

Indústrias que envolvem material radioactivo natural e o seu impacto na exposição à radiação ionizante dos trabalhadores e do público



100 ANOS DE ENGENHARIA DE MINAS

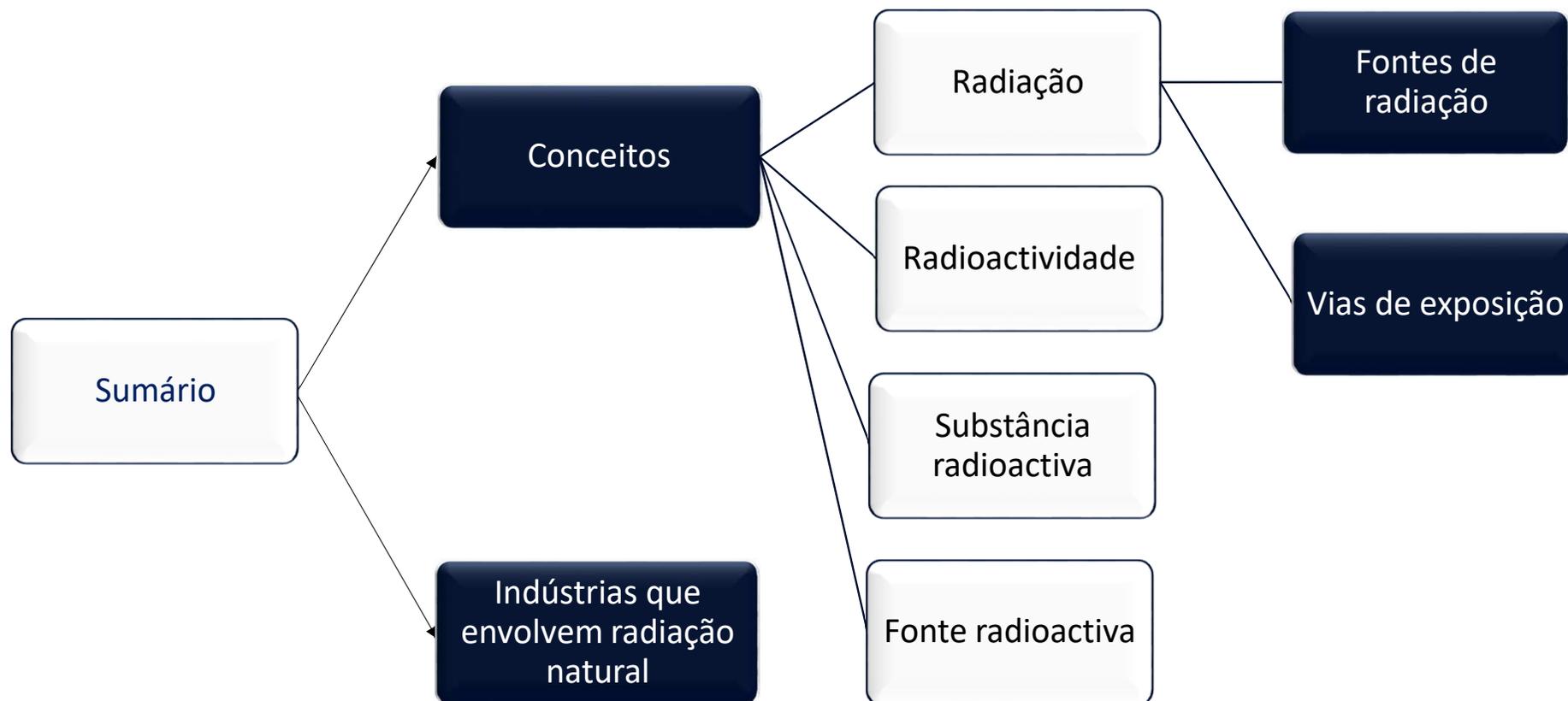
Academia Politécnica do Porto (1885/1915)
Escola de Engenharia do Porto (1915-.....)

Maria de Lurdes Dinis

Departamento de Engenharia de Minas (DEM - FEUP)

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) (www.fe.up.pt/)

Centro de Recursos Naturais e Ambiente (CERENA/FEUP) (cerena.ist.utl.pt/)



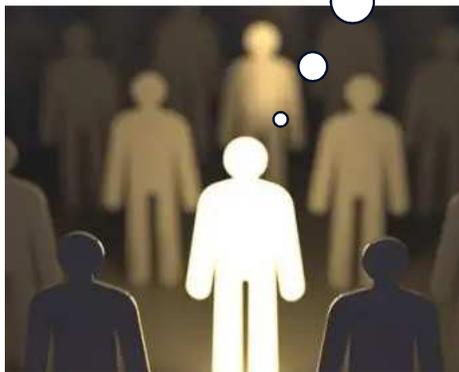
CONCEITOS BÁSICOS



RADIAÇÃO ?

Energia sob a forma de partículas ou ondas.

A exposição a radiação é sempre perigosa ?



Radiação Não-Ionizante:
Ondas de radio, microondas,
luz visível, ultravioleta e
infravermelhos.

Radiação Ionizante

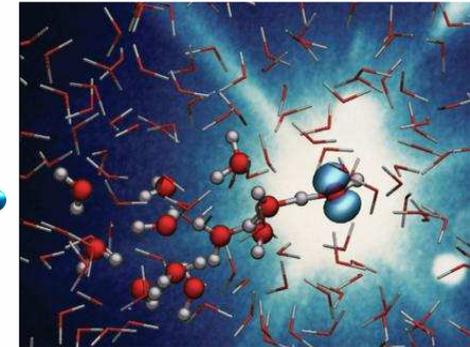
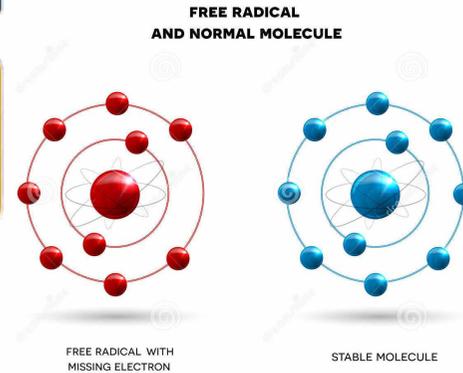
Lower Energy

Higher Energy

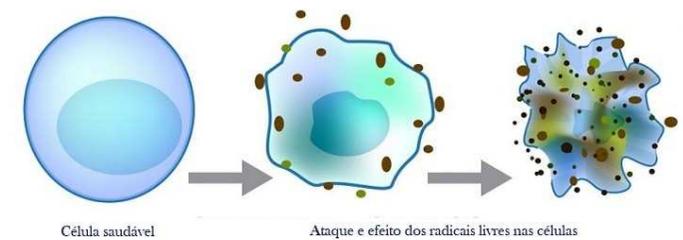
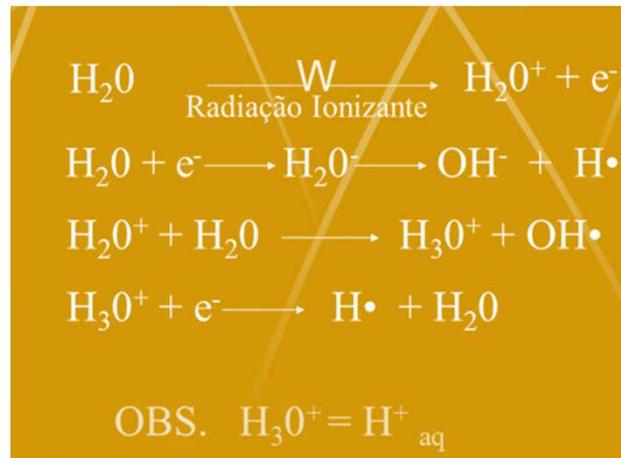
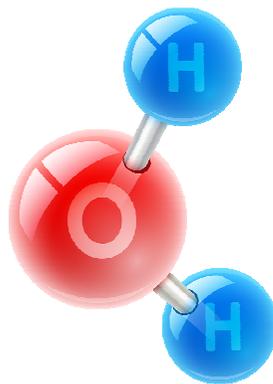
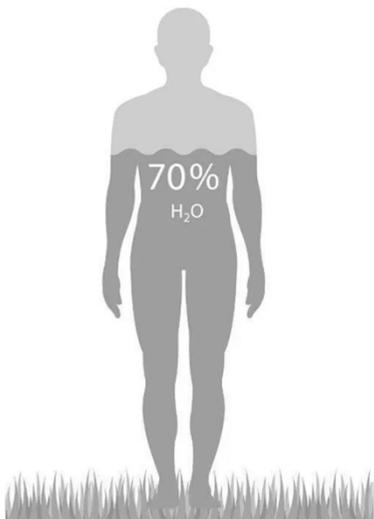
RADIAÇÃO IONIZANTE

Transferência de energia, sob a forma de partículas ou ondas eletromagnéticas, com um comprimento de onda igual ou inferior a 100 nanómetros (nm), com frequência igual ou superior a 3×10^{15} hertz (Hz), capaz de produzir iões direta ou indiretamente;

Energia suficientemente elevada para remover electrões dos átomos e moléculas de uma substância, uma vez que é superior à energia de ligação dos electrões ao núcleo – IONIZAÇÃO.

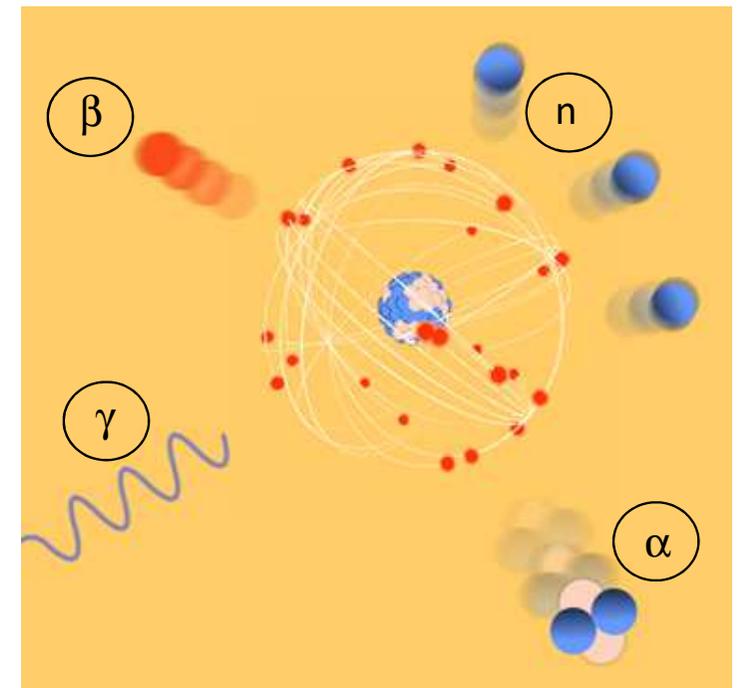
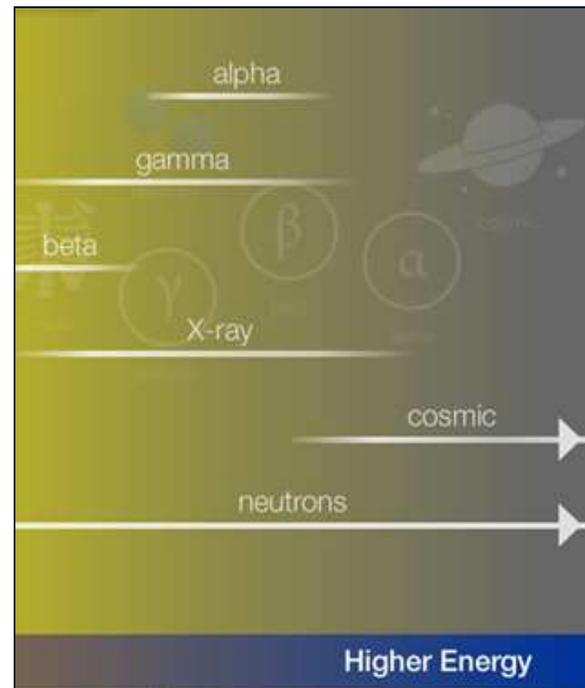


Deutsches Elektronen-Synchrotron DESY



TIPOS DE RADIAÇÃO IONIZANTE

- α (partículas com massa);
- β (partículas com massa);
- γ (ondas eletromagnéticas);
- Raios – X (ondas eletromagnéticas);
- n – neutrões (...)

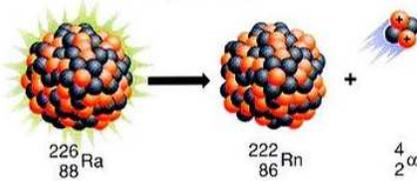
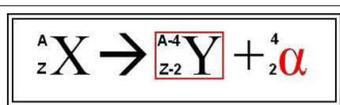
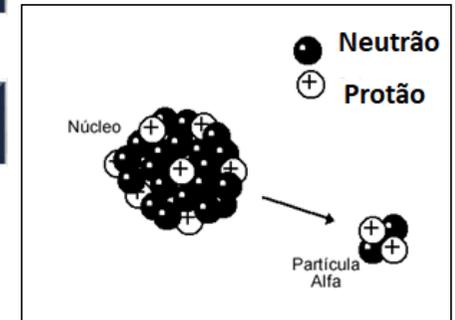
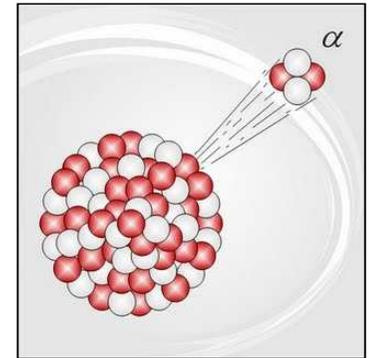


PARTÍCULAS alfa (α)

- 2 prótons e 2 neutrões libertadas pelo núcleo do átomos

- Carga eléctrica +2

- Resulta num novo element (ex. ^{222}Rn , ^{234}Th)

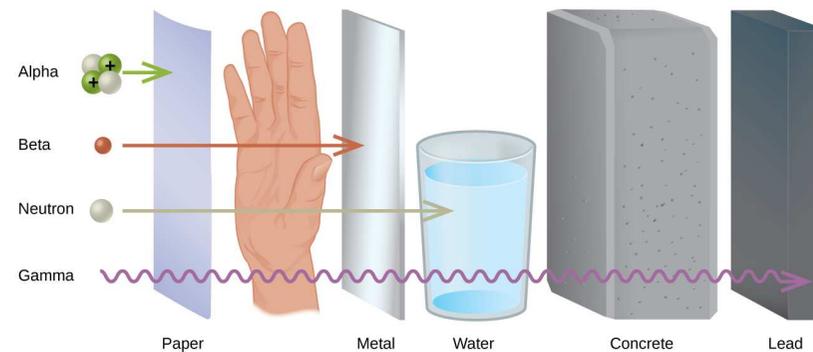


PARTÍCULAS alfa (α)

- Mais pesadas, maior carga, menos penetrantes do que radiação β e γ ;

- Alcance 1 a 2 cm no ar, bloqueada com uma folha de papel;

- Não atravessa a pele – Perigo: se entrar no organismo por inalação ou ingestão ou feridas abertas.

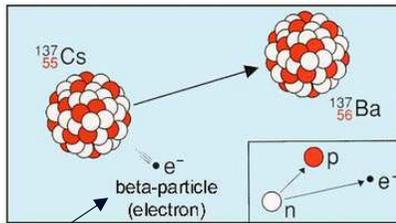


PARTÍCULAS beta (β)

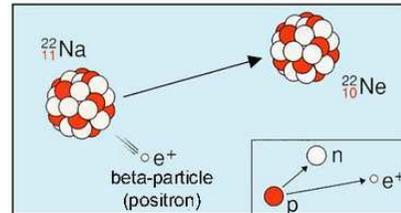
- Um núcleo instável emite espontaneamente um eletrão (e^-) ou um positrão (e^+) - carga eléctrica -1 ou +1;

- Emissão β^- : O átomo fica com um protão adicional e menos um neutrão.

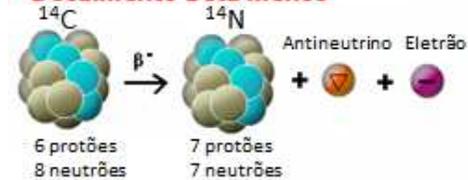
- Emissão β^+ : O átomo fica com um neutrão adicional e menos um protão.



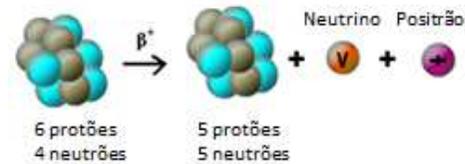
Eletrão de origem nuclear



Decaimento Beta menos

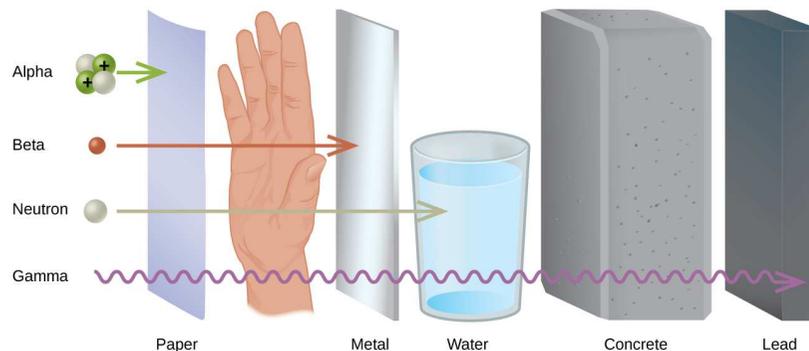


Decaimento Beta mais



PARTÍCULAS beta (β)

- Partícula de alta energia emitidos do núcleo por decaimento β ;
- Muito menores do que as partículas α mas com alcance 10 x superior;
- Penetram em média 2 a 3 mm na pele (até 8 mm);
- Bloqueadas por folha de metal pouco espessa, lâmina de vidro, ou roupas normais.



Partículas β no ambiente:
 ^{14}C (natural), ^{90}Sr (artificial).

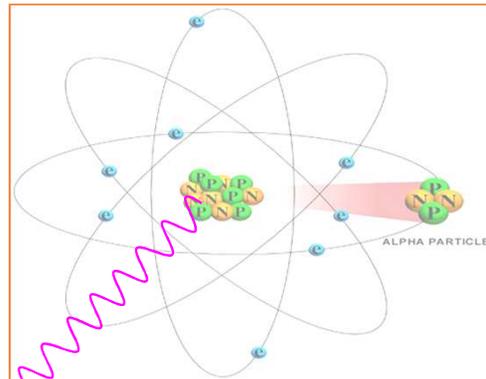
RADIAÇÃO (γ)

- Não tem carga elétrica, nem massa;

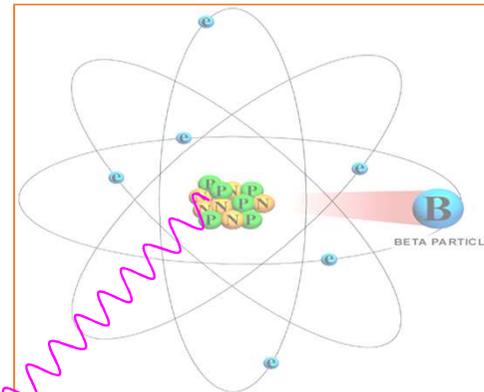
- Elevado poder de penetração (atravessam o corpo humano); longo alcance no ar;

- Geralmente sucede a uma partícula α ou β ;

- Elevada energia pode causar danos no núcleo das células.



γ -ray



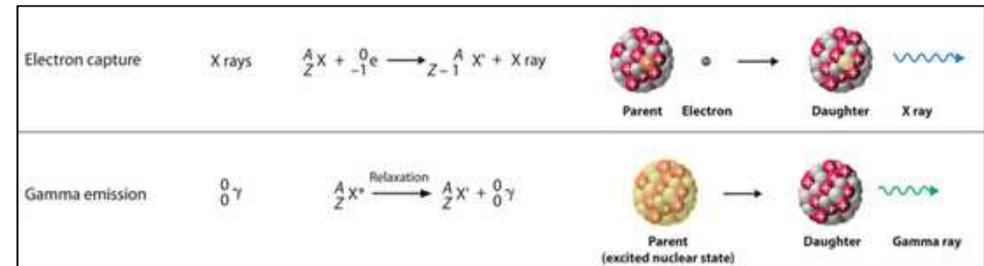
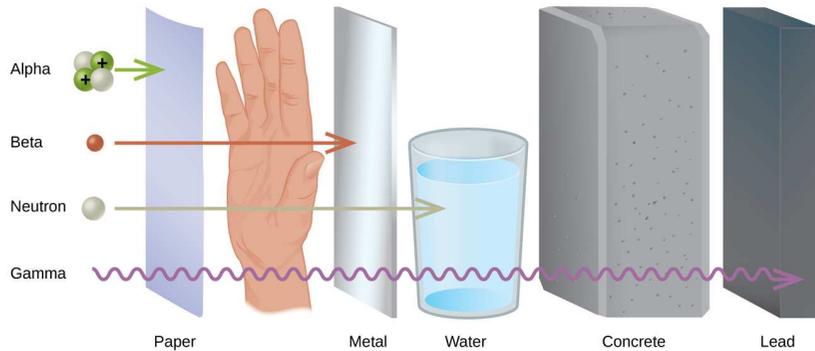
γ -ray

RADIAÇÃO (γ)

- Materiais densos (chumbo, betão) - barreiras de proteção;

- Raios γ no ambiente: ^{40}K (natural), ^{60}Co e ^{137}Cs (artificial).

- Risco de exposição externa.



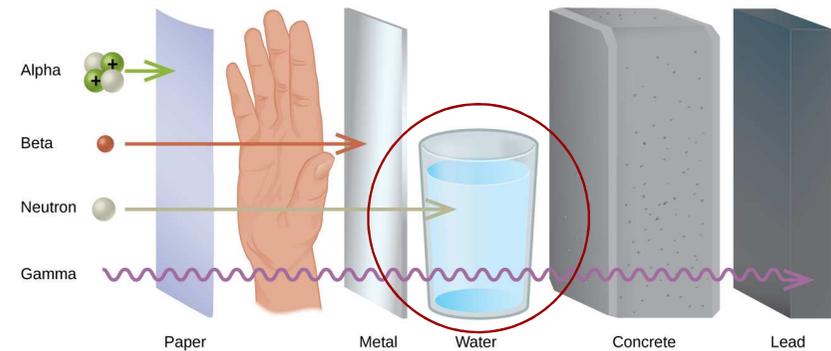
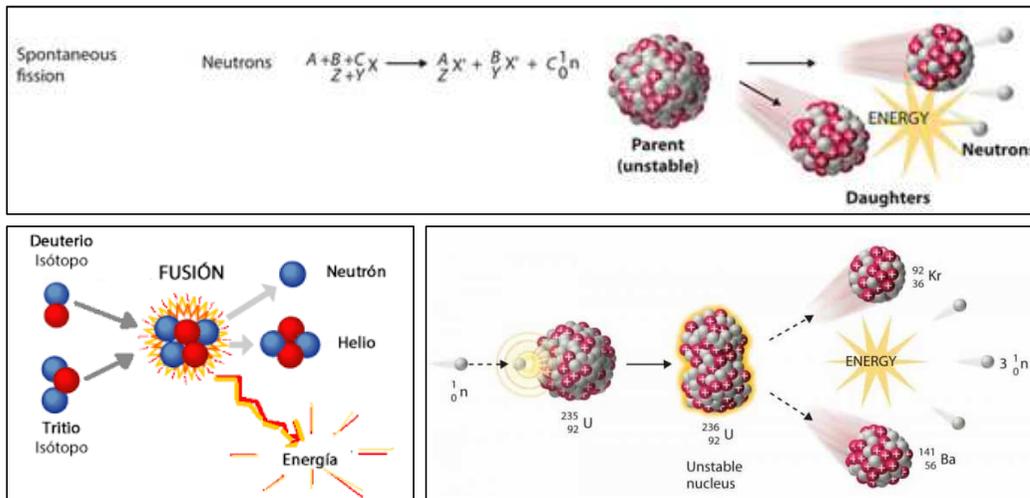
NEUTRÕES (n)

- Partículas eletricamente neutras;

- Projetadas pelo núcleo de alguns radionuclídeos e produzidas em reações nucleares (reações de fusão e fissão);

- Grande poder de penetração.

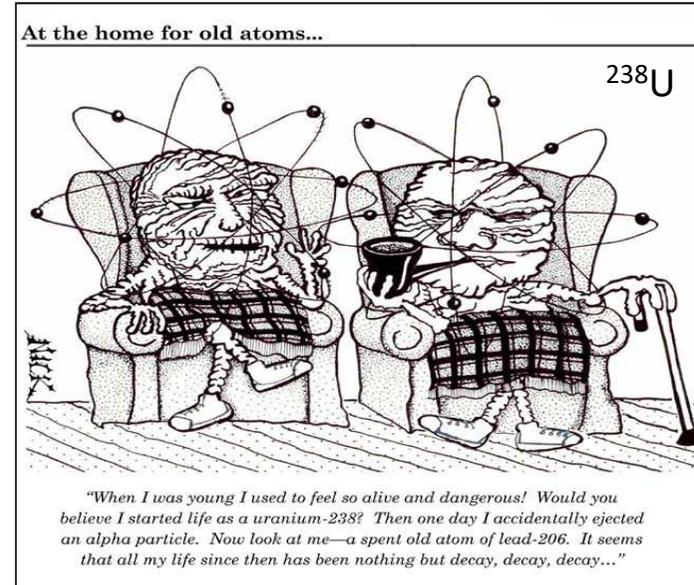
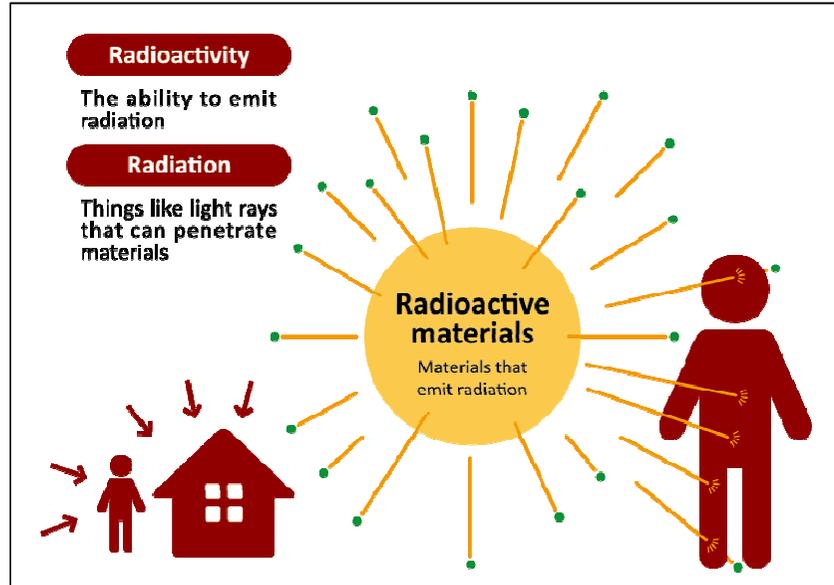
- Blindagem – material com elevado conteúdo em Hidrogénio.



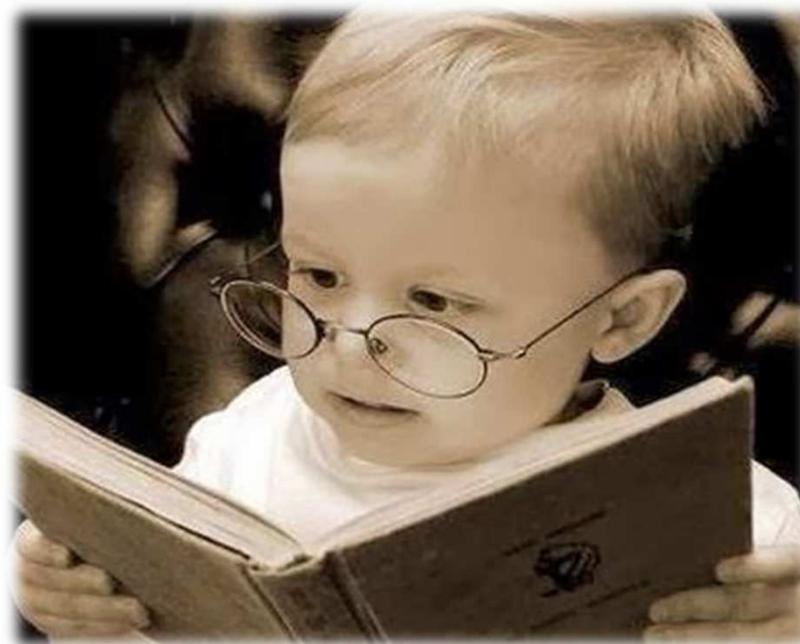
RADIOATIVIDADE

Propriedade que alguns átomos têm de cindir os seus núcleos instáveis espontaneamente, transformando-se sucessivamente em átomos de outros elementos, com libertação de radiação ionizante, até chegarem a uma forma estável.

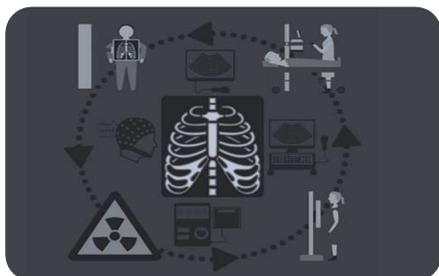
Alguns átomos atingem uma forma estável muito rapidamente enquanto outros permanecem instáveis centenas de milhares de anos.



FONTES E VIAS DE EXPOSIÇÃO À
RADIAÇÃO IONIZANTE



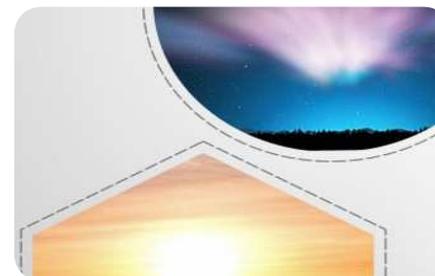
PRINCIPAIS FONTES DE EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE



Máquina/Equipamento
de Alta voltagem
(ex. raios-X);

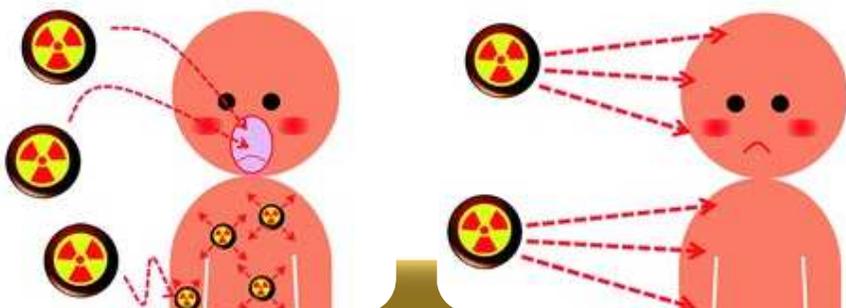


Materiais Radioactivos:
- Ocorrência natural
(*NORM-Naturally
Occurring Radioactive
Material* ^{40}K e cadeia
decaimento *U* e *Th*)
- Produzidos
artificialmente;



Radiação Cósmica:
- Origem natural,
combinação de
partículas altamente
energéticas e de ondas
(^7Be , ^3H , ^{14}C)

VIAS DE EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE



Exposição Interna

Material radioactivo entra no organismo:
Inalação, Ingestão ou
Contacto Dérmico.

Exposição Externa

Fonte de radiação se encontra fora do corpo.

- Expostos à radiação ionizante no dia-a-dia.
- Adicionalmente, e em muitos casos:
 - Decorrer das atividades profissionais (exposição ocupacional);
 - Decorrer de procedimentos médicos: exames de diagnóstico e tratamento (exposição médica).

**INDUSTRIAS QUE ENVOLVEM MATERIAL
RADIOACTIVO NATURAL**

WASTES FROM
GEOTHERMAL ENERGY
PRODUCTION

UNDERGROUND
ACTIVITIES

METAL EXTRACTION AND PROCESSING

WATER
PURIFICATION AND
PROCESSING

OIL AND GAS
EXTRACTION,
TRANSPORT,
PROCESSING

**NORM
INDUSTRIES**

PHOSPHATE INDUSTRY



Indústrias que envolvem material radioactivo natural e que podem exigir avaliação e controlo

1. Mining and processing of uranium ore;
2. Extraction of rare earth elements;
3. Production and use of thorium and its compounds; **METAL EXTRACTION AND PROCESSING**
4. Production of niobium and ferroniobium;
5. Mining of ores other than uranium ore;
6. Production on oil and gas; **OIL AND GAS EXTRACTION**
7. The zircon and zirconia industries;
8. Manufacture of titanium dioxide pigment;
9. The phosphate industry; **PHOSPHATE INDUSTRY**
10. Production of tin, copper, aluminium, zinc, lead, iron steel;
11. Combustion of coal;
12. Water treatment; **WATER PURIFICATION AND PROCESSING**

Higher concern



Oil and gas production



Bauxite and aluminium industry



Phosphate industry



Metal mining and processing



Coal mining and processing



Iron and Steel Production



Rare Earths and Mineral Sands



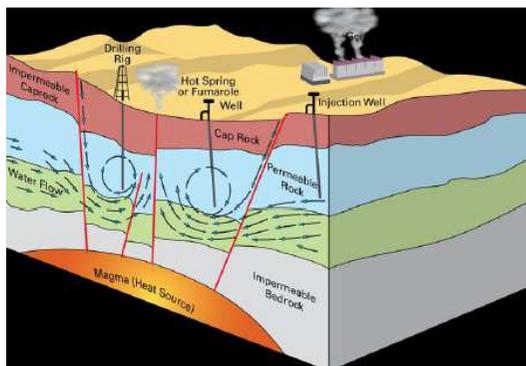
Underground Activities



Water Treatment



Wastes from Geothermal Energy Production



Building Industry



- Cada indústria tem características únicas (volume, estado de agregação, etc.) que vão condicionar o tipo de exposição, a forma e magnitude.

Outros locais/indústrias que envolvem material radioactivo natural e que podem exigir avaliação e controlo

- Spas,
- Paper and Pulp;
- Ceramics;
- Paints and pigments;
- Metal foundries;
- Optics;
- Refractory and abrasive sands;
- Electronics;
- Slag wool (insulation).



Sistemas de Tratamento de Água

- Podem conter concentrações de NORM, uma vez que estes elementos radioactivos de origem natural podem estar presentes quer na água subterrânea quer na água superficial.
- A remoção de impurezas concentra estes elementos nos diferentes fluxos de resíduos.



- Fluxos de resíduos:

- Filtros/equipamento
- Carvão activado
- Areias



- Lamas

- Resinas de permuta iónica
- Resinas selectivas (Ra)



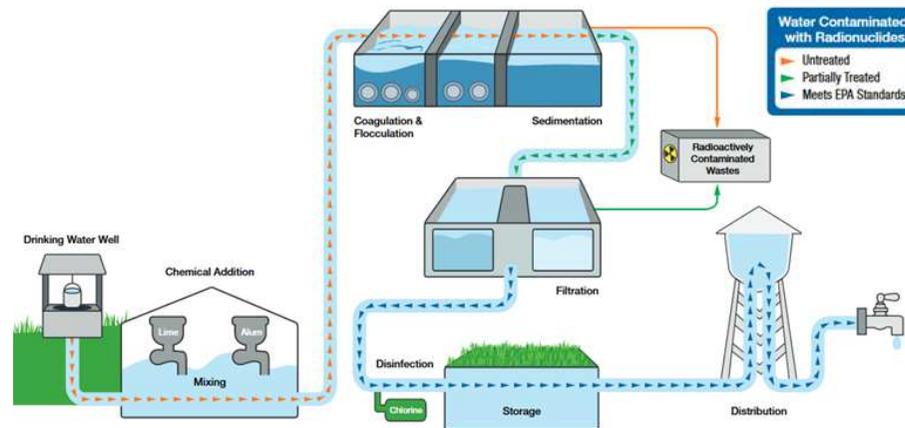
- Sólidos

Conteúdo de radionuclídeos é altamente variável consoante as características da água e os processos usados no tratamento.

EXPOSIÇÃO – DECORRENTES DAS OPERAÇÕES DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA

MATERIAIS/EQUIPAMENTO	OPERAÇÕES
<ul style="list-style-type: none">• Resíduos resultantes da lavagem de filtros e lamas (e locais onde estes se acumulam ou são armazenados);• Filtros, estações de bombagem e tanques de armazenamento com incrustações e lamas;• Tanques de floculação e sedimentação com lamas.	<ul style="list-style-type: none">• Operações manutenção de bombas ou tubagens com incrustações;• Movimentação ou transporte de resíduos e filtros para eliminação;• Locais de processamento/manuseio dos resíduos no interior e no exterior das instalações (transporte para os locais de deposição).

Concentração da Atividade		0.1 - 14 Bq/g ²²⁶ Ra
EXPOSIÇÃO (MAGNITUDE) Quantidade de resíduos/subprodutos, atividade, tempo de exposição durante as operações de limpeza e manutenção, e distância dos trabalhadores às fontes de radiação γ	OCUPACIONAL	EXTERNA – Radiação γ (sistemas de filtração, gestão de resíduos e filtros)
		INTERNA – Inalação (poeiras, gotículas e radão), Ingestão (poeiras, gotículas)
	AMBIENTAL	Controlo dos resíduos que necessitem de deposição, re-utilização/reciclagem
		Podem ser necessárias medidas adicionais para prevenir a acumulação de radão nas instalações de tratamento de água subterrâneas.



EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL

- Ventilar os locais de armazenamento de resíduos
- Locais de tratamento e armazenamento (afastados de áreas comuns)
- Avaliação/monitorização dos níveis de radiação no ar nos locais de tratamento e armazenamento de resíduos
- Avaliação/monitorização da exposição ocupacional (níveis de radiação e radão)

Obrigada!



감사해요

谢谢

ありがとう

Maria de Lurdes Dinis
mldinis@fe.up.pt
Telef. 22 041 3175