



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

© Renan Pinheiro de Oliveira e José Felipe Beakini Filho – 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.

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 e se mantenha atualizado. Sinta-se a vontade para sugerir tópicos, informações, sugestões e correções, pois ele foi feito especialmente para você.*

Caro Professor,

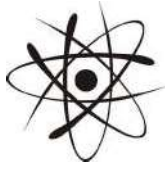
O ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) possui muitas ferramentas que podem ser aplicadas em sala de aula. Os currículos da educação brasileira não contribuem para que assuntos de FMC sejam discutidos e trabalhados em sala de aula. Para melhorar este cenário, a Física Médica pode ser utilizada 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.

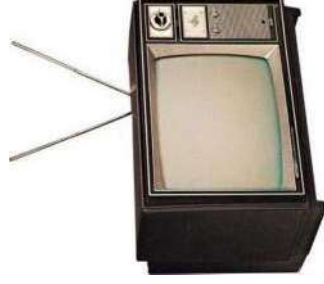
Todo o conteúdo aqui disponibilizado está em constante atualização devido à contribuição de diversos professores. Informação importante: o código fonte do site será disponibilizado para download. Se você quiser criar o seu próprio site, não tenha medo. Estamos aqui também para auxiliá-lo no desenvolvimento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



Modelos Atômicos

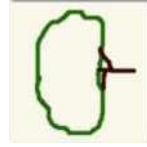
Professor Renan – Física

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.



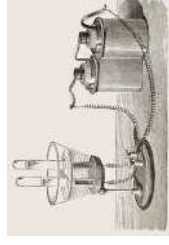
CHARLES A. DE
COULOMB
(1736-1806)



CARGA
ELÉTRICA



MICHAEL FARADAY
(1791-1867)

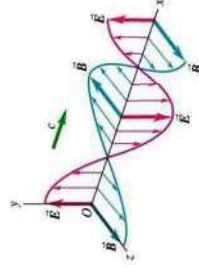


LEIS DA ELETROLÍSE

INDUÇÃO
ELETROMAGNÉTICA



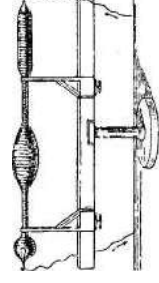
JAMES C. MAXWELL
(1831-1879)



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



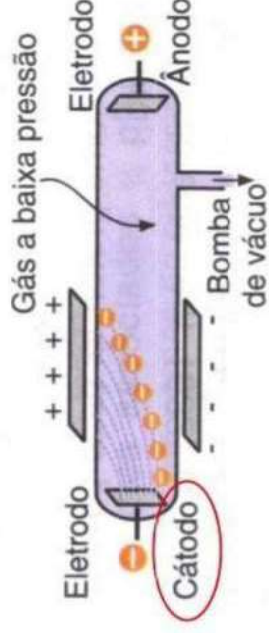
JOSEPH J. THOMSON
(1856 – 1940)

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;

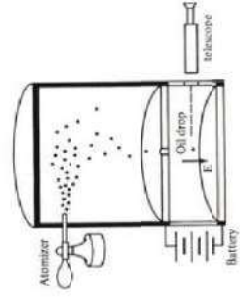
- **Raios Catódicos:** as moléculas do gás se decompõem, não em átomos da substância, mas em átomos primordiais, chamados de corpúsculos. Posteriormente, os corpúsculos receberam o nome de elétrons.



APARATO EXPERIMENTAL UTILIZADO POR THOMSON



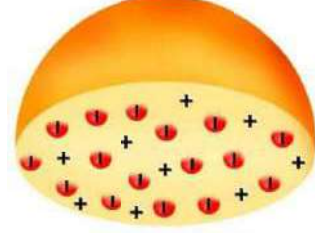
ROBERT A. MILLIKAN
(1868 – 1953)



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)

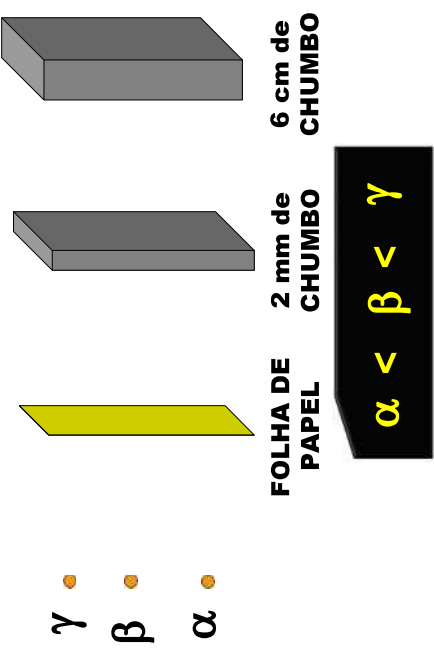


MARIE S. CURIE
(1867 - 1934)



PIERRE CURIE
(1859 - 1906)

PODER DE PENETRAÇÃO DAS EMISSIONES RADIOATIVAS

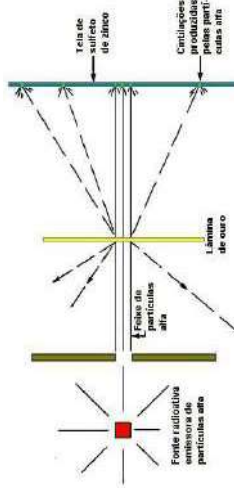


JOHANNES W. GEIGER
(1882 - 1945)



ERNEST MARSDEN
(1889 - 1970)

1908 - EXPERIMENTO DE GEIGER-MARSDEN

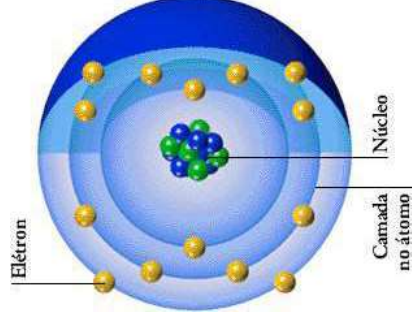


Rutherford Experiment: Nuclear Atom

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.

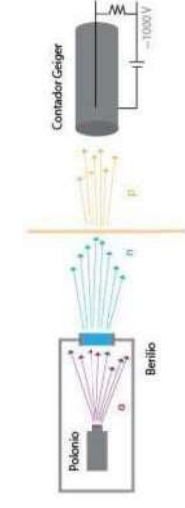
- O átomo, segundo Dalton, que era apenas uma esfera sem estrutura já estava dividido em duas partes: o **núcleo** e os **elétrons**.
- Mas, e o núcleo, será que é maciço ou formado possui alguma estrutura?
- Quantos elétrons há em um átomo?
- Existe alguma relação entre a massa e a carga do núcleo?
- 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 α :** no caso de ser um íon.

AX_Zq

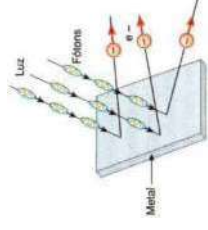
PROBLEMAS NO MODELO DE RUTHERFORD

- **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



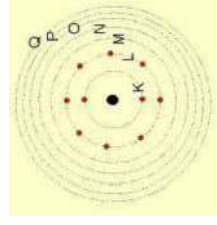
NIELS BOHR
(1885 - 1962)

MODELO DE BOHR -- 1913

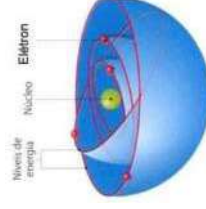
- Os átomos são estáveis, e seus espectros de emissão são discretos, isto é, mostram apenas algumas frequências bem definidas, específicas de cada elemento;
- Conhecia os trabalhos de Planck e Einstein e sabia que no mundo das partículas subatômicas reinava um comportamento quântico (isto é, relacionado 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

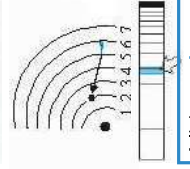
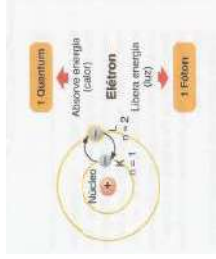


1º POSTULADO: Os elétrons descrevem órbitas circulares estacionárias ao redor do núcleo, sem emitirem nem absorverem energia.



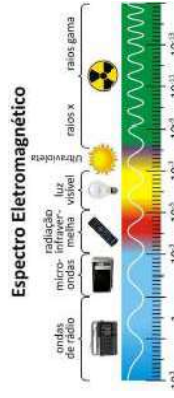
2º POSTULADO: as órbitas do elétron são restritas, isto é, nem todas órbitas são permitidas em qualquer situação. A restrição é que o momento angular do elétron é necessariamente quantizado

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



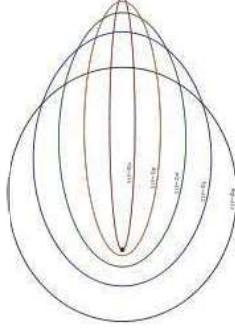
PROBLEMA NO MODELO DE BOHR

- 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

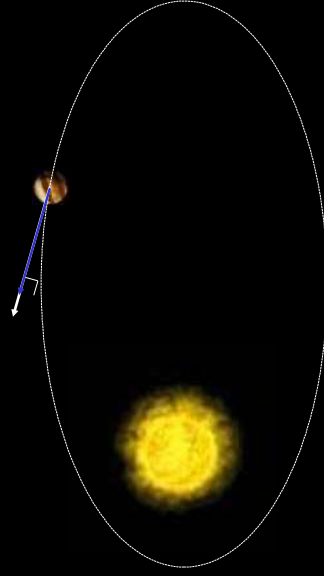


ARNOLD SOMMERFELD (1868-1951)



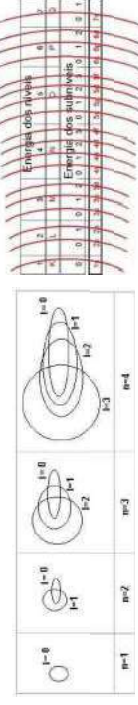
1ª Lei de Kepler - Lei das Órbitas

“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

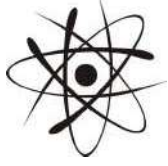




WERNER K HEISENBERG
(1901 - 1976)



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 (α)

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 (β)

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”

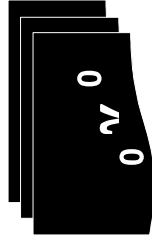


Observe que a equação nuclear mantém um balanço
de massas e de cargas elétricas nucleares

emissões gama (γ)

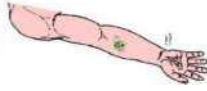
As emissões gama são ondas eletromagnéticas semelhantes à luz

Representação da partícula gama

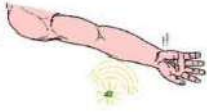


ATENÇÃO:

contaminação



irradiação



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

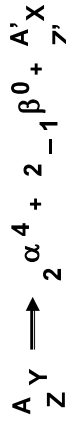
É muito comum confundir irradiação com contaminação.

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.

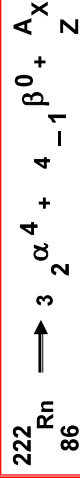


$$\begin{aligned} A &= 4 + A' \\ Z &= 2 - 2 + Z' \\ Z &= Z' \end{aligned}$$

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.



$$\begin{aligned} 86 &= 3 \times 2 + 4 \times (-1) + Z \\ 86 &= 6 - 4 + Z \\ Z &= 86 - 2 \\ Z &= 84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 222 &= 3 \times 4 + 4 \times 0 + A \\ 222 &= 12 + A \\ 222 - 12 &= A \\ A &= 210 \end{aligned}$$

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.

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

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

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

$$4 \cdot x = 32$$

$$x = 32 : 4$$

$$x = 8 \text{ partículas alfa}$$

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

$$92 = 16 - y + 82$$

$$y = 98 - 82$$

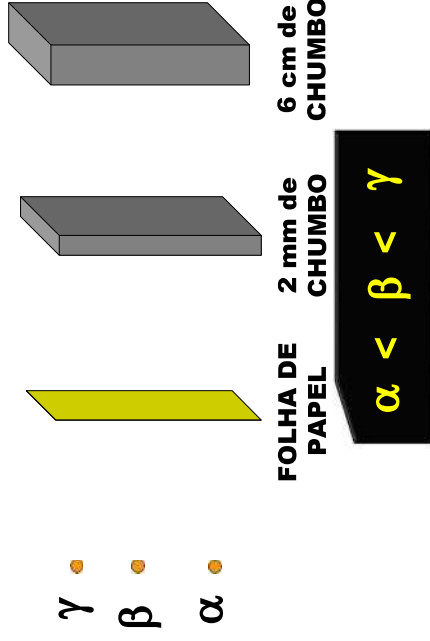
$$y = 6 \text{ partículas beta}$$

NÊUTRONS
 $8 \times 2 = 16$

PRÓTONS
 $8 \times 2 = 16$

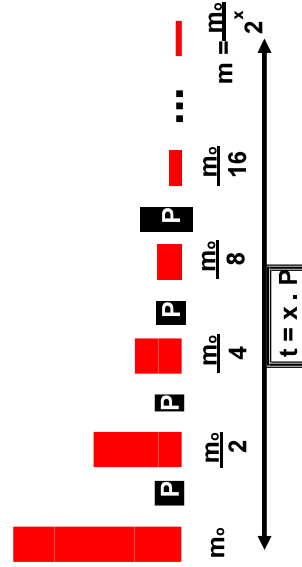
ELÉTRONS
 $6 \times 1 = 6$

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.

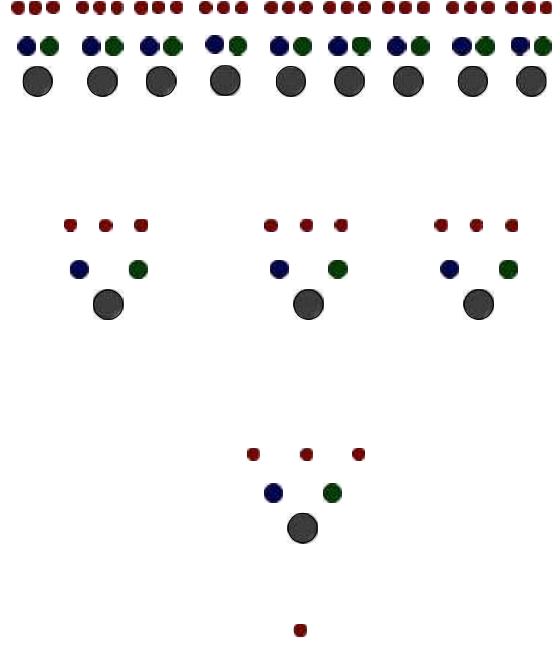
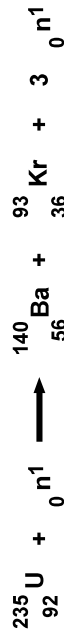
$P = 12 \text{ h}$
 $m_0 = X \text{ g}$
 $m = ?$
 $t = 48 \text{ h}$



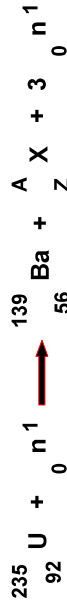
FISSÃO NUCLEAR

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?

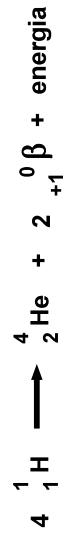
$$92 = 56 + Z \rightarrow Z = 92 - 56$$

$$Z = 36$$

FUSÃO NUCLEAR

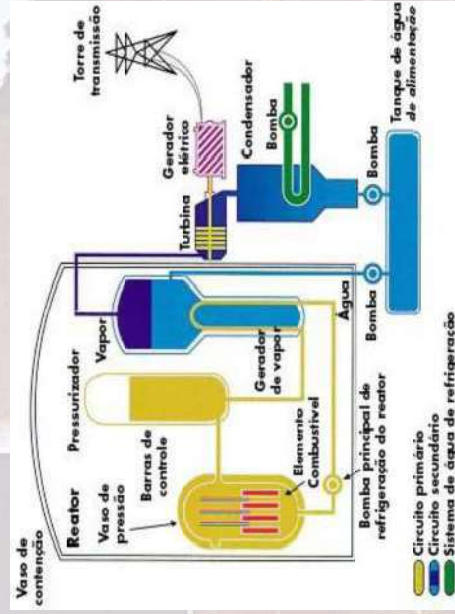
É a junção de núcleos atômicos produzindo um núcleo maior, com liberação de uma grande quantidade de

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

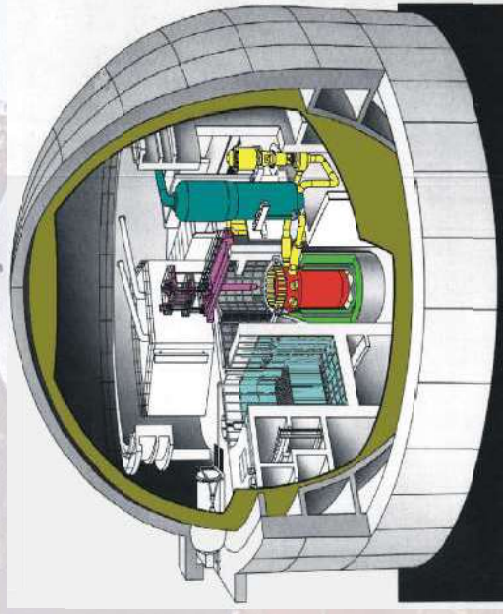


Usinas Nucleares

FUNCIONAMENTO DE UMA USINA NUCLEAR

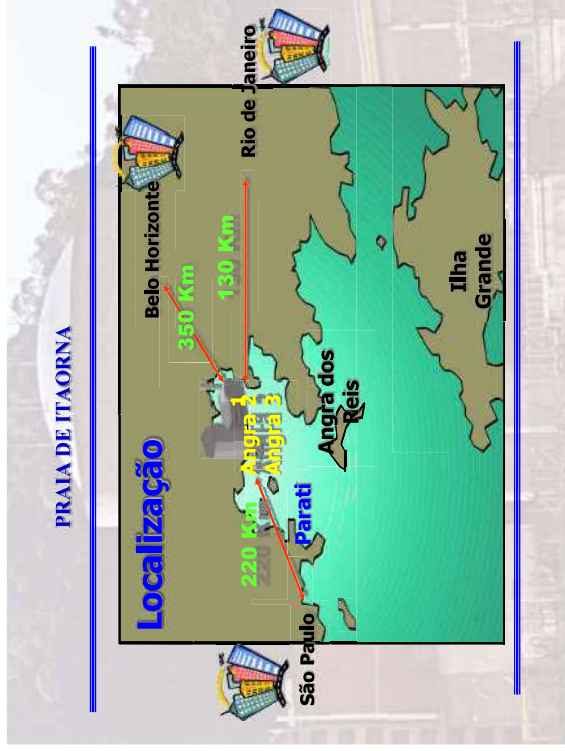


PRÉDIO DA CONTENÇÃO DE ANGRA 2

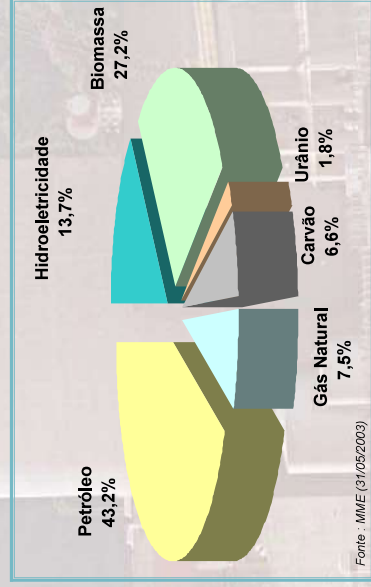


A ENERGIA NUCLEAR NO BRASIL

62



Matriz Energética Brasileira



USINAS NUCLEARES - COMPETITIVAS

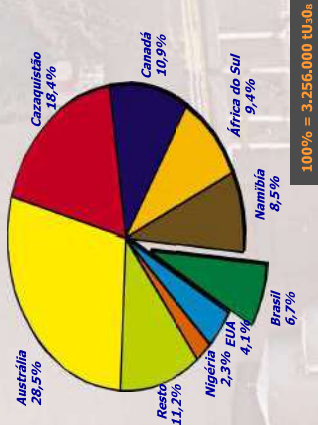
USINA	TIPO DE COMBUSTÍVEL	SUBSISTEMA	CUSTO (R\$/MWh)
CUJABA G CC	GAS	SE	6,40
ANGRA 2	NUCLEAR	SE	8,23
ANGRA 1	NUCLEAR	SE	10,50
CELPAV	GAS	SE	35,91
PARACAMBÍ	GAS	SE	35,91
TERMOCORUMBA	GAS	SE	35,91
TERMOPE	GAS	NE	40,00
ARGENTINA 1	GAS	S	46,18
ARGENTINA 2A	GAS	S	46,24
ARGENTINA 2B	GAS	S	46,24
ST. CRUZ NOVA	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 Pitanga 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

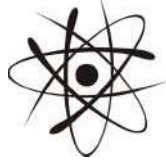
68

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





Goiânia - 1987

Setembro/1987 - Goiânia (Brasil)

- ❖ ^{137}Cs - β e γ - $T_{1/2}$: 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

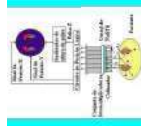


Equipamento é a fonte de radiação

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, radiosinoviotese, etc.

Alguns Tipos de Exames



Cintilografia do Miocárdio

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

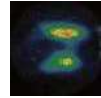


Cintilografia Renal

Dinâmica e Estática



Cintilografia Óssea



Cintilografia da Tireóide

Um Serviço de Medicina Nuclear !!!!



Como funciona?



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

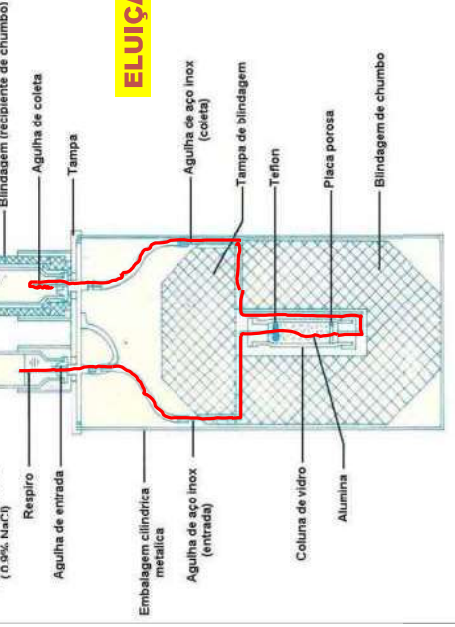
Preparação do Radiofármaco



Gerador de Tc-99m



Preparação do Radiofármaco



ELUIÇÃO

Laboratório de Manipulação



Medida da atividade eluída



Fracionamento da atividade eluída



Marcação



Rejeitos diários



Controle de qualidade

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	ACQUISIÇÃO			MEIA VIDA			REJEITO			LIBERAÇÃO		TAXA DE EXP. LIBERAÇÃO (mSv/h)	
	ATIV. RECEBIDA (Bq)	DATA	ATIV. UTILIZADA (Bq)	DATA	TPO	MASSA (kg)	VOL. (L)	ATIV./kg (µCi/kg)	Tempo de espera (dias)	Previsão	Real		
02/06	1000	05/06	1000	20	07/06	√	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

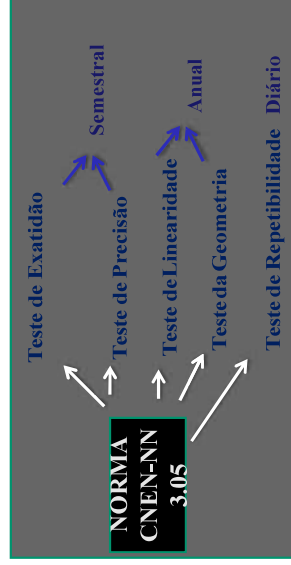


Câmara de Ionização Eletrônica Associada

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.confed.org.br/media/Energia_Nuclear_noMundo_Curta.ppt>. Acesso em: 25/05/2017
- IPEN, Acidentes Nucleares e Radiofísicos. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2009. Disponível em: <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/>. Acesso em 20/05/2017