

# BC0207

## Energia: Origem, conversão e uso

Profa. Denise Criado

E-mail: [denise.criado@ufabc.edu.br](mailto:denise.criado@ufabc.edu.br)

Sala: 614-3, Torre 3 Bloco A

### Aula 7

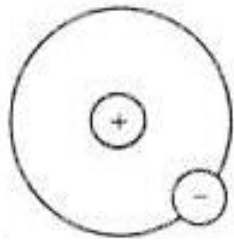
Cap. 13 – Os blocos de construção da matéria: o átomo e seu núcleo: D, E, H

Cap.14–Energia nuclear: fissão: A, B, C, D, E, F, G

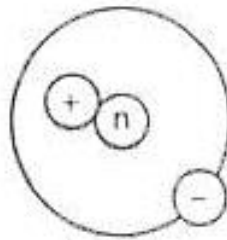
Cap.15– Efeitos e usos da radiação:A, B, C, D, E, F, Foco em 15.1, G.

# Estrutura Nuclear

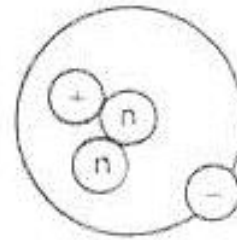
Isótopos: átomos do mesmo elemento, que não possuem a mesma massa. Isótopos possuem o mesmo número de prótons, mas diferentes números de nêutrons e, portanto, massas diferentes.



Nome: Hidrogênio  
Abundância: 99,985%  
Símbolo:  ${}^1_1\text{H}$



Deutério  
0,015%  
 ${}^2_1\text{H}$



Trítio  
instável  
 ${}^3_1\text{H}$

Subscrito Z: número de prótons no núcleo, número atômico  
Sobrescrito A: número de massa do isótopo, é a soma do número de prótons e nêutrons,  $A=Z+N$



# Radioatividade

As letras gregas  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$  são dadas aos três tipos de radiação caracterizada por sua massa, tamanho e habilidade de penetrar na matéria.

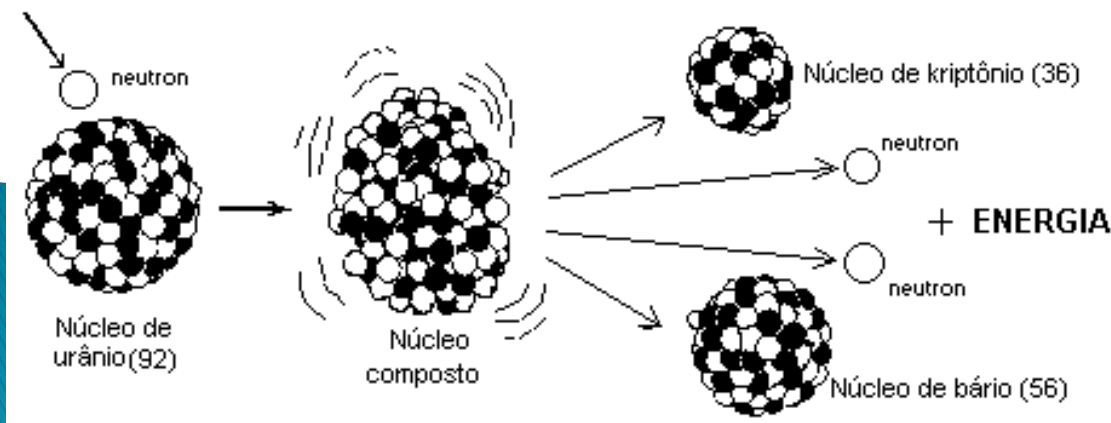
Tipos de Radiação	Alcance
Partícula $\alpha$	Uma folha de papel, alguns centímetros no ar, ou milésimos de centímetros em tecido biológico.
Partícula $\beta$	Uma placa de alumínio fina ou décimos de centímetros em tecido biológico.
Raios $\gamma$	Vários centímetros de chumbo ou metros de comprimento.

# Fissão Nuclear

Em 1939 foi descoberto que bombardeando urânio com nêutrons de baixa energia, obtinha dois produtos mais leves. A perda de massa é convertida em energia.



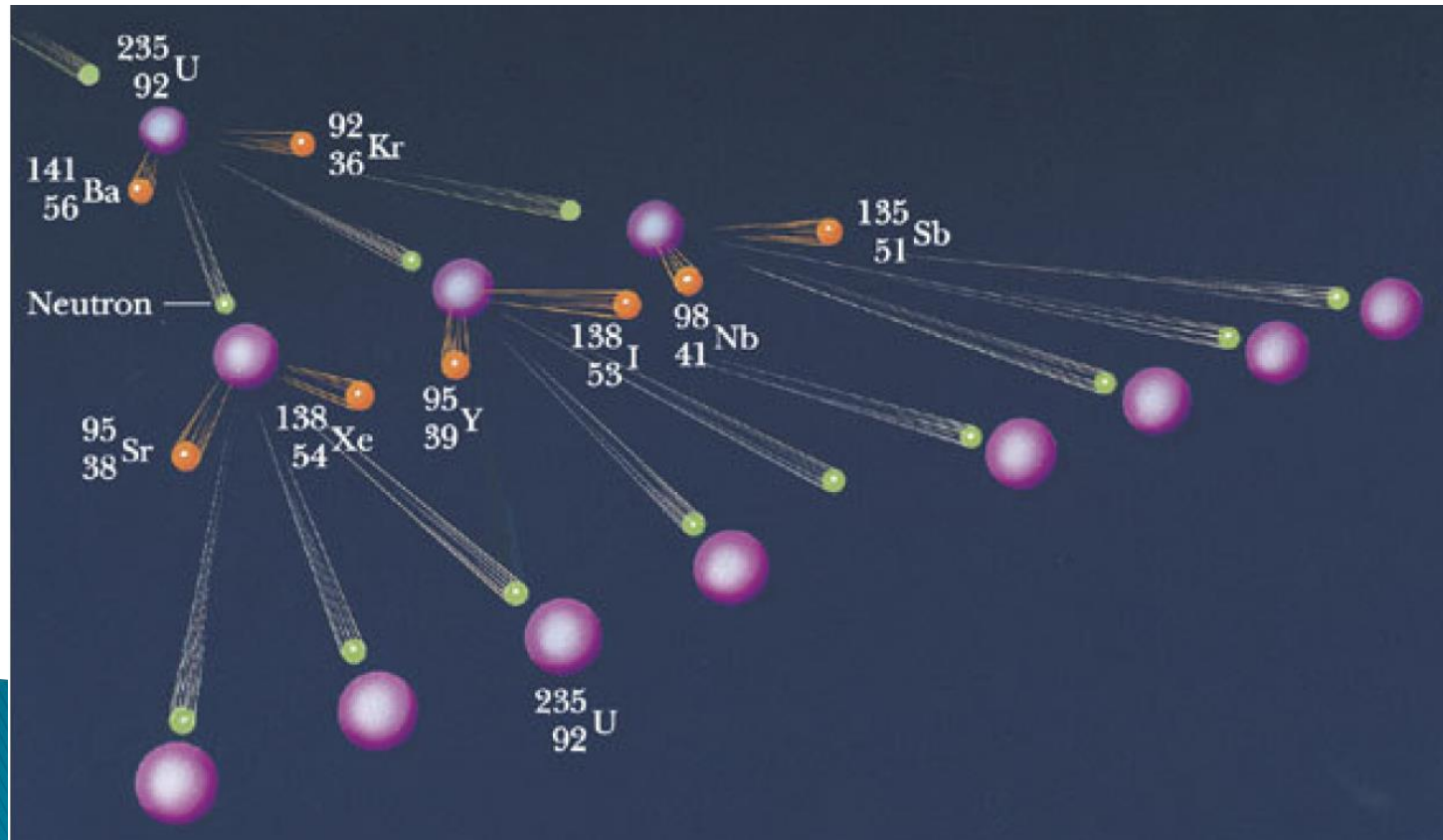
Além disso foi observado a emissão de nêutrons adicionais que podem ser usados para causar fissão de átomos vizinhos de urânio, liberando mais energia e novos nêutrons.



$$E = mc^2$$

# Fissão Nuclear

Reação em cadeia



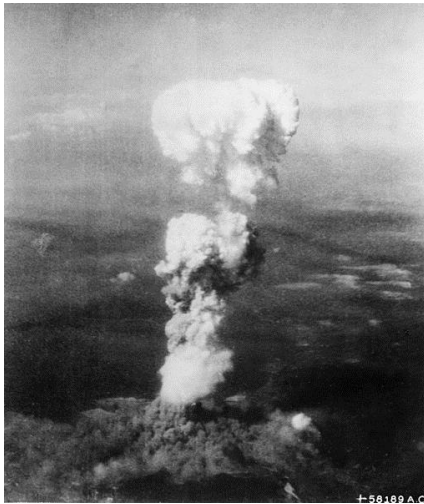
<http://www.youtube.com/watch?v=EGkRvuPpUbM>

[http://www.ifufgq.br/~marcia/FN\\_aula3.pdf](http://www.ifufgq.br/~marcia/FN_aula3.pdf)

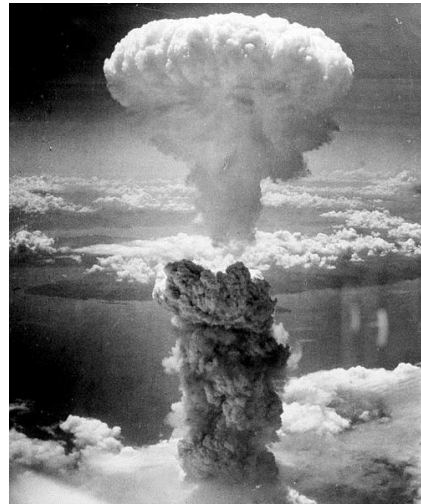


# Fissão Nuclear

Primeiro uso: bomba nuclear (atômica) em Hiroshima e Nagasaki em agosto de 1945.



Hiroshima



Nagasaki

Foi usado quase urânio-235 puro em Hiroshima e plutônio em Nagasaki. Nas usinas se utiliza tipicamente menos de 3%.

# Os piores acidentes nucleares

## Chernobyl, 26 de abril de 1986



O reator número 4 da usina soviética de Chernobyl, na Ucrânia, explodiu durante um teste de segurança, causando a maior catástrofe nuclear civil da história e deixando mais de 25 mil mortos, segundo estimativas oficiais. O acidente recebeu a classificação de nível máxima, 7. O combustível nuclear queimou durante 10 dias, jogando na atmosfera radionuclídeos de uma intensidade equivalente a mais de 200 bombas atômicas iguais à que caiu em Hiroshima. Três quartos da Europa foram contaminados.

## EUA, 28 de março de 1979



Em Three Mile Island (Pensilvânia), uma falha humana impediu o resfriamento normal de um reator, cujo centro começou a derreter. Os dejetos radioativos provocaram uma enorme contaminação no interior do recinto de confinamento, destruindo 70% do núcleo do reator. Um dia depois do acidente, um grupo de ecologistas mediu a radioatividade em volta da usina. Sua intensidade era oito vezes maior que a letal. Cerca de 140 mil pessoas foram evacuadas das proximidades do local. O acidente foi classificado no nível 5 da escala internacional de eventos nucleares (INES), que vai de 0 a 7.

## Japão, 12 de março de 2011



O terremoto de 9 pontos da Escala Richter que atingiu o Japão em 11 de março, causou estragos na usina nuclear Daiichi, em Fukushima, cerca de 250 quilômetros ao norte de Tóquio. Explosões em três dos seis reatores da usina deixaram escapar radiação em níveis que se aproximam do preocupante, segundo as autoridades japonesas. O acidente foi classificado no nível 5 da escala internacional de eventos nucleares (INES) pelas autoridades japonesas.

# Usinas nucleares nos EUA

O país que possui o maior numero de usinas. Em 2005 eram 104 usinas.

Problemas: desde 1979 (acidente) nenhuma nova usina foi encomendada.

Uma usina a gás custa 10x menos e pode ser construída muito mais rápido.



2004

Devido às limitações de espaço os símbolos não correspondem à localização exata.



# Usinas nucleares no mundo

A Europa Ocidental tem muitas instalações. A maioria interrompeu as novas construções.



Usina nuclear Angra 1 (ao fundo) e Angra 2 (à frente) no Rio de Janeiro, a energia nuclear responde por 4% da energia produzida no país.

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Central\\_nuclear](http://pt.wikipedia.org/wiki/Central_nuclear)

# Material

Uma usina usa apenas 35 toneladas de dióxido de urânio (que contem aprox. 1 tonelada de material físsil) para produzir a mesma energia que 3 mil toneladas de carvão ou 14 mil barris de petróleo.



<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ur%C3%A2nio>

35 toneladas

=



3.000 toneladas

=



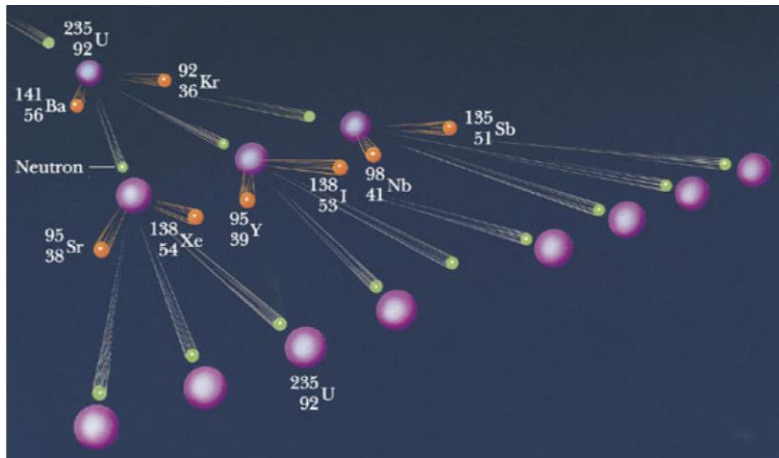
14.000 barris

[http://article.wn.com/view/2012/07/04/fraca\\_infraestrutura\\_compromete\\_escoamento\\_do\\_carv\\_o\\_de\\_moat/](http://article.wn.com/view/2012/07/04/fraca_infraestrutura_compromete_escoamento_do_carv_o_de_moat/)

<http://newscomex.wordpress.com/2008/07/29/barril-de-petroleo-opera-proximo-de-us-125-em-nova-york/>

# Reação em cadeia

<http://www.youtube.com/watch?v=EGkRvuPpUbM>



[http://www.if.ufrgs.br/~marcia/FN\\_aula3.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~marcia/FN_aula3.pdf)



Uma usina de energia nuclear. Vapor não-radioativo sai das torres de resfriamento.

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia\\_nuclear](http://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_nuclear)



# Como funciona uma Usina Nuclear

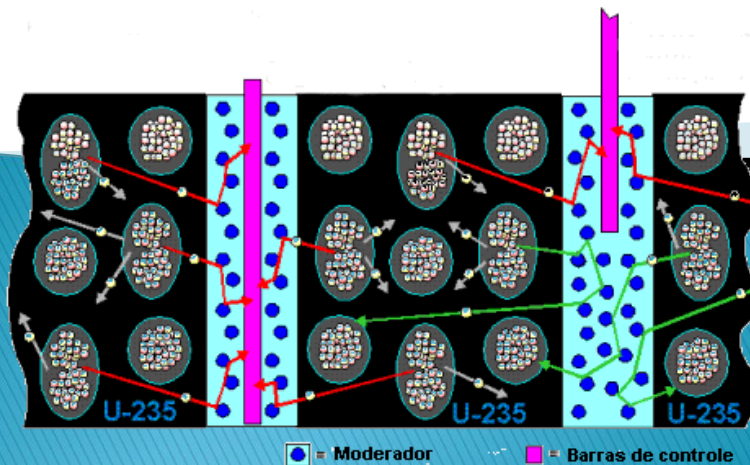
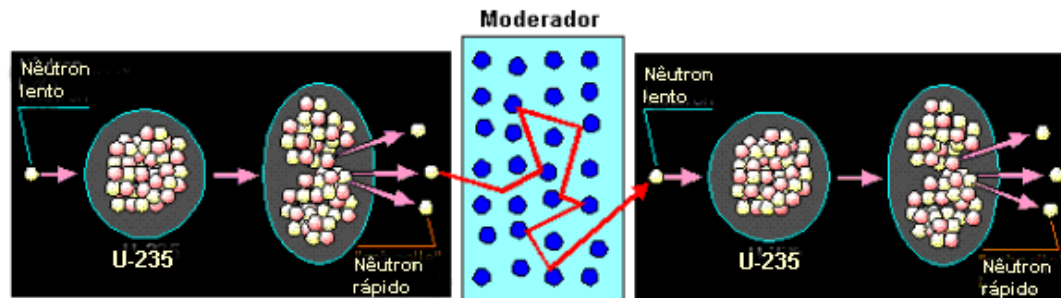
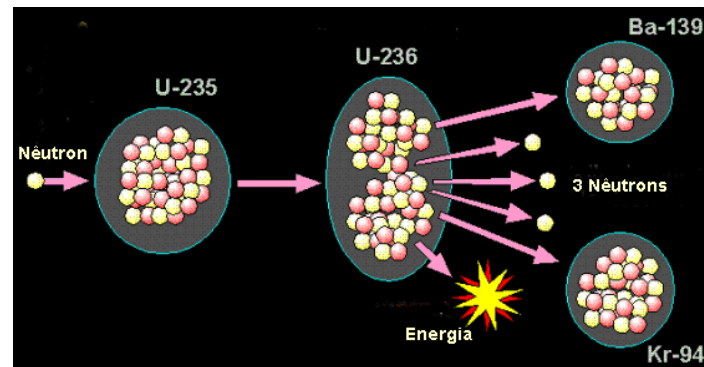
**Controle da reação:** ocorre por meio de barras de controle, geralmente feitas de cádmio e boro.

Com inserção de barras feitas com esses materiais a distancias variáveis do núcleo do reator, o numero de nêutrons livres, e, portanto, o numero de eventos de fissão, pode ser controlado de forma que apenas a quantidade desejada de energia seja liberada.

A **água** que rodeia os elementos combustíveis no reator serve a dois propósitos: **(1)** retirar a energia térmica produzida pelo processo de fissão, e **(2)** moderar (desacelerar) os nêutrons produzidos na reação de fissão.

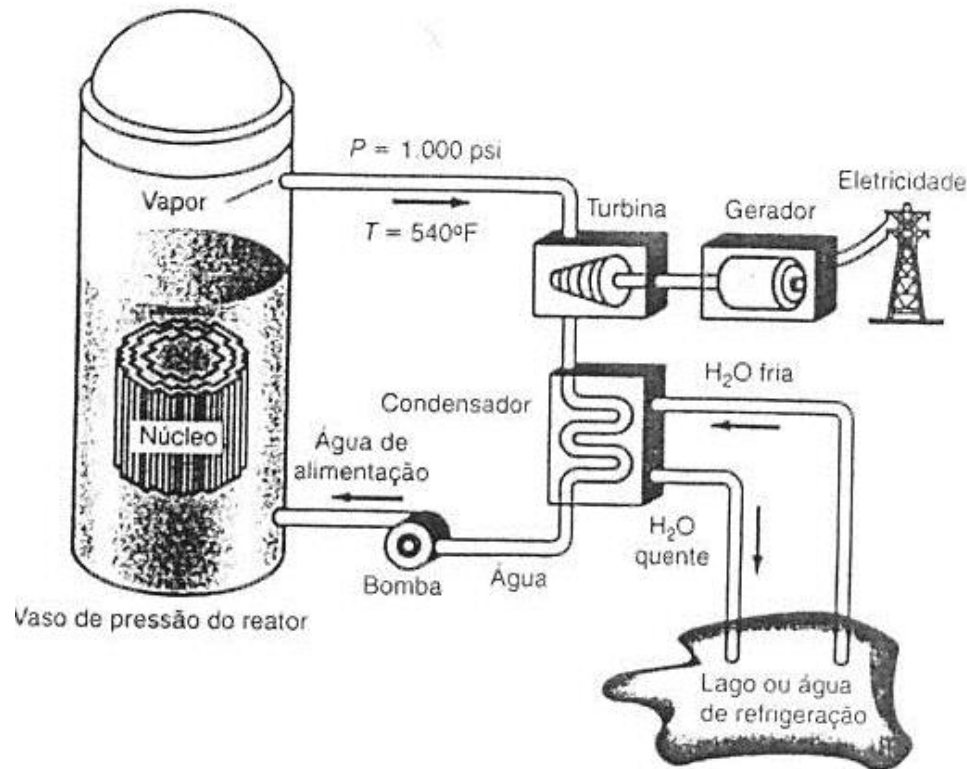


# Como funciona uma Usina Nuclear



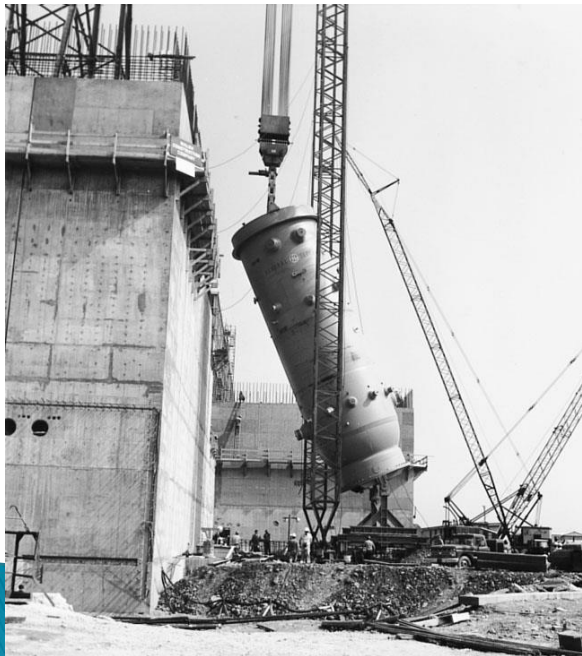
<http://www.mundofisico.joinville.udesc.br/index.php?idSecao=8&idSubSecao=&idTexto=155>

# Reator de água fervente (BWR–Boiling water reactor)



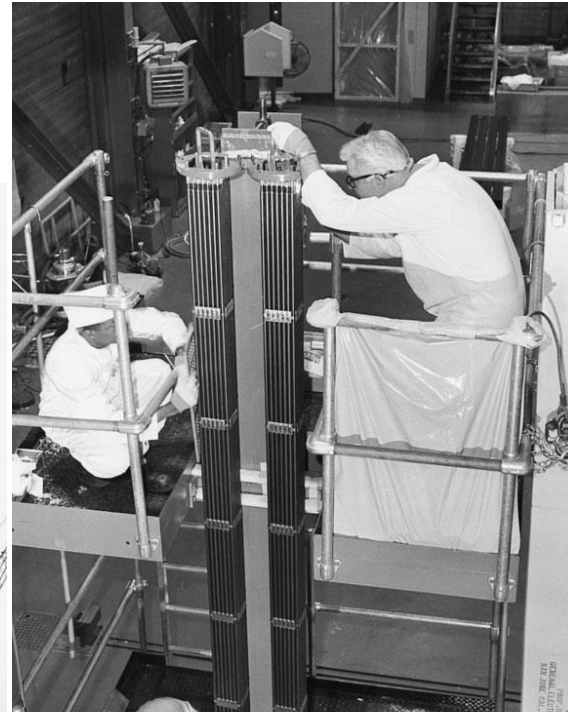
O combustível tem forma de pastilhas de dióxido de urânio, fabricadas com minério de urânio enriquecido a aproximadamente 3% de  $\text{U}^{235}$ .

# Reator de água fervente (BWR–Boiling water reactor)



© 2006 Thomson Higher Education

**FIGURA 13.7**  
Vaso de reator para um BWR. (NEW YORK POWER AUTHORITY)



© 2006 Thomson Higher Education

**FIGURA 13.8**  
Inspeção de feixes de elementos de combustível na preparação para carregar o reator. (NIAGARA MOHAWAK POWER CORPORATION)



# Reator de água fervente (BWR–Boiling water reactor)

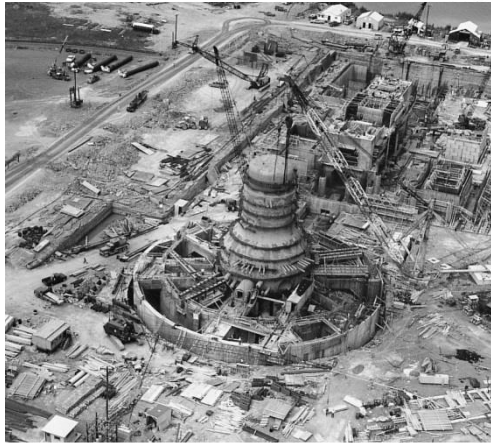


FIGURA 13.8

Construção da usina James A. FitzPatrick, mostrando a barreira primária. A barreira secundária é a estrutura circular.

(NEW YORK POWER AUTHORITY)



# Reator de água pressurizada (PWR – Pressurized water reactor)

80% das usinas no mundo são PWR ou BWR.

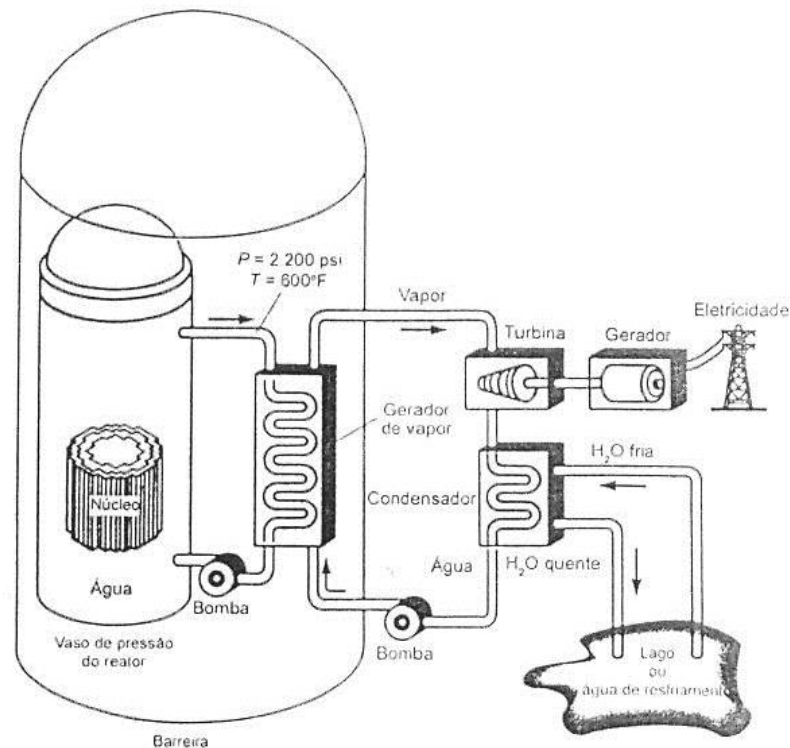
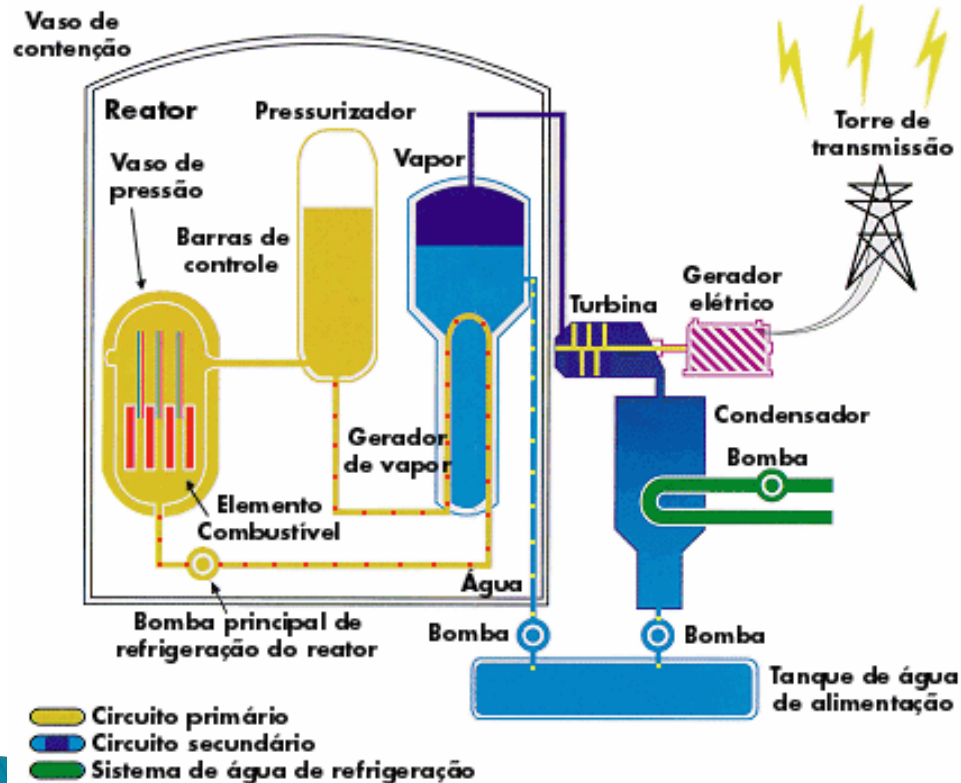


FIGURA13.10

Diagrama de blocos de um reator a água pressurizada (PWR)

# Reator de água pressurizada (PWR – Pressurized water reactor)



# Ciclo do combustível nuclear

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ur%C3%A2nio>

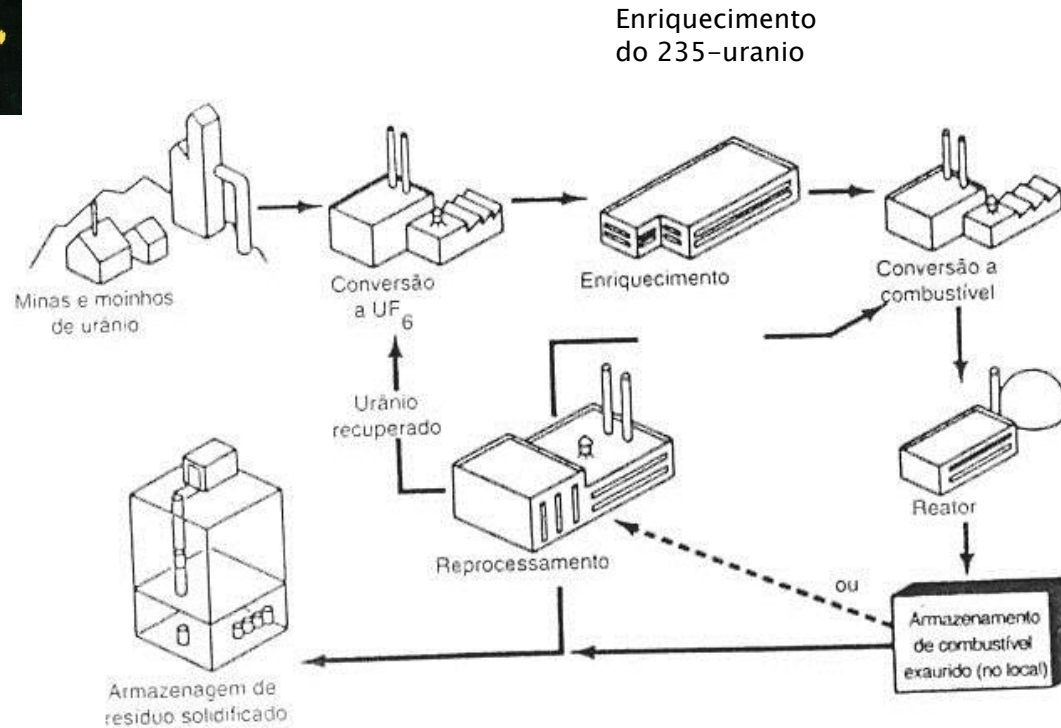


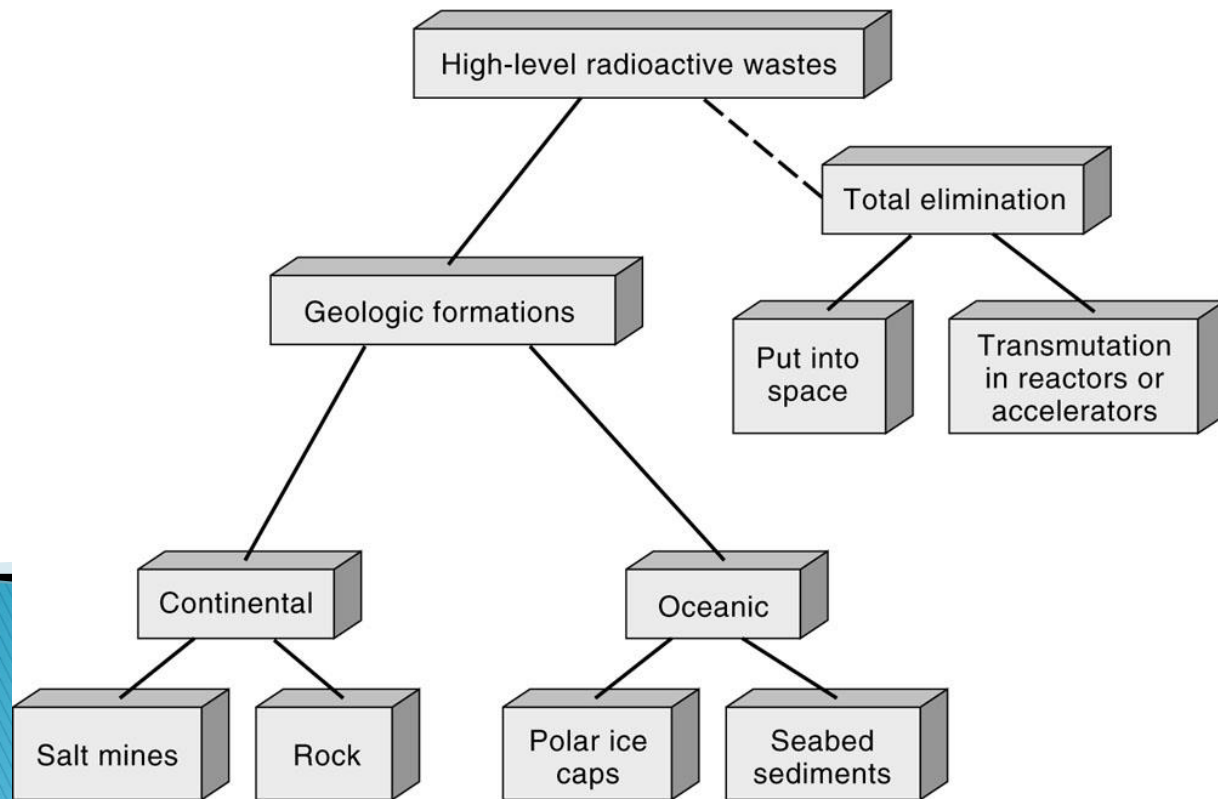
FIGURA13.11

O ciclo do combustível nuclear, da mineração até o descarte. Não há usinas comerciais de reprocessamento em operação nos Estados Unidos atualmente. Pela lei, o plutônio não pode ser reciclado para utilização como combustível de reatores a água leve.

# Resíduos radioativos

Dificuldade em armazenamento adequado do material usado na fissão.

A desativação da usina.





# Radiação ionizante

Radiações eletromagnéticas e de partículas com maior conteúdo energético podem fornecer energia necessária para quebrar uma molécula ou expulsar um elétron do átomo.

Raios gama, raios X e de partículas carregadas, como os elétrons e partículas alfa.

Tipos de Radiação	FQ
Raios gama e beta	1
Nêutrons e prótons de baixa energia	5
Partículas alfa, nêutrons de alta energia e prótons	10–20

# Radiação ionizante

TABELA 15.2 UNIDADES DE RADIAÇÃO.

Unidade	Definição
<b>Para radioatividade</b>	
curie (Ci)	$3,7 \times 10^{10}$ desintegrações nucleares/s
becquerel (Bq)	1 desintegração nuclear/s (unidade SI)
<b>Para dose absorvida</b>	
rad	100 ergs/g depositados
gray (Gy)	1 J/kg (unidade SI); 1 Gy = 100 rad
rem	rad $\times$ FQ (dose equivalente)
sievert (Sv)	1 Sv = 100 rem (dose equivalente em SI)

## Unidades:

Quantidade de ionização  
produzida no ar

Roentgen (R)

No SI:

$$1 \text{ C/Kg} = 3.876 \text{ R}$$

## Relação biológica:

Radiation absorbed dose (rad): quantidade de radiação que fornece  $10^{-7} \text{ J}$  e energia em um grama de tecido.

No SI:

$$\text{Gray (Gy): } 1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

Roentgen equivalent man (rem): efeito biológico

$$\text{Doses em rem} = \text{dose absorvida em rad} \times \text{fator de qualidade (FQ)}$$

$$\text{Sievert (Sv): } 1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

# Dose letal (DL)

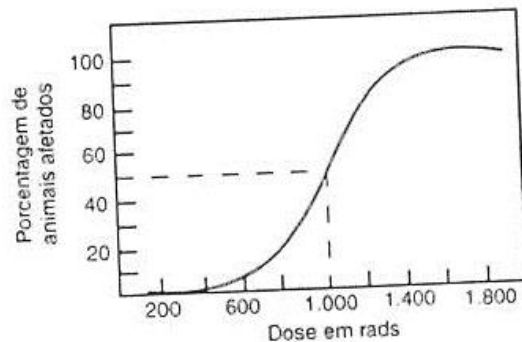


FIGURA 14.2

Curva de distribuição de dose-efeito para ratos. O ponto no qual 50% da população morre é denominado dose-letal 50 ou DL-50. Neste exemplo, seu valor é de cerca de 1.000 rads. Em semanas

Nos seres humanos o DL-50 é em torno de 300–500 rads.

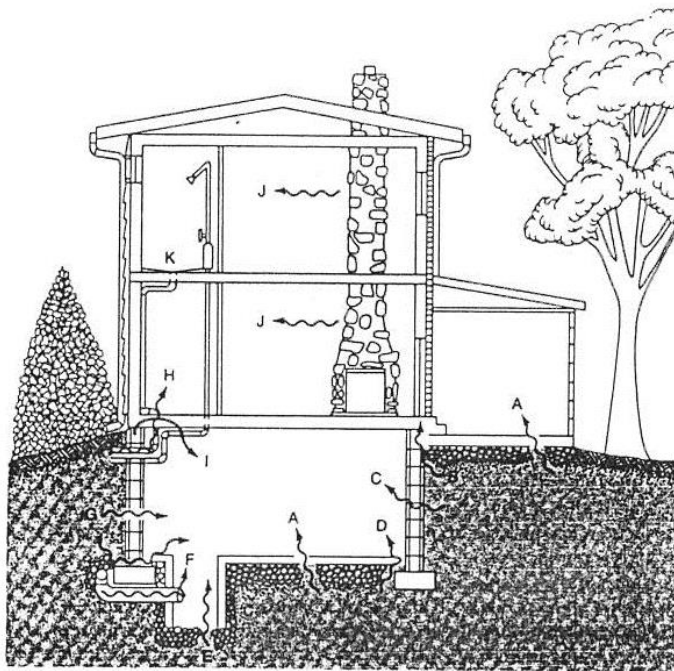
Tabela 14.3 EFEITOS DA EXPOSIÇÃO DE CORPO INTEIRO EM SERES HUMANOS

Dose (rads)	Efeito
1	Nenhuma alteração detectável
10	Detectadas alterações no sangue
100	Algumas feridas
200	Feridas e alguma incapacidade
400	50% de mortes em 30 dias
600	100% de mortes em 30 dias
2.000	50% de mortes em 4 dias



# Radiação de fundo

Pode ser dividida em 2 tipos: originada em fontes naturais e originada de equipamentos.



radônio

- A. Rachaduras nas placas de concreto
- B. Espaços entre as paredes de madeira compensada e tijolos construídas sobre fundações não revestidas e de blocos vazados
- C. Poros e rachaduras nos blocos de concreto
- D. Juntas entre piso e paredes
- E. Solo exposto, como, por exemplo, em fossas
- F. Drenos úmidos descarregando em uma fossa aberta
- G. Juntas de argamassa
- H. Encaixes frouxos de tubulações
- I. Topos abertos de paredes de blocos
- J. Materiais de construção, como, por exemplo, alguns tipos de pedra
- K. Água (de alguns poços)

FIGURA 14.7

Mapa das principais rotas de entrada do radônio. (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY.)



# Radiação de fundo

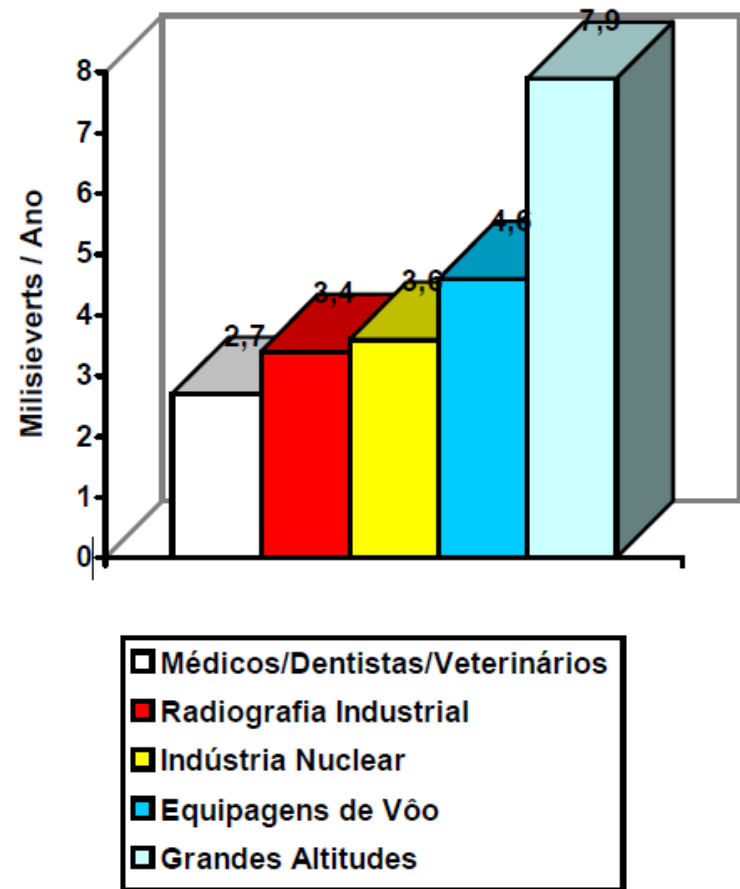
## Raio cósmico

*Quadro 1 – Taxa da Dose de Radiação Cósmica em diferentes localizações da atmosfera.*

Coordenadas Geográficas	Altitude		Taxa de Dose Efetiva ( $\mu\text{Sv}/\text{hora}$ )
	metros	pés	
0°, 20°E	0	0	0,028
	6.098	20.000	0,54
	9.146	30.000	1,6
	12.195	40.000	3,0
40°N, 20°E	0	0	0,037
	6.098	20.000	0,76
	9.146	30.000	2,3
	12.195	40.000	4,7
80°N, 20°E	0	0	0,041
	6.098	20.000	1,1
	9.146	30.000	4,1
	12.195	40.000	9,1

*Fonte: Federal Aviation Administration (FAA) (7)*

*Figura 5 – Dose Anual de Radiação entre diversos profissionais*



*Fonte: Beck, P. (2)*

# Radiação de fundo

*Quadro 3 – Outras fontes de Radiação*

Fonte	Dose
Fogões/Aquecedores a gás natural	60 a 90 $\mu\text{Sv/ano}$
Detetor caseiro de fumaça	0,08 $\mu\text{Sv/ano}$
Despertador com mostrador radioativo	70 a 90 $\mu\text{Sv/ano}$
Dormir 8h/dia próximo a outra pessoa	20 $\mu\text{Sv/ano}$
Tabagismo (30 cig./dia)	80 $\mu\text{Sv/ano}$
Radiografia de Tórax	250 $\mu\text{Sv/cada uma}$
Radiografia Dentária	250 a 350 $\mu\text{Sv/cada uma}$
Radiografia diagnóstica	390 $\mu\text{Sv/cada uma}$
Medicina Nuclear	14 $\mu\text{Sv/procedimento}$

*Fonte: INEEL, Department of Environmental Quality, Idaho, EUA.*

# Radiação de fundo

TABELA 15.4 EXPOSIÇÃO MÉDIA POR TIPO DE EXAME RADIOLÓGICO.

Tipo	Dose Total no Corpo (mrem)
Cabeça e pescoço	20
Peito	10
Abdômen e gônadas	400
Trato gastrointestinal	250
Braços e pernas	1
Raios X dental	1
Mamografia	70
Varredura de Tomografia computadorizada – cabeça	200
Varredura de Tomografia computadorizada – abdômen	1.000
Varredura de Tomografia computadorizada – todo corpo	1.200

TABELA 15.5 DOSE DE RADIAÇÃO MÉDIA ANUAL RECEBIDA POR INDIVÍDUOS NOS ESTADOS UNIDOS.\*

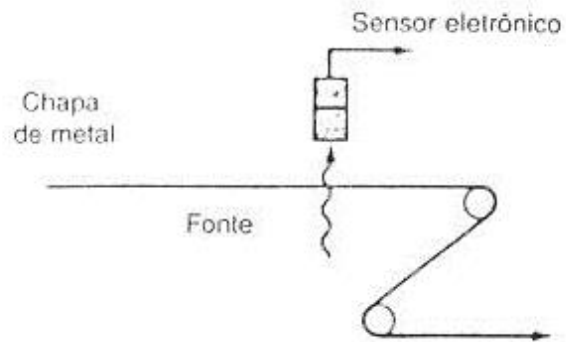
Fonte	Dose Equivalente Efetiva (mrem/ano)
<b>Fontes naturais</b>	
Inalação de derivados do radônio	200
Raios cósmicos	30
Terrestre	30
Radionuclídeos naturais internos	40
<b>Fontes artificiais</b>	
Raios X médicos/odontológicos	39
Medicina nuclear	14
Produtos de consumo	9
<b>Todas as outras fontes</b> (incluindo ocupacionais, precipitação radioativa, ciclo de combustíveis nucleares)	<3
<b>Total arredondado</b>	360

\* Fonte: Retirado de "Ionizing radiation exposure of the population of the United States". (National Council on Radiation Protection, 1987).

Exame  
radiológico



# Uso de radioisótopo na indústria



**FIGURA 14.9**

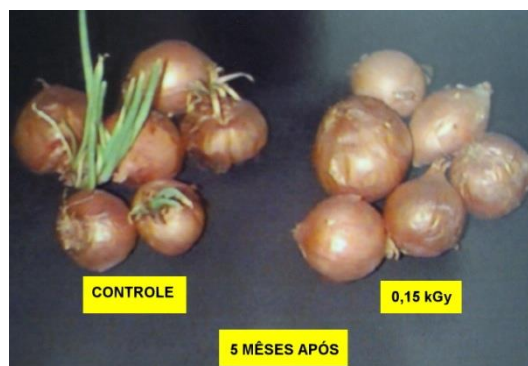
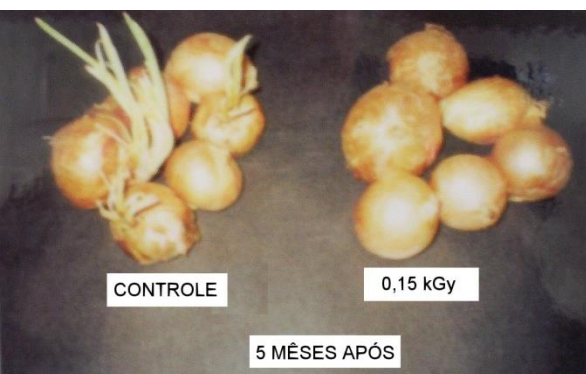
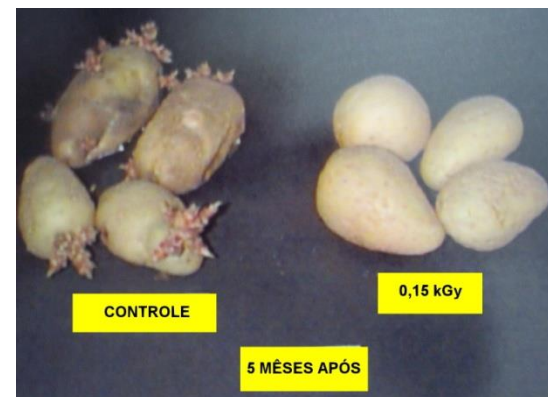
Uso de radioisótopo na indústria. Um aumento ou uma redução na intensidade dos raios  $\gamma$  transmitidos através da chapa de metal indica uma chapa mais grossa ou mais fina, respectivamente. Isto é usado para a calibragem da espessura.



# Uso de radioisótopo nos alimentos



radura



vários estudos elaborados no IPEN–Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares sobre a irradiação de frutas.

# Uso de radioisótopo nos alimentos

[illegible]

BASEADO EM INFORMAÇÕES DO GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL EM IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS (FAO/IAEA/WHO) - AGOSTO DE 1994



# Proteção contra radiação

**Distância:** a intensidade é inversamente proporcional ao quadrado da distância.

**Blindagem:** para raio-x e gama, pode ser usado o chumbo. No caso de radiação alfa, o ar. Para nêutrons, material com baixo numero atômico; o nêutron perde sua energia através de colisões com os núcleos de hidrogênio, podendo ser, por exemplo, água, parafina e concreto.

**Tempo de exposição:** o que conta é a dose acumulativa. Então, deve-se expor o mínimo de tempo possível.



# Bibliografia

Energia e Meio Ambiente, Roger A. Hinrichs, Merlin Kleinbach, Lineu Belico dos Reis, Cengage Learning.

Demais paginas citadas nos slides.

<http://www.nuctec.com.br/educacional/functionam.html>