. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/programa-saude-da-escola/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>>. Acesso em 05 de Março de 2018.

\_\_\_\_\_. **Programa Nacional do Livro e do Material Didático**. Ministério da Educação, 2017. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/programa-saude-da-escola/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>>. Acesso em 07 de Março de 2018.

\_\_\_\_\_. **Decreto Nº 9.204, de 23 de Novembro de 2017**. Ministério da Educação, 2017. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/docman/novembro-2017-pdf/77511-decreto-n9-204-de-23-de-novembro-de-2017-pdf/file>>. Acesso em: 01 de março de 2018.

MONTEIRO, B. S. et al. **Metodologia de desenvolvimento de objetos de aprendizagem com foco na aprendizagem significativa**. In: Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE). 2006. p. 388-397.

MOREIRA, M. A. **Mapas conceituais e diagramas V**. Porto Alegre: Ed. do Autor, 2006

MOREIRA, M. A. **O que é afinal Aprendizagem Significativa?** Qurrriculum, La Laguna, Espanha, 2012.

NETO, J. A. P. **Teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel: perguntas e respostas**. Série-Estudos-Periódico do Programa de Pós-Graduação em Educação da UCDB, n. 21, 2013.

NISENBAUM, M. A. **Estrutura Atômica** Institui de Química, Universidade Federal do Paraná. 2015.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. **A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los**. Práxis Educativa (Brasil), v. 5, n. 1, 2010.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**.

Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 5, n. 1 (jan./abr. 2000), p. 23-48, 2000.

PARISOTO, M. F.; MOREIRA, M. A.; MORO, J. T. **Subsunçores para a física aplicada a medicina, no contexto do ensino de física.** Ensino, Saude e Ambiente, v. 5, n. 1, 2012.

PARISOTO, M. F.; PINHEIRO, L. A.; MORO, J. T. **A literature review on applied physics in medicine in the context of teaching/Uma revisão da literatura sobre física aplicada à medicina no contexto do ensino.** Investigações em Ensino de Ciências, v. 20, n. 1, p. 60, 2015.

PARISOTO, M. F. et al. **Utilização de mapas conceituais para buscar indícios de aprendizagem significativa na Física aplicada à Medicina.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 15, n. 3, p. 347-362, 2016.

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

PEREIRA, D. M.; SILVA, G. S. **As Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) como aliadas para o desenvolvimento.** Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas, n. 10, p. 151-174, 2010.

PEREIRA, F. C.; SCHUMACHER, E. **Hands-on-tec e a Aprendizagem Significativa de conceitos de Física Moderna e Contemporânea.** Aprendizagem Significativa em Revista, v. 3, n. 2, p. 22-34, 2013.

PHETCOLORADO, **"Simulação "Monte um átomo"** Phet Interactive Simulations, University of Colorado Boulder. Disponível em <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/build-an-atom](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/build-an-atom)>; Acesso em 18/12/2017.

- \_\_\_\_\_. **Simulação “Espalhamento de Rutherford”** Phet Interactive Simulations, University of Colorado Boulder. Disponível em <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/rutherford-scattering](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/rutherford-scattering)>; Acesso em 18/12/2017.
- PIRES, M. A.; VEIT, E. A. **Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio**. Revista brasileira de ensino de física. Vol. 28, n. 2 (abr./jun. 2006), p. 241-248, 2006.
- PRESTES, M.; CAPPELLETTO, E.; SANTOS, A. C. K. **Concepções dos estudantes sobre radiações**. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, 2008.
- SANTOS, M. O. **Tecnologia Nuclear e aplicações: ressignificações dos conceitos com o uso de material potencialmente significativo para estudantes do ensino médio**. Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física, Universidade Federal de Sergipe, 2017
- SILVA, M.A.; SILVA, L. S.; BERTINI, L. M.; ALVES, L. A. **Metodologias Alternativas no Ensino de Ciências da Natureza e Matemática: Perspectiva Docente**. III Congresso Nacional de Educação, 2016
- TAVARES, R. **Aprendizagem significativa**. Revista conceitos, v. 55, n. 10, 2004.
- TIRONI, C. R. et al. **A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea**. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, Águas de Lindóia, 2013.
- UNESCO, **TIC na educação do Brasil**, 2015. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/communication-and-information/access-to-knowledge/ict-in-education/>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2018.
- VANIEL, B. V.; HECKLER, V.; ARAÚJO, R. R. **Investigando a inserção das TIC e suas ferramentas no ensino de física: estudo de caso de um curso**

**de formação de professores.** XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física– SNEF, 2011.

VIEIRA, S. A. **Césio-137, um drama recontado.** Estudos Avançados, v. 27, n. 77, p. 217-236, 2013.

WITTER, G. P. & LOMÔNACO, J. F. B. **Psicologia da aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1984.

## APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



### PRODUTO EDUCACIONAL

#### FÍSICA MÉDICA APLICADA AO ENSINO DE FÍSICA DAS RADIÇÕES: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO MÉDIO

##### **Autor**

Renan Pinheiro de Oliveira

##### **Orientador:**

Dr. José Felipe Beaklini

##### **Coorientador:**

Dr. Francisco de Araújo

**BRASÍLIA**  
**JULHO DE 2018**

O material apresentado neste documento pode ser reproduzido livremente desde que citada a fonte. As imagens apresentadas são de propriedade dos respectivos autores e utilizadas para fins didáticos. Caso sinta que houve violação de seus direitos autorais, por favor, contate os autores para solução imediata do problema. Este documento é veiculado gratuitamente, sem nenhum tipo de retorno comercial a nenhum dos autores, e visa apenas a divulgação do conhecimento científico. Qualquer dúvida envie um e-mail para [renanpinheiro@hotmail.com.br](mailto:renanpinheiro@hotmail.com.br).

## APRESENTAÇÃO

**Caro Aluno,**

*Este material traz para você um conteúdo sobre o assunto **Física das Radiações** no contexto da **Física Médica**. O material desenvolvido contém vídeos, animações, questionários e formulários para facilitar o conteúdo em questão. As informações aqui contidas estão sempre em desenvolvimento. Acesse o site [www.fisicadasradiacoes.org](http://www.fisicadasradiacoes.org) e se mantenha atualizado. Sinta-se a vontade para sugerir tópicos, informações, sugestões e correções, pois ele foi feito especialmente para você.*

**Caro Professor,**

*O ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) possui muitas ferramentas que podem ser aplicadas em sala de aula. Os currículos da educação brasileira não contribuem para que assuntos de FMC sejam discutidos e trabalhados em sala de aula. Para melhorar este cenário, a Física Médica pode ser utilizada como facilitadora no ensino de física das radiações, tanto pela variedade de fenômenos que envolvem como pelos seus impressionantes efeitos sobre a tecnologia moderna. Portanto, este material serve de apoio para abordar o conteúdo dentro de sala de aula utilizando vídeos, ferramentas, simulações e animações. Por isso, o seu foco está na interdisciplinaridade com a Medicina, pois desperta o interesse dos alunos.*

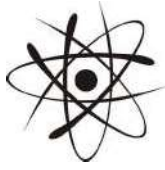


## INTRODUÇÃO

É inegável que o assunto de Física das Radiações desperte opiniões negativas. Ao analisarmos os acidentes radiológicos/radioativos que ocorreram pelo mundo nos últimos 30 anos veremos rastros de destruição e morte. Potencializado pelas guerras mundiais e criação de bombas atômicas, o assunto sempre provoca visões pessimistas. Este material foi desenvolvido com o intuito de abordar este tema com aspectos também positivos e que mostrem o quanto a tecnologia moderna evoluiu e necessita do uso de radiação.

O desenvolvimento dos textos seguiu um padrão tanto com introduções históricas quanto com desenvolvimento de fórmulas e cálculos. O nosso objetivo é disponibilizar, aos professores e alunos, uma proposta de abordagem que envolva o uso de simulações, games e vídeos que contribuam para o processo de ensino e aprendizagem do estudante. Além disso, disponibilizamos o link de todos os artigos e sites consultados para que qualquer pessoa possa aprofundar o estudo em determinado tema.

Todo o conteúdo aqui disponibilizado está em constante atualização devido à contribuição de diversos professores. Informação importante: o código fonte do site será disponibilizado para download. Se você quiser criar o seu próprio site, não tenha medo. Estamos aqui também para auxiliá-lo no desenvolvimento de ferramentas para sua aula. Para consultar o material mais atualizado e com diversas novidades, acesso o site [fisicadasradiacoes.org](http://fisicadasradiacoes.org). Qualquer dúvida nos mande e-mail ou entre em contato no Fale Conosco. Bons estudos e boa diversão!



## Modelos Atômicos

Professor Renan – Física

Goiânia, 17 de Agosto de 2017



## O QUE É UM MODELO EM CIÊNCIAS?

EXERCÍCIO: desenhe uma árvore



VOCÊ PODE PEGAR UMA FOLHA OU FRUTO DA SUA ÁRVORE?

- AO LONGO DOS SÉCULOS GRANDES CIENTISTAS USARAM MODELOS PARA EXPLICAR ALGUNS RESULTADOS EXPERIMENTAIS;
- POSSIBILITAVAM A REALIZAÇÃO DE PREVISÕES;
- À MEDIDA QUE ALGUM DETALHE NOVO ERA DESCOBERTO, CRIAVA-SE UM NOVO MODELO, COM MAIS DETALHES, MAIS COMPLEXO.

## CONCEÇÃO DE LEUCIPO E DEMÓCRITO – 400 a. C.



LEUCIPO DE MILETO  
(500 a. C.)



DEMÓCRITO DE ABDERA  
(460 a. C.)

- Todo tipo de matéria fosse formado por diminutas partículas que denominou átomos;
- Átomo = indivisível



JOHN DALTON  
(1766-1844)



- Os elementos são formados por pequeníssimas partículas, os átomos;
- Todos os átomos de um determinado elemento são idênticos entre si;
- Os átomos de um determinado elemento são diferentes dos átomos de outro elemento e o que os diferencia são suas massas relativas;
- Os átomos de um elemento podem se combinar com átomos de outros elementos formando os átomos compostos. Um dado composto possui sempre o mesmo número relativo de tipos de átomos;
- Os átomos não podem ser criados, divididos ou destruídos através de processos químicos. Uma reação química simplesmente altera o modo de agrupamento dos átomos.

## MODELO DE DALTON – 1808

## PROBLEMAS NO MODELO DE DALTON

- Determinação das massas dos átomos;
- Não contemplar a natureza elétrica da matéria.

## A BUSCA PELA NATUREZA ELÉTRICA.



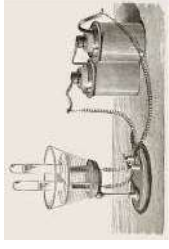
CHARLES A. DE  
COULOMB  
(1736-1806)



CARGA  
ELÉTRICA



MICHAEL FARADAY  
(1791-1867)

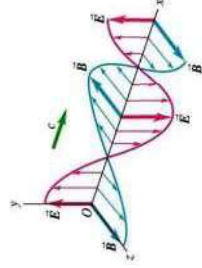


LEIS DA ELETROLÍSE

INDUÇÃO  
ELETROMAGNÉTICA



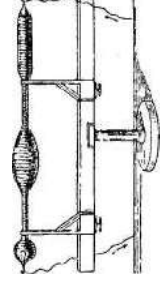
JAMES C. MAXWELL  
(1831-1879)



TEORIA  
ELETROMAGNÉTICA



HEINRICH GEISSLER  
(1814-1879)



TUBO DE GEISSLER



BENJAMIN FRANKLIN  
(1706-1790)



PARA-RAIOS



WILLIAM CROOKES  
(1832-1919)



AMPOLA DE CROOKES  
(RAIOS CÁTÓDICOS)



CÁTODO

ÂNODO



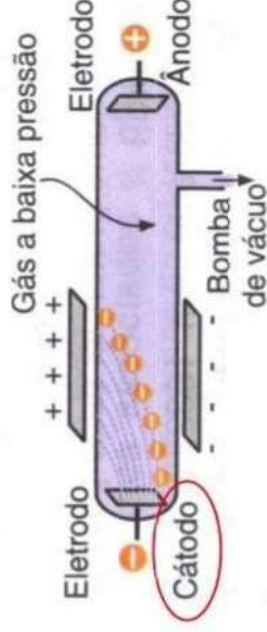
**JOSEPH J. THOMSON**  
(1856 – 1940)

### MODELO DE THOMSON – 1904

- Em 1897 fez experimentos com tubos de raios catódicos;
- Os raios catódicos carregam uma carga negativa carregada por partículas de matéria são defletidos por forças eletrostáticas, como se estivessem eletrizados negativamente;
- **QUESTIONAMENTO:** O que são essas partículas? Átomos ou partículas ainda menores, talvez uma subdivisão do átomo?

- Com outros experimentos, determinou a relação massa/carga (m/e) bem como a velocidade v das partículas;

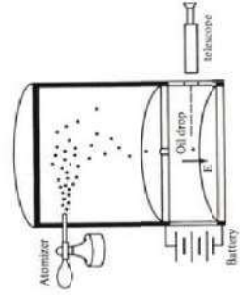
- **Raios Catódicos:** as moléculas do gás se decompõem, não em átomos da substância, mas em átomos primordiais, chamados de corpúsculos. Posteriormente, os corpúsculos receberam o nome de elétrons.



APARATO EXPERIMENTAL UTILIZADO POR THOMSON



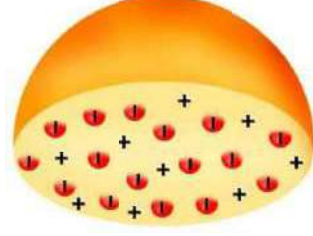
**ROBERT A. MILLIKAN**  
(1868 – 1953)



EXPERIMENTO DA  
GOTA DE MILLIKAN

- Determinou a massa do elétron;
- Quantização da carga elétrica: carga fundamental e;
- Toda a carga elétrica é um múltiplo inteiro da carga fundamental.

### MODELO DE THOMSON – 1904



“MODELO DO PUDIM DE PASSAS”

- O átomo seria constituído de elétrons que girariam em círculos imersos em uma bolha esférica de uma substância carregada positivamente;
- A estabilidade do átomo era garantida pelas leis da mecânica e do eletromagnetismo.

## RADIOATIVIDADE



ANTOINE H. BECQUEREL  
(1852 – 1908)



ERNEST RUTHERFORD  
(1871 – 1937)

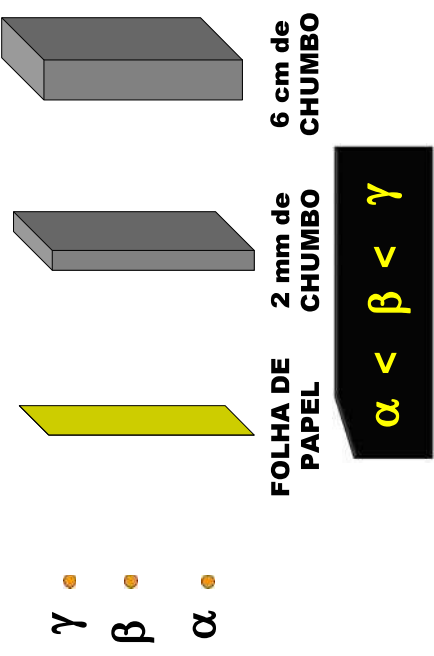


MARIE S. CURIE  
(1867 – 1934)



PIERRE CURIE  
(1859 – 1906)

## PODER DE PENETRAÇÃO DAS EMISSIONES RADIOATIVAS

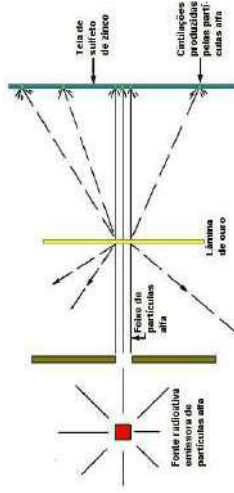


JOHANNES W. GEIGER  
(1882 – 1945)



ERNEST MARSDEN  
(1889 – 1970)

## 1908 - EXPERIMENTO DE GEIGER-MARSDEN



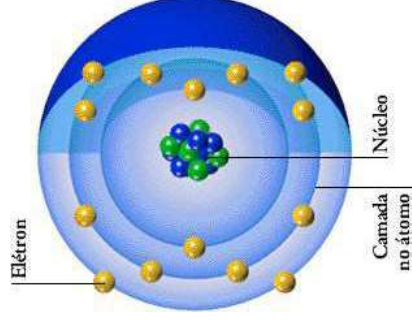
## Rutherford Experiment: Nuclear Atom



## ALGUMAS CONSIDERAÇÕES...

- De acordo com o modelo de Thomson, todas as partículas alfa deveriam atravessar a matéria. Rutherford descobriu que algumas delas eram defletidas;
- Mas, se o modelo de Thomson não explicava o experimento de Geiger-Marsden, que modelo explicaria?
- Se o átomo não era um pudim de passas, qual o objeto de nosso conhecimento macroscópico que mais se aproximaria da realidade invisível do submicroscópico;
- Em 1911, Rutherford publicou um artigo em que descrevia seu modelo atômico. Baseando-se no experimento de Geiger-Marsden e cálculos de espalhamento baseados em interações coulombianas, ele mostrou o **Modelo Planetário**.

## "MODELO PLANETÁRIO"



## ALGUMAS DÓVIDAS DA ÉPOCA.

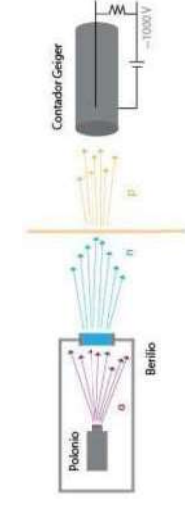
- O átomo, segundo Dalton, que era apenas uma esfera sem estrutura já estava dividido em duas partes: o **núcleo** e os **elétrons**.
- Mas, e o núcleo, será que é maciço ou formado possui alguma estrutura?
- Quantos elétrons há em um átomo?
- Existe alguma relação entre a massa e a carga do núcleo?
- Em 1919, Rutherford e seus colaboradores realizaram o sonho dos alquimistas e conseguiram experimentalmente, pela primeira vez na história, transmutar um elemento em outro;
- Como o hidrogênio era o elemento de menor massa, Rutherford concluiu que se tratava de uma partícula elementar dos núcleos de todos os átomos: o núcleo atômico possui uma estrutura, é formado por **prótons!**

## ALGUMAS DÓVIDAS DA ÉPOCA.

- O número de prótons em um núcleo é insuficiente para justificar sua massa. De onde viria o restante da massa?
- Como é possível os prótons ficarem juntos em um espaço tão pequeno como o núcleo?



JAMES CHADWICK  
(1891 – 1974)



1932 – DESCOBERTA DO  
NÊUTRON!

Partícula	Massa (kg)	Carga (C)
Próton	$1,672621636 \times 10^{-27}$	$1,602176487 \times 10^{-19}$
Nêutron	$1,67492729 \times 10^{-27}$	0
Elétron	$9,10938215 \times 10^{-31}$	$1,602176487 \times 10^{-19}$

- **Número atômico Z:** é o número de prótons de um átomo.
- **Número de massa A:** é o número de prótons + o número de nêutrons de um átomo.
- **Carga do elemento  $\alpha$ :** no caso de ser um íon.

**AX<sub>Z</sub>q**

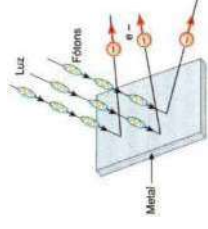
### PROBLEMAS NO MODELO DE RUTHERFORD

- **INSTABILIDADE:** De acordo com Maxwell, o elétron em órbita irradia e perde energia. Sendo assim, a trajetória do elétron seria uma espiral "suicida" em direção ao núcleo.
- Emitiria continuamente ondas eletromagnéticas com frequências cada vez mais altas.

### CONTEXTO PRÉVIO A BOHR



**ALBERT EINSTEIN**  
(1879 - 1955)



**1905**  
**EFEITO**  
**FOTOELÉTRICO**



**MAX PLANCK**  
(1858 - 1947)



**1901**  
**RADIAÇÃO DE**  
**CORPO NEGRO**



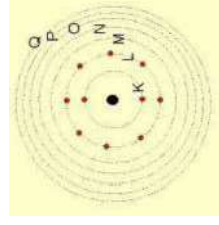
**NIELS BOHR**  
(1885 - 1962)

### MODELO DE BOHR -- 1913

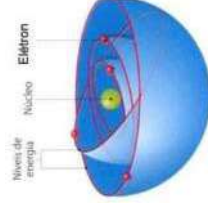
- Os átomos são estáveis, e seus espectros de emissão são discretos, isto é, mostram apenas algumas frequências bem definidas, específicas de cada elemento;
- Conhecia os trabalhos de Planck e Einstein e sabia que no mundo das partículas subatômicas reinava um comportamento quântico (isto é, relacionado a grandezas discretas);
- O movimento circular do elétron em torno do núcleo conduziriam aos valores de energia e raio da órbita correspondentes a cada estado quântico;



### POSTULADOS DE BOHR -- 1913

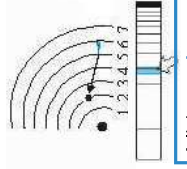
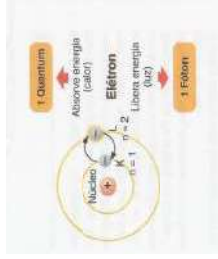


**1º POSTULADO:** Os elétrons descrevem órbitas circulares estacionárias ao redor do núcleo, sem emitirem nem absorverem energia.



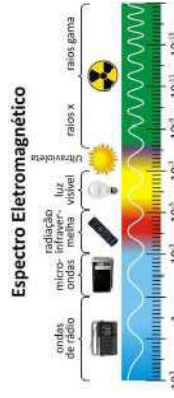
**2º POSTULADO:** as órbitas do elétron são restritas, isto é, nem todas órbitas são permitidas em qualquer situação. A restrição é que o momento angular do elétron é necessariamente quantizado

## POSTULADOS DE BOHR – 1913



A linha azul no espectro atômico é causada por elétrons saltando da quinta para a segunda órbita

**3º POSTULADO:** Fornecendo energia (elétrica, térmica) a um átomo, um ou mais elétrons a absorvem e saltam para níveis mais afastados do núcleo. Ao voltarem as suas órbitas originais, devolvem a energia recebida em forma de luz



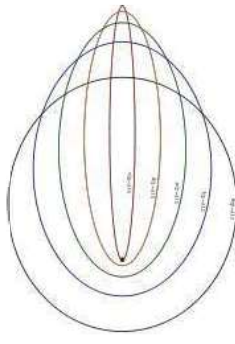
## PROBLEMA NO MODELO DE BOHR

- O modelo atômico de Bohr funcionou muito bem para o átomo de hidrogênio, no entanto, os espectros feitos aos átomos de outros elementos foi observado que os elétrons do mesmo nível de energia tinha energia diferentes, mostrando que houve um erro no modelo;

## MODELO DE SOMMERFELD – 1916

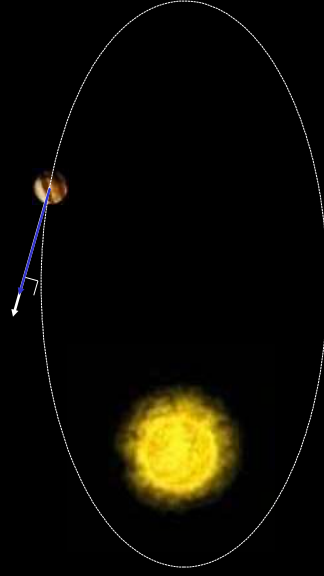


ARNOLD SOMMERFELD  
(1868-1951)



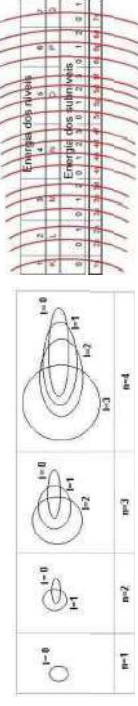
## 1ª Lei de Kepler - Lei das Órbitas

“A trajetória das órbitas dos planetas em torno do Sol é elíptica e o Sol está posicionado num dos focos da elipse.”



## MODELO DE SOMMERFELD – 1913

- Estudando os espectros de emissão de átomos mais complexos que o hidrogênio, concluiu que elétrons de um mesmo nível, ocupam órbitas de trajetórias diferentes (circulares e elípticas);
- Essas órbitas de trajetórias diferentes denominou de subníveis, e que podem ser de quatro tipos: s , p , d , f ;
- Em cada camada eletrônica (n) havia 1 órbita circular e (n-1) órbitas elípticas com diferentes excentricidades



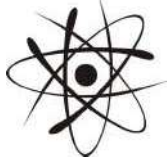




WERNER K HEISENBERG  
(1901 - 1976)



LOUIS DE BROGLIE  
(1879 - 1955)



## Radioatividade

Professor Renan — Física

Goiânia, 24 de Agosto de 2017

- **PRINCÍPIO DA INCERTEZA DE HEISENBERG:** é impossível determinar com precisão a posição e a velocidade de um elétron num mesmo instante.
- **PRINCÍPIO DA DUALIDADE DA MATÉRIA DE LOUIS DE BROGLIE:** o elétron apresenta característica DUAL, ou seja, comporta-se como matéria e energia, sendo portanto, uma partícula-onda.

É a propriedade que os núcleos instáveis possuem de emitir partículas e radiações eletromagnéticas, para se tornarem estáveis

A radioatividade natural ocorre, geralmente, com os átomos de números atômicos maiores que 82

A reação que ocorre nestas condições, isto é, alterando o núcleo do átomo chama-se

**REAÇÃO NUCLEAR**

Prof. Renan Pinheiro

tipos de emissões radioativas

## emissões alfa ( $\alpha$ )

São partículas constituídas por

**2 PRÓTONS e 2 NÉUTRONS** (núcleos de hélio),  
que são jogados, em alta velocidade,  
para fora de um núcleo instável

As partículas alfa possuem

carga elétrica + 2, devido aos prótons,  
e massa igual a 4

Representação da partícula alfa



Em 1911, Frederick Soddy enunciou a  
**1ª LEI DA RADIOATIVIDADE**

“Quando um núcleo emite uma partícula alfa,  
seu número atômico  
**DIMINUI DE DUAS UNIDADES**  
e seu número de massa  
**DIMINUI DE QUATRO UNIDADES”**



Observe que a equação nuclear mantém um balanço  
de massas e de cargas elétricas nucleares

## emissões beta ( $\beta$ )

São constituídas por **ELÉTRONS** atirados,  
em altíssima velocidade,  
para fora de um núcleo instável

Representação da partícula beta



Como não existe elétron no núcleo, ele é formado a  
partir de um nêutron de acordo com o esquema:



Soddy, Fajans, Russell enunciaram a  
**2ª LEI DA RADIOATIVIDADE**

“Quando um núcleo emite uma  
partícula beta, seu número atômico  
aumenta de uma unidade  
e seu número de  
massa permanece inalterado”

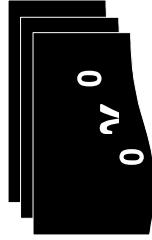


Observe que a equação nuclear mantém um balanço  
de massas e de cargas elétricas nucleares

# emissões gama ( $\gamma$ )

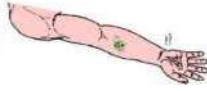
As emissões gama são ondas eletromagnéticas semelhantes à luz

## Representação da partícula gama

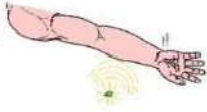


### ATENÇÃO:

contaminação



irradiação



um objeto ou o próprio corpo, quando irradiado (exposto à radiação) por uma fonte radiativa. **NÃO FICA RADIOATIVO.**

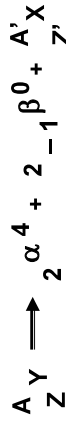
É muito comum confundir irradiação com contaminação.

A **contaminação** se caracteriza pela presença de um material indesejável em determinado local.

A **irradiação** é a exposição de um objeto ou de um corpo à radiação.

01) Quando um átomo emite uma partícula “alfa” e, em seguida, duas partículas beta, os átomos inicial e final:

- a) Têm o mesmo número de massa.
- b) São isótopos radioativos.
- c) Não ocupam o mesmo lugar na tabela periódica.
- d) Possuem números atômicos diferentes.
- e) São isóbaros radioativos.

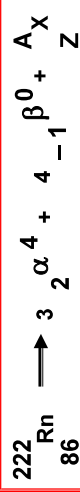


$$\begin{aligned} A &= 4 + A' \\ Z &= 2 - 2 + Z' \\ Z &= Z' \end{aligned}$$

Têm mesmo número atômico e diferentes números de massa, então, são **ISÓTOPOS**

02) Ao se desintegrar, o átomo  ${}^{222}_{86} \text{Rn}$  emite 3 partículas alfa e 4 partículas beta. O nº atômico e o nº de massa do átomo final são, respectivamente:

- a) 84 e 210.
- b) 210 e 84.
- c) 82 e 210.
- d) 210 e 82.
- e) 86 e 208.



$$86 = 3 \times 2 + 4 \times (-1) + Z$$

$$86 = 6 - 4 + Z$$

$$Z = 86 - 2$$

$$Z = 84$$

$$222 = 3 \times 4 + 4 \times 0 + A$$

$$222 = 12 + A$$

$$222 - 12 = A$$

$$A = 210$$

03) ( UFF – RJ ) Dada a série do urânio abaixo representada, assinale a alternativa que apresenta, respectivamente, o número de nêutrons, prótons e elétrons emitidos na desintegração de um núcleo de  ${}_{92}\text{U}^{238}$  até  ${}_{82}\text{Pb}^{206}$ .

a) 32, 32 e 10.  
 b) 16, 16 e 6.  
 c) 10, 10 e 5.  
 d) 8, 8 e 6.  
 e) 8, 8 e 5.

$${}_{92}^{238}\text{U} \longrightarrow x \alpha^4 + y \beta^{-1} + {}_{82}^{206}\text{Pb}$$

$$238 = 4 \cdot x + 206$$

$$4 \cdot x = 238 - 206$$

$$4 \cdot x = 32$$

$$x = 32 : 4$$

$$x = 8 \text{ partículas alfa}$$

$$92 = 2 \cdot 8 - y + 82$$

$$92 = 16 - y + 82$$

$$y = 98 - 82$$

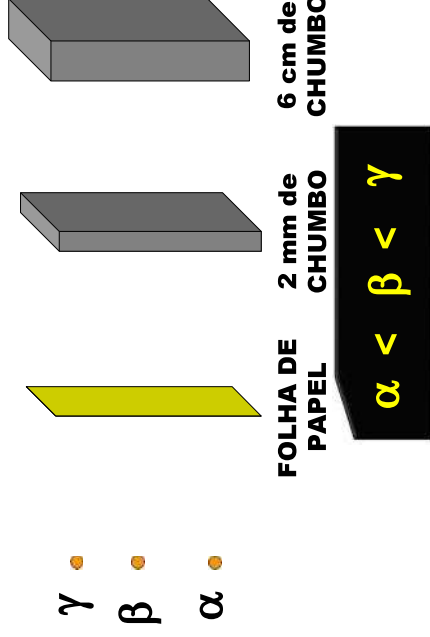
$$y = 6 \text{ partículas beta}$$

NÊUTRONS  
 $8 \times 2 = 16$

PRÓTONS  
 $8 \times 2 = 16$

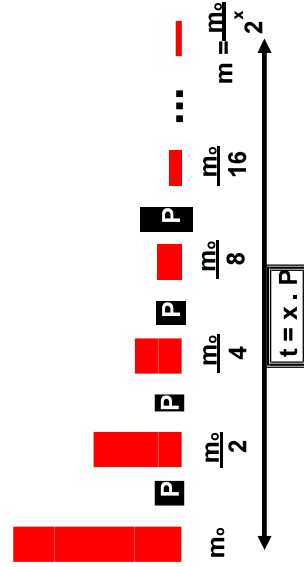
ELÉTRONS  
 $6 \times 1 = 6$

## Poder de penetração das emissões radioativas



## PERÍODO DE SEMIDESINTEGRAÇÃO OU MEIA-VIDA (P)

É o tempo necessário para que a quantidade de uma amostra radioativa seja reduzida à metade



04) A meia-vida do isótopo radioativo  ${}_{11}\text{Na}^{23}$  é de 1 minuto. Em quantos minutos 12g desse isótopo se reduzem a 3 g?

- a) 5 min.  
 b) 4 min.  
 c) 1 min.  
 d) 3 min.  
 e) 2 min.

$P = 1 \text{ min}$   
 $m_0 = 12 \text{ g}$   
 $m = 3 \text{ g}$



05) (POUSO ALEGRE – MG) O isótopo  ${}_{19}\text{K}^{42}$  tem uma meia-vida de 12 horas. A fração da concentração inicial de  ${}_{19}\text{K}^{42}$ , após 48 horas, que permanece

- a) 1/8.
- b) 1/16.
- c) 1/2.
- d) 1/4.
- e) 2.

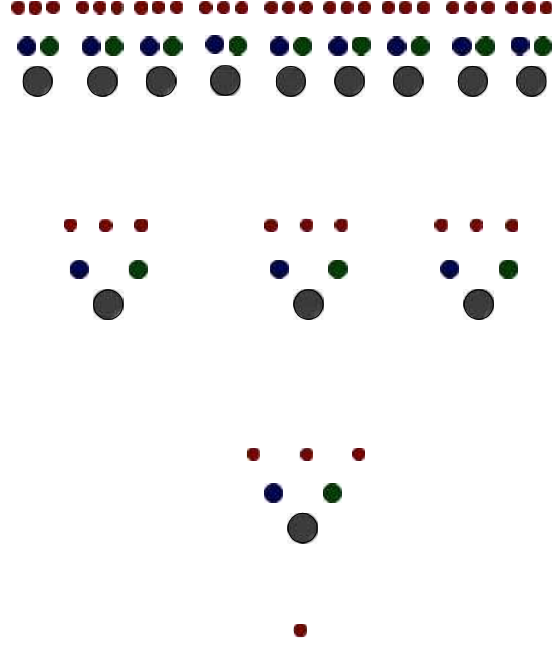
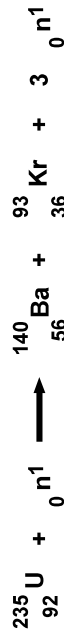
$P = 12 \text{ h}$   
 $m_0 = X \text{ g}$   
 $m = ?$   
 $t = 48 \text{ h}$



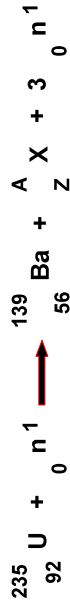
## FISSÃO NUCLEAR

É a divisão de um núcleo em dois núcleos menores, com a liberação de uma quantidade de energia muito grande

Uma fissão nuclear importante é reação que explica o princípio de funcionamento da bomba atômica



06) (Covest – 98) Uma das mais famosas reações nucleares é a fissão do urânio usada na bomba atômica:



Qual o valor do número atômico do elemento X, nesta reação?

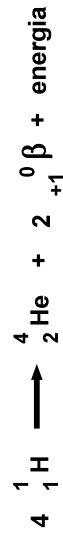
$$92 = 56 + Z \rightarrow Z = 92 - 56$$

$$Z = 36$$

## FUSÃO NUCLEAR

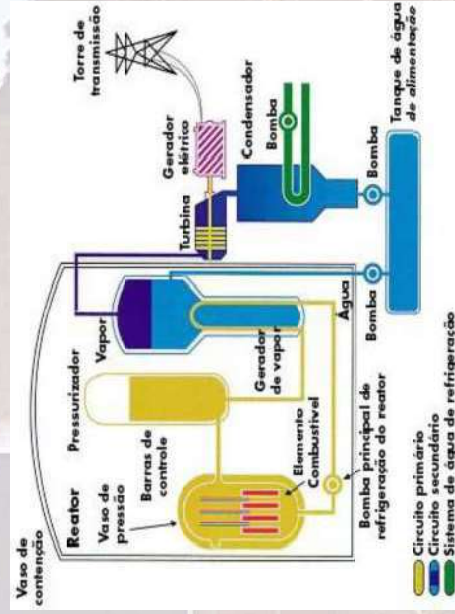
É a junção de núcleos atômicos produzindo um núcleo maior, com liberação de uma grande quantidade de

Este processo ocorre no sol, onde núcleos de hidrogênio leve se fundem, formando núcleos de hélio, com liberação de grande quantidade de energia

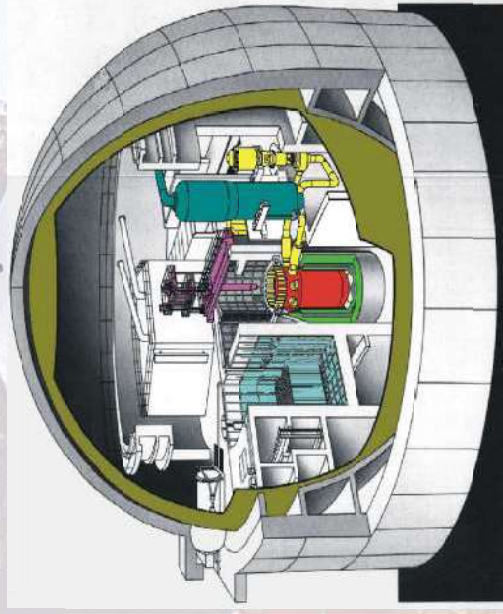


Usinas Nucleares

### FUNCIONAMENTO DE UMA USINA NUCLEAR

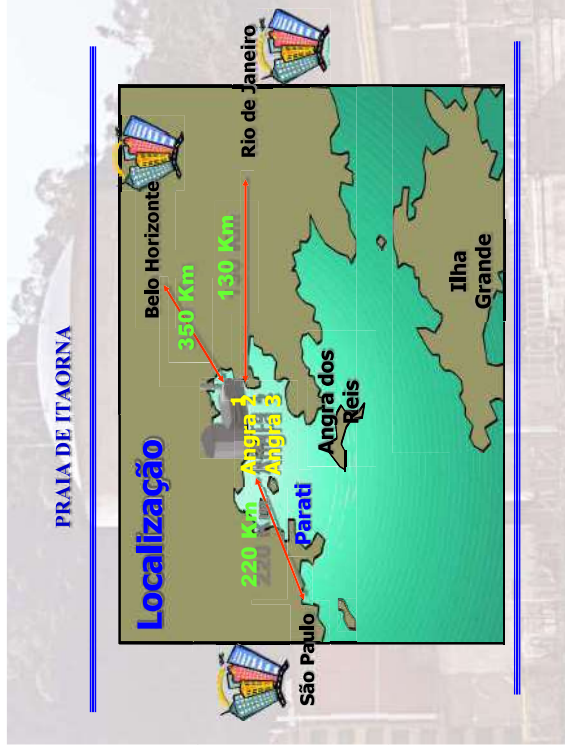


### PRÉDIO DA CONTENÇÃO DE ANGRA 2

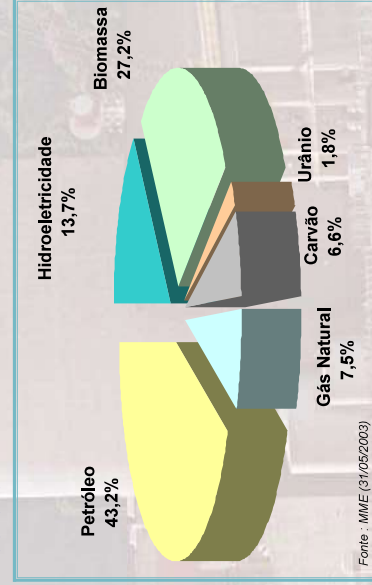


## A ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL

62



## Matriz Energética Brasileira



## USINAS NUCLEARES - COMPETITIVAS

USINA	TIPO DE COMBUSTÍVEL	SUBSISTEMA	CUSTO (R\$/MWh)
CUJABA G CC	GAS	SE	6,40
ANGRA 2	NUCLEAR	SE	8,23
ANGRA 1	NUCLEAR	SE	10,50
CELPAV	GAS	SE	35,91
PARACAMBÍ	GAS	SE	35,91
TERMOCORUMBA	GAS	SE	35,91
TERMOPE	GAS	NE	40,00
ARGENTINA 1	GAS	S	46,18
ARGENTINA 2A	GAS	S	46,24
ARGENTINA 2B	GAS	S	46,24
ST. CRUZ NOVA	GAS	SE	54,36
FORTALEZA	GAS	NE	55,24
TERMOACU	GAS	NE	60,00
ARGENTINA 2C	GAS	S	65,62
FAFEN	GAS	NE	71,26
IBIRITERMO	GAS	SE	77,46
NORTEFLU	GAS	SE	78,08
P. MEDICI A	CARVAO	S	78,08
P. MEDICI B	CARVAO	S	78,08
TERMOCEARA	GAS	NE	82,72
JLACERDA C	CARVAO	S	88,83
MACAÉ MERCHA	GAS	SE	97,15
URUGUAIANA G	GAS	S	97,46
ELETROBOLT	GAS	SE	100,40
ARGENTINA 2D	GAS	S	101,69
JUIZ DE FORA	GAS	SE	102,00
ARGENTINA 1B	GAS	S	102,27
TERMO BA	GAS	NE	135,32

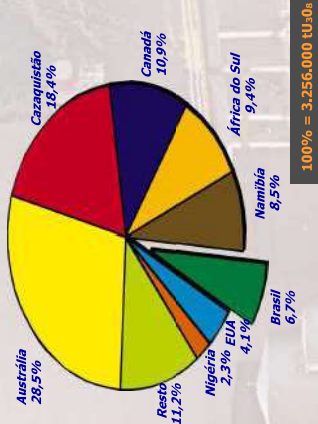
Fonte: ONS - Programa Mensal de Operação - abril/2004



## CICLO DO COMBUSTÍVEL NUCLEAR

### RESERVAS DE URÂNIO

#### RESERVAS MUNDIAIS RECUPERÁVEIS



Brasil = 6ª reserva mundial suficiente para o atendimento de todo o Sistema Interligado Brasileiro por 17 anos. Adicionando as reservas de Pitinga e Cristalino teremos 3ª

Fonte: OECD / NEA IAEA 1995

## Combustível

Quantidade necessária para operar uma usina de 1.000 MW/a por ano



30 t Nuclear



1.100.000 t Gás Natural (GNL)



1.400.000 t Óleo



2.200.000 t Carvão

68

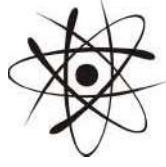
## PERSPECTIVA DA ENERGIA NUCLEARNO MUNDO

- ◆ **CHINA** - quadruplicar a capacidade instalada até 2020 - De 8500 MW para 36000 MW
- **EUA** - mais de 20 Usinas conseguiram prolongamento de vida por mais 20 anos.
- ◆ O aumento de produção das usinas nucleares nos EUA entre 1993 e 2003 equivale ao output de 18 novas usinas de 1.000 MW cada, operando a 90% da sua capacidade. Propiciado pelo aumento de potência das usinas.
- ◆ O senado americano aprovou em 2003 verba para construção do primeiro reator de pesquisa para produzir hidrogênio e gerar energia elétrica.
- ◆ **POLÔNIA** - estuda a implantação de um programa nuclear para construção de usinas nucleares a partir de 2020
- ◆ **FRANÇA** - O parlamento Francês aprovou a construção do primeiro EPR, reator de geração III avançado
- ◆ **COREIA DO SUL** - planeja reduzir em 20% a dependência do combustível fóssil na área de transporte usando o hidrogênio, a ser produzido em reatores nucleares



**PATRICK MORE - CO-FUNDADOR DO GREENPEACE  
AFIRMA**

- **energia nuclear é ambientalmente segura**
- Um dos fundadores do Greenpeace afirmou perante a Comissão de Energia e Recursos Naturais do Senado americano, que há evidência científica abundante demonstrando que a energia nuclear é uma opção ambientalmente segura. Patrick Moore, presidente e cientista-chefe da companhia de consultoria ambiental Greenspirit Strategies, com sede no Canadá, ressaltou que seus colegas ambientalistas estão fora da realidade ao defender seu abandono.
- “Tendo que escolher entre energia nuclear de um lado e carvão, óleo e gás natural do outro, a energia nuclear é de longe a melhor opção, já que não emite CO2 ou qualquer outro poluente do ar”, comentou.
- Ele ressaltou ao comitê — que se reuniu para discutir a iniciativa Energia Nuclear 2010 do Governo, que prevê a construção de uma nova usina até o fim da década — que, praticamente, não existem outros usos benéficos do urânio além da produção de energia elétrica. Já os combustíveis fósseis são um recurso não-renovável valioso e têm uma variedade de usos construtivos, incluindo a produção de bens duráveis, como o plástico.
- Fonte: Nuclenet



## *Acidentes Nucleares*

*Professor Renan — Física*

Goiânia, 31 de Agosto de 2017

## ACIDENTES NUCLEARES

São acidentes que ocorrem em instalações nucleares

Acidente Radiológico/ Radioativo/por Radiação

É caracterizado por:

- ❖ campos de intensa radiação não intencional
- ❖ liberação não controlada de grandes quantidades de material radioativo
- ❖ envolvendo exposição ou contaminação de seres humanos ou meio ambiente
- ❖ causando sérios danos ou morte



### Abri/1986 - Tchernobyl (Ucrânia)

- ❖ Queda repentina da potência do reator
- ❖ Aumento na pressão do núcleo do reator
- ❖ Explosão do núcleo do reator
- ❖ Liberação de produtos radioativos por 2 semanas

#### IRRADIAÇÃO

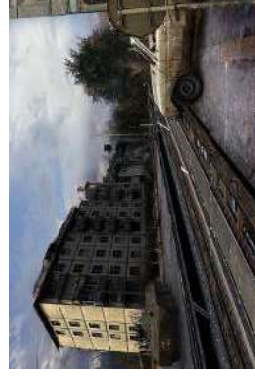
- ❖ externa (chuva)
- ❖ interna
- ❖ ingestão (água e alimentos)

#### POPULAÇÃO

- ❖ 203 pessoas expostas
- ❖ 31 pessoas morreram
- ❖ 13 pessoas sofreram transplante de MO 6 sobreviveram ao tratamento

#### MONITORAÇÃO

- ❖ alimentos num raio de 30 km
- ❖ leite -  $37 \times 10^3$  Bq/L de  $^{131}\text{I}$
- ❖ vegetais -  $3,7 \times 10^5$  Bq/L de  $^{137}\text{Cs}$
- ❖ Princípio ALARA: doses devem ser mantidas tão baixas quanto razoavelmente exequível





Goiânia - 1987

### Setembro/1987 - Goiânia (Brasil)

- ❖  $^{137}\text{Cs}$  -  $\beta$  e  $\gamma$  -  $T_{1/2}$ : 30 anos
- ❖ fonte com 50.875 GBq ou 1.375 Ci
- ❖ fonte de radioterapia - pó aglomerado

### HISTÓRICO

- ❖ 13.09.1987- fonte foi removida do Instituto Goiano de Radioterapia (IGR) rompimento da fonte
- ❖ 14.09.1987- RSA (22 anos) - vômito  
WMP - vômitos, náusea, diarreia, inchaço nas mãos
- ❖ 19.09.1987- DAF (36 anos) - comprou o cabeçote  
IBS (22 anos) e AAS (18 anos) - manuseiam a fonte

- ❖ 21.09.1987- DAF leva para a sala de sua casa distribui os fragmentos da cápsula  
MGF (28 anos) - náusea, vômitos e diarreia
- ❖ 23.09.1987- WMP - é internado
- ❖ 24.09.1987- IAP (irmão de DAF) leva os fragmentos para casa,  
LNF (6 anos) ingere o pó de césio
- ❖ 28.09.1987 - MGF e GGS (21 anos) levam a fonte para a vigilância sanitária de ônibus coletivo por 30 minutos.  
GGS carrega a fonte no ombro (queimaduras)
- ❖ 29.09.1987 - físico confirma ser material radioativo  
Detectável 5 - 6 quadras antes  
Comunica o fato a CNEN  
procura localizar a proveniência da fonte

- ❖ 30.09.1987- Chega o diretor de fiscalização da CNEN

As pessoas são alojadas em um estádio olímpico para alimentação especial e triagem das pessoas

Descontaminação inicial (roupas, pele -água, sabão vinagre, pedra-pome)

Casos mais graves de contaminação e com lesões graves visíveis - Hospital Geral de Goiânia (HGG)

Hemograma das pessoas

- ❖ 01.10.1987- 6 pacientes são removidos para o Hospital Naval Marcílio Dias (RJ)

### AÇÕES INICIAIS

- ✓ Radioacidentados - HGG
- ✓ busca das áreas contaminadas
- ✓ evacuação e isolamento das áreas
- ✓ divulgação pela imprensa
- ✓ atendimento e triagem das pessoas que se dirigiam ao estádio
- ✓ rastreamento aéreo (descoberta de mais um ponto)-detector

### EXPOSIÇÕES

- ✓ externa
- ✓ externa e interna
- ✓ comercialização de material contaminado
- ✓ contato pessoal
- ✓ circulação de animais contaminados
- ✓ circulação de ferramentas contaminadas
- ✓ ação ambiental ( vento e chuva)



FUKUSHIMA - 2011

### Março/2011 – Fukushima (Brasil)

#### HISTÓRICO

❖ 11.03.2011 - Terremoto ocorrido no Japão com Magnitude 9 na escala Richter

❖ A Central Nuclear Fukushima está localizada a aproximadamente 160 km do epicentro do forte terremoto





- ❖ No dia em que ocorreu o terremoto, as usinas 1, 2 e 3 estavam em pleno funcionamento, enquanto as usinas 4, 5 e 6 estavam desligadas para manutenção;

#### Sequência Provável:

- ❖ Ao serem atingidas pelas primeiras ondas sísmicas, as usinas 1, 2 e 3 desligaram imediata e automaticamente, conforme estabelecem normas de segurança em caso de emergência
- ❖ Todas as usinas da central nuclear resistiram aos violentos abalos sem sofrer grandes danos estruturais, conforme especificação de projeto
- ❖ Falta de energia elétrica atingiu toda a região, inclusive a central nuclear
- ❖ Sem energia elétrica, não foi possível acionar as bombas de refrigeração do circuito destinado a remover o calor decorrente do decaimento dos produtos de fissão radioativos acumulados no combustível nuclear.



O que é Medicina Nuclear?



Qual é o objetivo?



Como funciona?

E a Rotina?



“MEDICINA NUCLEAR  
CONVENCIONAL”

*Prof. Renan Oliveira*  
Mestrando em Ensino de Física  
Universidade de Brasília

# Medicina Nuclear → O que é?

É uma especialidade médica segura e indolor que utiliza pequenas quantidades de substâncias radioativas, ou **radiofármacos** para **diagnosticar e tratar doença**.

Radiologia Convencional

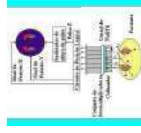


Equipamento é a fonte de radiação

Medicina Nuclear



O paciente é a fonte de radiação



## Medicina

# Nuclear

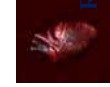
 → Qual é o Objetivo?

É realizar **diagnóstico e tratamento** de qualidade por intermédio do uso de **radioisótopos**.

## Medicina Nuclear

- A Medicina Nuclear **diagnóstica** avalia a **função** e a **estrutura** dos órgãos, o que possibilita uma identificação precoce de certas anormalidades.
- Tem sua aplicação **terapêutica** em tratamentos de hipertireoidismo, câncer de tireóide, dor óssea, radiosinovtirose, etc.

## Alguns Tipos de Exames



### Cintilografia do Miocárdio

Imagem com paciente em estado de REPOUSO Imagem com paciente após ESFORÇO

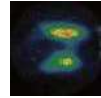


### Cintilografia Renal

Dinâmica e Estática



### Cintilografia Óssea



### Cintilografia da Tireóide



Como funciona?



Vejam as dependências!!!!!!

## Dependências Necessárias

### Radiofarmácia:

- ❖ Laboratório de Manipulação
- ❖ Sala de Administração de Dose
- ❖ Depósito de Rejeitos Diário

Sala de Espera de Pacientes Injetados

Sala de Exames

Sala de Decaimento de Rejeitos

Quartos Terapêuticos.

É hora de detalhar a rotina?



## Laboratório de Manipulação

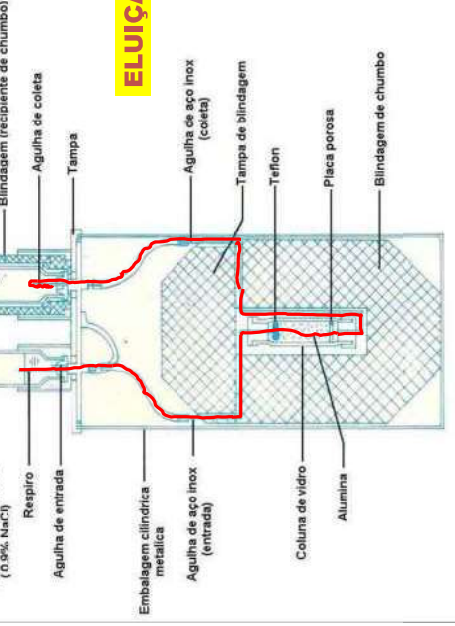
### Preparação do Radiofármaco



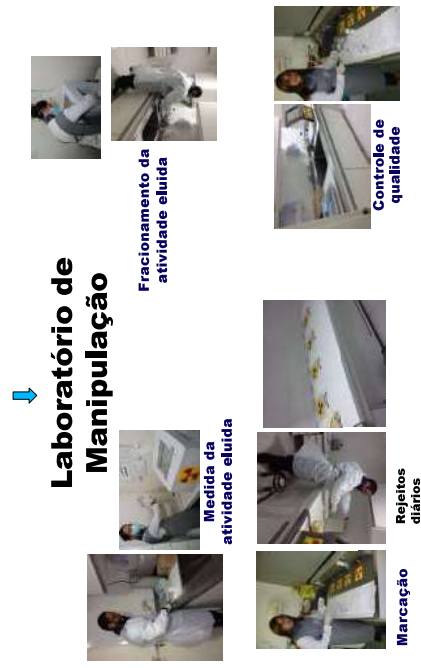
Gerador de Tc-99m



# Preparação do Radiofármaco



## ELUIÇÃO



# Transporte de Material Radioativo



INTERNO

EXTERNO



# Radiofarmácia

## Sala de Administração de Dose



## Monitoração de Contaminação de Superfície





## Alunos da Especialização em Radiofarmácia do INCURSOS

### Preparação do Radiofármaco



Estagiários

## Alunos da Especialização em Radiofarmácia do INCURSOS

### Preparação do Radiofármaco



Estagiários

## Alunos do Curso de Tecnólogos em Radiologia da UNIP-Go



Visita Técnica



## Sala de Pacientes Injetados



## Banheiros Exclusivos

## Controle de Qualidade da Gama-Câmara

## Salas de Exames

### Testes segundo Norma CNEN NN 3.05 Dezembro/2013

- Teste de uniformidade **diariamente**
- Teste de linearidade **mensalmente**
- Teste de resolução espacial **semestralmente**
- Teste de centro de rotação **mensalmente**
- Teste de sensibilidade **semestralmente**
- Teste de resolução Energética **semestralmente**

### Aquisição de Imagens



Sala de Comando



SPECT - CT



MBI

## Sala de Laudos



Processamento  
de Imagens



## Radiometria

### Medida da Taxa de Exposição



# Gerenciamento de Rejeitos

# Sala de Decaimento de Rejeitos Radioativos

## CONTROLE DE VARIAÇÕES DO INVENTÁRIO DE REJEITOS DE RADIONUCLÍDEOS (Anexo C) - CREN-NE-6.03

IDENT	ACQUIÇÃO				MEIA VIDA				LIBERAÇÃO		TAXA DE EXP. LIBERAÇÃO (mSv/h)		
	ATIV. RECEBIDA (Bq)	DATA	ATIV. UTILIZADA (Bq)	DATA	TIPO	MASSA (kg)	VOL. (L)	ATIV./kg (Bq/kg)	Tempo de armazenamento (dias)	Previsão		Real	
02/06	1000	05/06	1000	20	07/06	V	0,23	/	86856	04	11/07	15/07	BG
08/06	1000	08/06	1000	20	08/7	P.L.	2,5	/	8000	03	11/07	15/07	BG
Responsável pela Radioproteção: Francisco de Araújo FM-0060												Assinatura:	



# Detetores de Radiação

Monitor de Área



Monitor de Taxa de Exposição

(R/h ou mR/h)

Monitor de Contaminação de Superfície



Monitor de Taxa de Contaminação

(CPS ou CPM)

Digita



Monitor de Taxa de Dose e Contaminação

(mSv/h e CPM)

# Medidor de Atividade ou Curiómetro

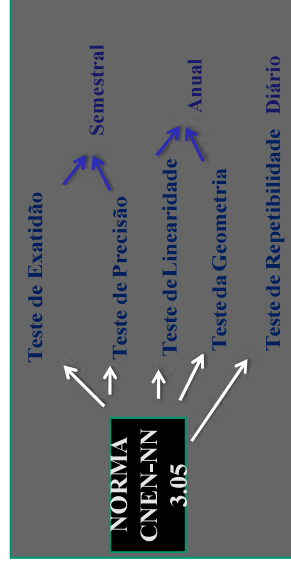


Câmara de Ionização Eletrônica Associada

## Controle de Qualidade no Curiômetro

## Controle de Qualidade no Curiômetro e Detectores

O que se deve esperar das medidas  Que elas sejam Precisas e Exatas



Fontes padrões de referência de Co-57  
Ba-133 e Cs-137



## Radioiodoterapia

(com iodo-131)

Tratamento de Hipertireoidismo

**BÓCIO DIFUSO (Doença de Graves)**

**BÓCIOS UNINODULARES**

**BÓCIOS MULTINODULARES**

Tratamento de Câncer de Tireóide

**CARCINOMA FOLICULAR**

**CARCINOMA PAPILÍFERO**

## Quarto Terapêutico



## Área de Iodoterapia



## Banheiro Exclusivo



## Instituto Goiano de Radiologia-IGR



FONTE SELADA DE CÉSIO-137



REJEITO EM DECAIMENTO



SEPARAÇÃO DO REJEITO RADIOATIVO



CONTADOR GEIGER



GERADOR DE TECNÉCIO 99-m





DOSÍMETRO – TEC RAD



M.B.I – MÁQUINA DE DIAGNÓSTICO DO CÂNCER DE MAMA.

## Nossos Agradecimentos pela ATENÇÃO



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONFEA, Usinas Nucleares e Energia Nuclear no Mundo. Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, 2008. Disponível em: <[www.confrea.org.br/media/Energia\\_Nuclear\\_noMundo\\_Curta.ppt](http://www.confrea.org.br/media/Energia_Nuclear_noMundo_Curta.ppt)>. Acesso em: 25/05/2017
- IPEN, Acidentes Nucleares e Radiofóscos. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2009. Disponível em: <[www.ipen.br/portal/produtos\\_home.php?secao\\_id=35](http://www.ipen.br/portal/produtos_home.php?secao_id=35)>. Acesso em 20/05/2017
- NISENBAUM, Moisés. André . Estrutura Atômica, 2015
- ROBERTO, Agamenon. Uma aula sobre Radioatividade. Disponível em: <[www.agamenonquimica.com/aulas/](http://www.agamenonquimica.com/aulas/)>. Acesso em 20/05/2017

## APÊNDICE B – PRÉ-TESTE COLÉGIO OBJETIVO

MNPEF

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE FÍSICA

Professor Renan Oliveira

### PRÉ-TESTE – FÍSICA DAS RADIAÇÕES

1. Você sabe o que é radiação? O que ela pode causar em nosso corpo?

---

---

---

---

---

---

---

2. Você sabe a diferença entre exposição e contaminação?

---

---

---

---

---

---

---

3. Se você trabalhasse em um local que faz uso de material radioativo, quais os principais sintomas que fariam despertar a suspeita de pessoas estarem sendo irradiadas?

---

---

---

---

---

---

---

4. Se você tiver contato com pessoas contaminadas, quais os cuidados que você adotaria para manter um contato com esses pacientes e o seu ambiente?



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Descreva algumas sugestões para que acidentes como o de Goiânia sejam evitados

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

6. Utilizando-se da numeração de 1 a 7, ordene, por grau de responsabilidade, os personagens ou instituições descritos nas afirmações a seguir, todas direta ou indiretamente responsáveis pelas consequências desastrosas do acidente de Goiânia.

8. ( ) O dono do ferro velho, que distribuiu a fonte radioativa para várias outras pessoas.
9. ( ) Os proprietários do instrumento de radioterapia, que podem ter negligenciado o cuidado da desativação do aparelho.
- 10.( ) Os dois catadores de ferro velho que invadiram uma propriedade particular e roubaram uma fonte radioativa de grande intensidade
- 11.( ) O serviço de fiscalização da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) ou da Vigilância Sanitária, que se omitiu em realizar fiscalizações.

- 12.( ) A ignorância das pessoas envolvidas por imaginar que os sintomas de que estavam sendo alvos eram devidos à contaminação alimentar.
- 13.( ) Despreparo das equipes médicas dos serviços de pronto socorro, que não diagnosticaram as síndromes de irradiação.
- 14.( ) O serviço de Vigilância Sanitária de Goiânia, pois negligenciou o atendimento a tempo dos radio acidentados. Mesmo num feriado, os serviços de Vigilância Sanitária deveriam manter um plantão para essas eventualidades.

## APÊNDICE C – PRÉ-TESTE INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS

MNPEF

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE FÍSICA

Professor Renan Oliveira

### PRÉ-TESTE – FÍSICA DAS RADIAÇÕES

1. Qual dos seis símbolos mostrados está relacionado com radiação?



( )



( )



( )



( )



( )



( )

2. Podemos sentir a radiação?

---

---

---

---

---

---

---

3. Você sabe a diferença entre a radiação ionizante e a radiação não-ionizante?

---

---

---

---

---

---

---

4. Dos tipos de tecnologia citados abaixo, em quais podem ser utilizadas a radiação? Cite exemplos.

- ( ) Medicina: \_\_\_\_\_
- ( ) Eletrônica: \_\_\_\_\_
- ( ) Indústria: \_\_\_\_\_
- ( ) Guerra: \_\_\_\_\_
- ( ) Geração de Energia: \_\_\_\_\_
- ( ) Não ouvi falar das tecnologias \_\_\_\_\_

5. Alguns alimentos estão sendo irradiados para sua maior conservação. Você acredita que este processo pode prejudicar a saúde?

---

---

---

---

---

---

6. Os raios X emitidos para investigar possíveis fraturas ósseas trazem somente benefícios à saúde?

---

---

---

---

---

---

7. Por que hoje se fala da necessidade de proteção contra os raios solares?

---

---

---

---

---

---

8. Você acha mais seguro para sua saúde bronzear-se apanhando sol, com os devidos cuidados, ou fazendo uso do bronzeamento artificial?

---

---

---

---

---

---

9. Em que época do ano é mais adequado usar proteção solar?

---

---

---

## APÊNDICE D – PÓS-TESTE INSTITUTO FEDERAL DO AMAZONAS

MNPEF

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL  
EM ENSINO DE FÍSICA

Professor Renan Oliveira

### PÓS-TESTE – FÍSICA DAS RADIAÇÕES

1. O que é Radioatividade?
  - a) A radioatividade não está relacionada à emissão de radiação.
  - b) São apenas ondas de baixa frequência, sendo estas inofensivas para o ser humano.
  - c) É a capacidade de um determinado elemento químico instável tenha de liberar partículas ou radiação eletromagnética.
  - d) É denominada somente como onda eletromagnética.
  - e) É definida apenas como uma partícula.
2. Assinale a alternativa que melhor representa algumas das utilidades do uso da Radioatividade.
  - a) Na medicina, agricultura e em concertos de peças de PVC.
  - b) Esterilização de seringas, em animais para estimular o crescimento e em guerras.
  - c) Na geração de energia elétrica, bomba atômica e medicina.
  - d) Bomba atômica, ondas do mar e medicina.
  - e) Na estimativa de datas de fósseis, inspeção de aviões e para adocicar as frutas.
3. Com a evolução da tecnologia nuclear, muitas coisas podem ser transformadas em nossa sociedade. Um exemplo disso é o uso na medicina, o qual nos possibilita ter diagnósticos e até tratamentos envolvendo o uso de radiações. Em sua nova visão de mundo, qual seria a resposta mais adequada para tais procedimentos?

- a) O uso desses tipos de radiações não afeta o corpo do ser humano com tanta agressividade.
- b) O uso desses tratamentos não é eficaz.
- c) Buscar melhores alternativas, pois essas não resolvem e acabam acelerando a morte do indivíduo.
- d) Esse é sim o melhor meio de diagnosticar enfermidades e chegar a possíveis curas.
- e) Isso só apareceu agora em nossa sociedade e sem controle, tornando-o muito perigoso.

4. Analise as afirmações abaixo e assinale a alternativa correta:

- I. A radioatividade é considerada como um fenômeno nuclear.
- II. O átomo não sofreu grandes evoluções no decorrer no tempo.
- III. Quando um núcleo instável fica estável, ele libera partículas alfa e beta e radiação gama.

a) I, II e III

b) I e III

c) II e III

d) I e II

e) Nenhuma das afirmações está correta.

5. O uso de inovações voltadas a tecnologia nuclear traz sem dúvidas a certeza de grandes contribuições e a possibilidade de destruição da própria humanidade, caso não seja utilizada de forma correta. Assinale a alternativa que não se adéqua positivamente com sua utilidade.

- a) Essa tecnologia salva vidas, pois ajuda no diagnóstico precoce de várias doenças.
- b) Em países desenvolvidos fabricam a bomba atômica, sendo assim uma ameaça constante para toda a humanidade.

- c) Durante um bom tempo temia-se a picada o mosquito Zica vírus, pois esse causa doenças terríveis ao ser humano. O uso da radiação foi uma forte aliada contra a reprodução desse mosquito.
- d) É possível tirar raios-X de aviões, para evitar acidentes.
- e) Alimentos irradiados duram mais.
6. Algum familiar ou conhecido já precisou de algum tratamento médico que envolvesse radioatividade? Certamente sim. O que você verificou quando o indivíduo iniciou o tratamento de radioterapia.
- a) Que o indivíduo ficou frágil diante de tais tratamentos e que não vale a pena prosseguir.
- b) Que de nada adianta cuidar, pois não tem cura determinadas doenças.
- c) Esse tratamento não mata nenhum tipo de célula cancerígena.
- d) Não deixaria nenhum amigo ou familiar ser submetido a tais tratamentos.
- e) Vale a pena, pois toda doença que é tratada no início esses tratamentos são extremamente eficazes, trazendo a cura ao paciente.
7. A radioatividade é um fenômeno nuclear, no qual átomos de certos elementos químicos emitem radiação na forma de partículas ou energia. Indique-as em ordem crescente de penetração na matéria.
- a) Alfa, Beta e Gama.
- b) Alfa, Gama e Beta.
- c) Beta, Alfa e Gama.
- d) Gama, Beta e Alfa.
- e) Beta, Alfa e Gama.









```
system("cls");
cout<<"\n\tOpção inválida\n"<<endl<<endl;
system("color c");
}
system("pause");
system("cls");
}while(a!=2);
break;
}
system("pause");
system("cls");
}while(a!=1);
}
}
```