

apa

agência portuguesa
do **ambiente**

EFEITOS DA EXPOSIÇÃO AO RADÃO NA SAÚDE

CATARINA ANTUNES

Divisão de Planeamento e Proteção Ambiental | DEPR

ana.antunes@apambiente.pt



**REPÚBLICA
PORTUGUESA**

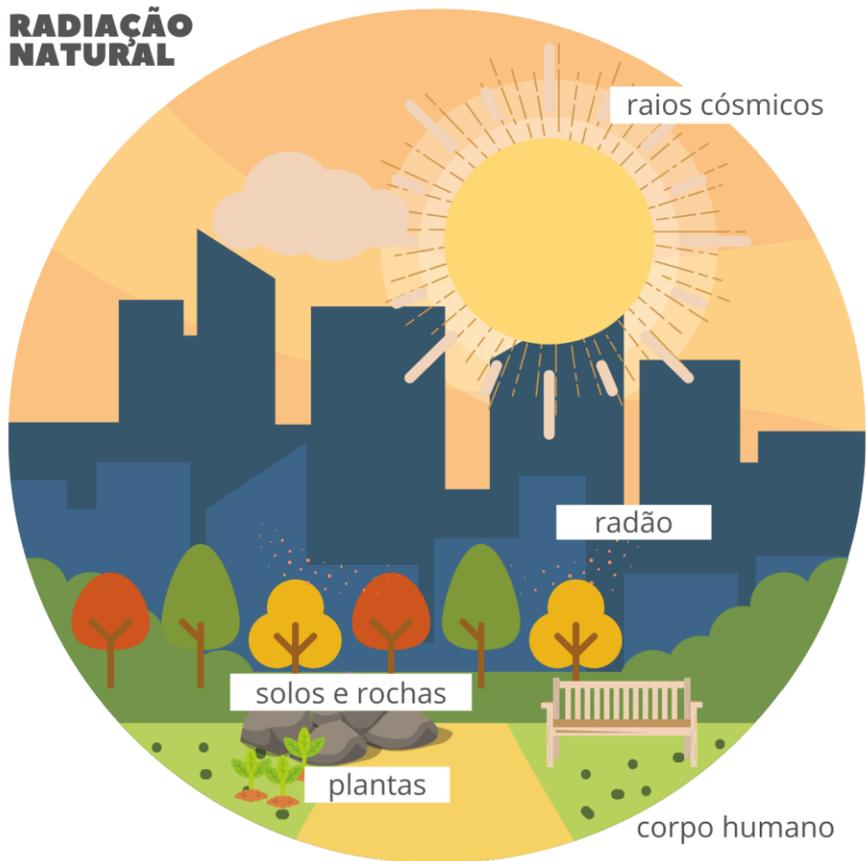
AMBIENTE E
AÇÃO CLIMÁTICA



Radão

Radiação natural e radiação artificial

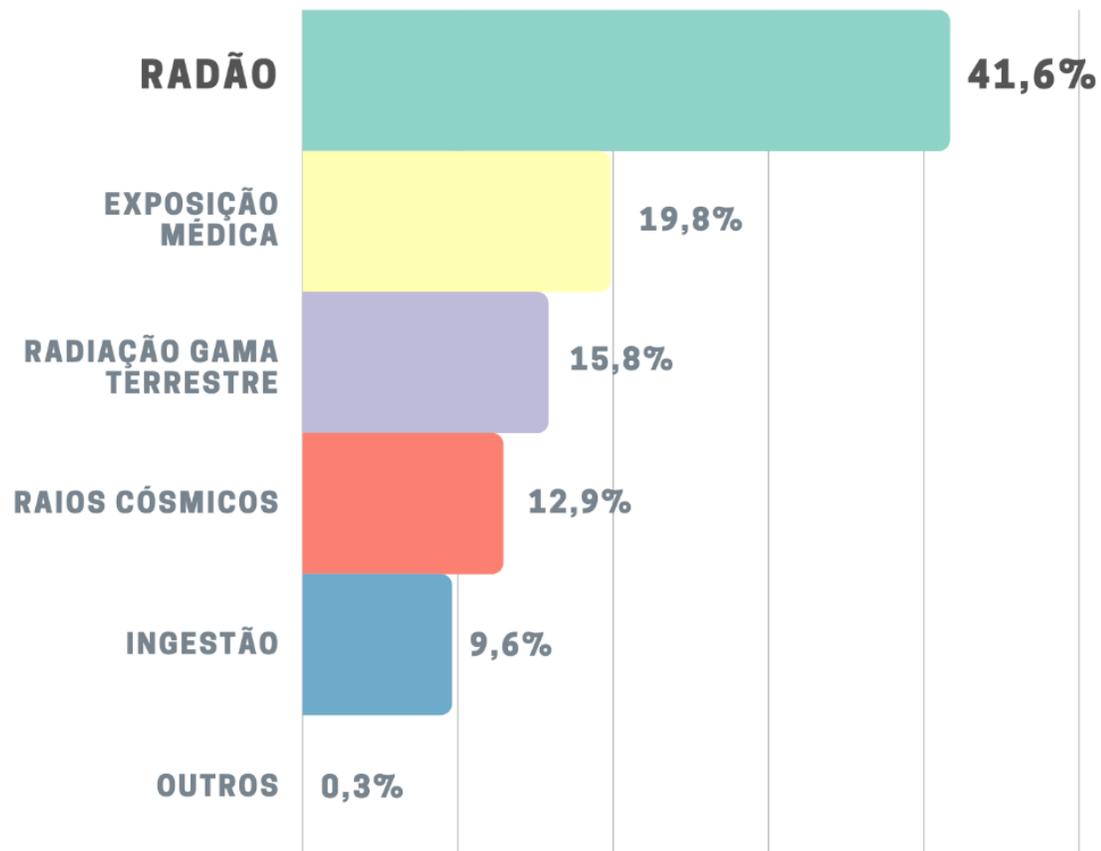
RADIAÇÃO NATURAL



RADIAÇÃO ARTIFICIAL



Exposição ao radão



- **Maior fonte de exposição** à radiação ionizante da população
- Contribui em **mais de 40%** para a **dose** efetiva

*Percentagem da dose anual recebida pela população mundial.
adaptado Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report, Vol. I*



Efeitos na saúde

O radão está classificado como **agente carcinogénico** do Grupo 1
IARC, 1988

Exposição ao radão no interior das habitações aumenta o **risco de cancro do pulmão** na população



Segunda causa de **cancro do pulmão** em fumadores.

Primeira causa de **cancro do pulmão** em não-fumadores.



Risco de cancro do pulmão aumenta com a exposição

3 a 14% dos **cancros do pulmão** a nível mundial são resultantes da **exposição ao radão**.

Outras doenças (pouca evidência):

- *Fibrose pulmonar*
- *Enfisema*
- *Leucemia*
- *Cancro de estômago*



Efeitos na saúde

RISCO: 20% mais elevado

concentrações de radão entre **100 e 200 Bq/m³**
quando comparado com medições abaixo de 100 Bq/m³

Estudo epidemiológico na Europa

RISCO DE CANCRO DO PULMÃO

Por cada **100 Bq/m³** de aumento na concentração de radão:

GERAL:

risco **umenta 16%**.

GÉNERO:

Homens – risco **umenta 11 %**

Mulheres – risco **umenta 3%**

IDADE:

<55 anos – risco **<0**

55-64 anos – risco **umenta 14%**

>64 anos – risco **umenta 7%**



Efeitos na saúde

Estudo epidemiológico na Europa

RISCO DE MORTE POR CANCRO DO PULMÃO

NÃO-FUMADORES:

0 Bq/m³ – risco **4/1000**

100 Bq/m³ – risco **5/1000**

800 Bq/m³ – risco **10/1000**

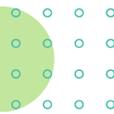
FUMADORES:

0 Bq/m³ – risco **100/1000**

100 Bq/m³ – risco **120/1000**

800 Bq/m³ – risco **220/1000**





Efeitos na saúde

Estudo epidemiológico na Europa

RISCO E MORTALIDADE: ALGUNS DADOS

ALEMANHA:

6% casos de cancro pulmão
são devidos ao radão
~1800 mortes/ano

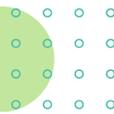
REINO UNIDO:

3% casos de cancro pulmão
são devidos ao radão
~1000 mortes/ano

FRANÇA:

5% casos de cancro pulmão
são devidos ao radão
~1200 mortes/ano





Efeitos na saúde

Níveis de referência

NÍVEL DE REFERÊNCIA
RECOMENDADO PELA OMS

100 Bq/m³

NÍVEL DE REFERÊNCIA
ADOTADO EM PORTUGAL

300 Bq/m³



Efeitos na saúde

Radão | raios-x ao tórax | tabaco, como comparar?

NÍVEL DE REFERÊNCIA
RECOMENDADO PELA OMS

100 Bq/m³

equivale

135 raios-x/ano

5 cigarros/dia

NÍVEL DE REFERÊNCIA
ADOTADO EM PORTUGAL

300 Bq/m³

equivale

400 raios-x/ano

16 cigarros/dia

Cancro do pulmão causado pela exposição ao radão

É possível associar à exposição ao radão?

TIPOS DE CANCRO MAIS FREQUENTES:

Carcinoma de células pequenas

Adenocarcinoma

(Embora as outras tipologias também possam estar presentes)

MUTAÇÕES FREQUENTES:

EGFR e ALK

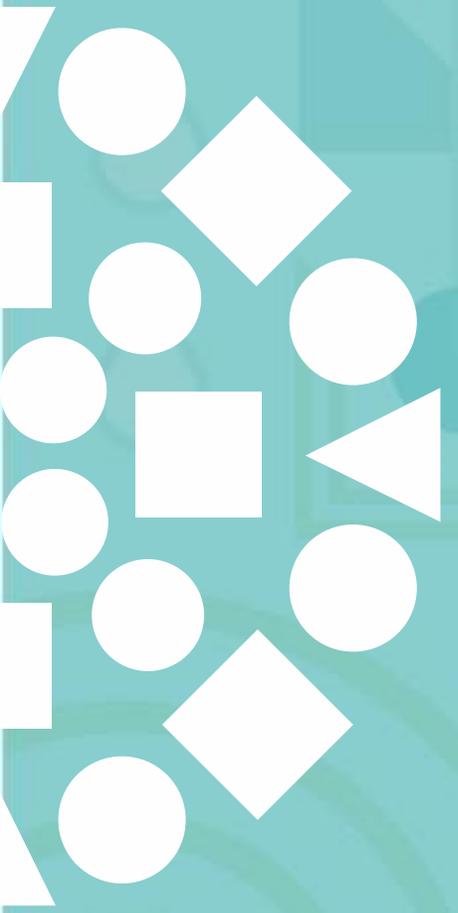
(não-fumadores)

OUTROS BIOMARCADORES:

Desregulação massiva de microRNA

(em casos de cancro do pulmão induzidos pelo tabaco e por carcinogénicos ambientais)



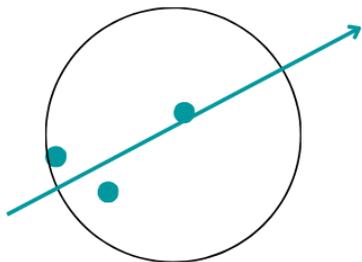


Efeitos biológicos

Efeitos biológicos

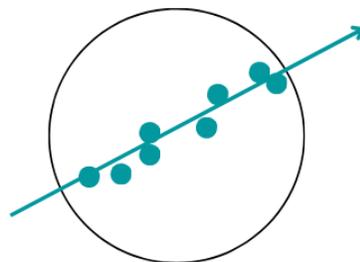
baixo LET

raios-x, raios gama e partículas beta



alto LET

partículas alfa e neutrões



LET:

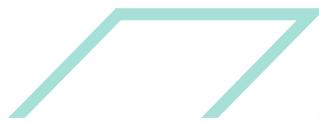
(*transferência linear de energia*)

quantidade de energia depositada na matéria;
Indicado para qualificar os diferentes tipos de radiação e qual a sua importância do ponto de vista biológico.

RBE:

(*Relative Biological Effectiveness = eficácia biológica relativa*)

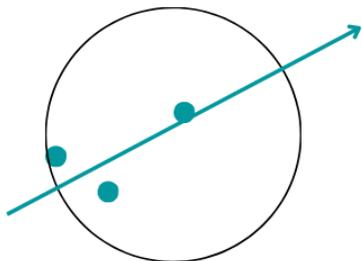
eficácia dos diferentes tipos de radiação em induzir um determinado resultado biológico.



Efeitos biológicos

baixo LET

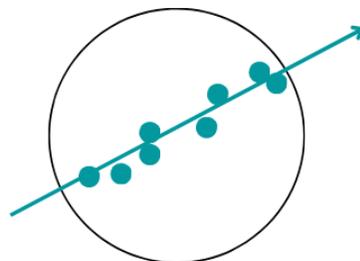
raios-x, raios gama e partículas beta



MENOR EFEITO BIOLÓGICO

alto LET

partículas alfa e neutrões



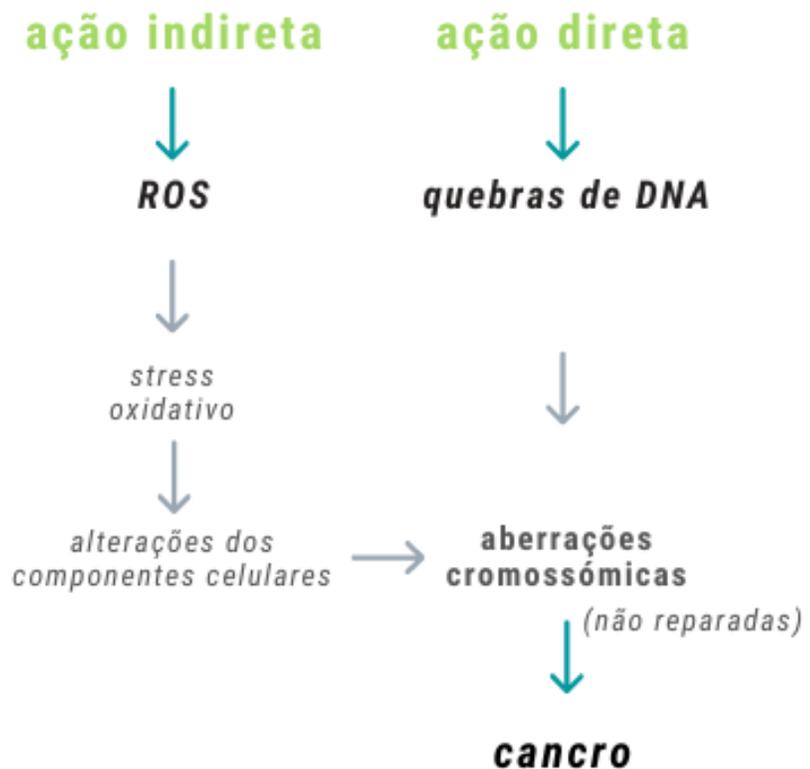
MAIOR EFEITO BIOLÓGICO

- Pouca capacidade de penetração
- Maior transferência de energia para o alvo

RESULTA EM LESÕES NÃO REPARÁVEIS



Efeitos celulares da radiação ionizante



AÇÃO DIRETA:

- Interage diretamente com a molécula de DNA
- Predominante para radiação de alto LET

AÇÃO INDIRETA:

- Interação com as moléculas da água
- Produção de ROS
- Predominante para radiação de baixo LET



Efeitos celulares da radiação ionizante

Ação Direta:

baixo LET
*raios-x, raios gama e
partículas beta*



p.ex. danos em bases,
quebras simples de DNA

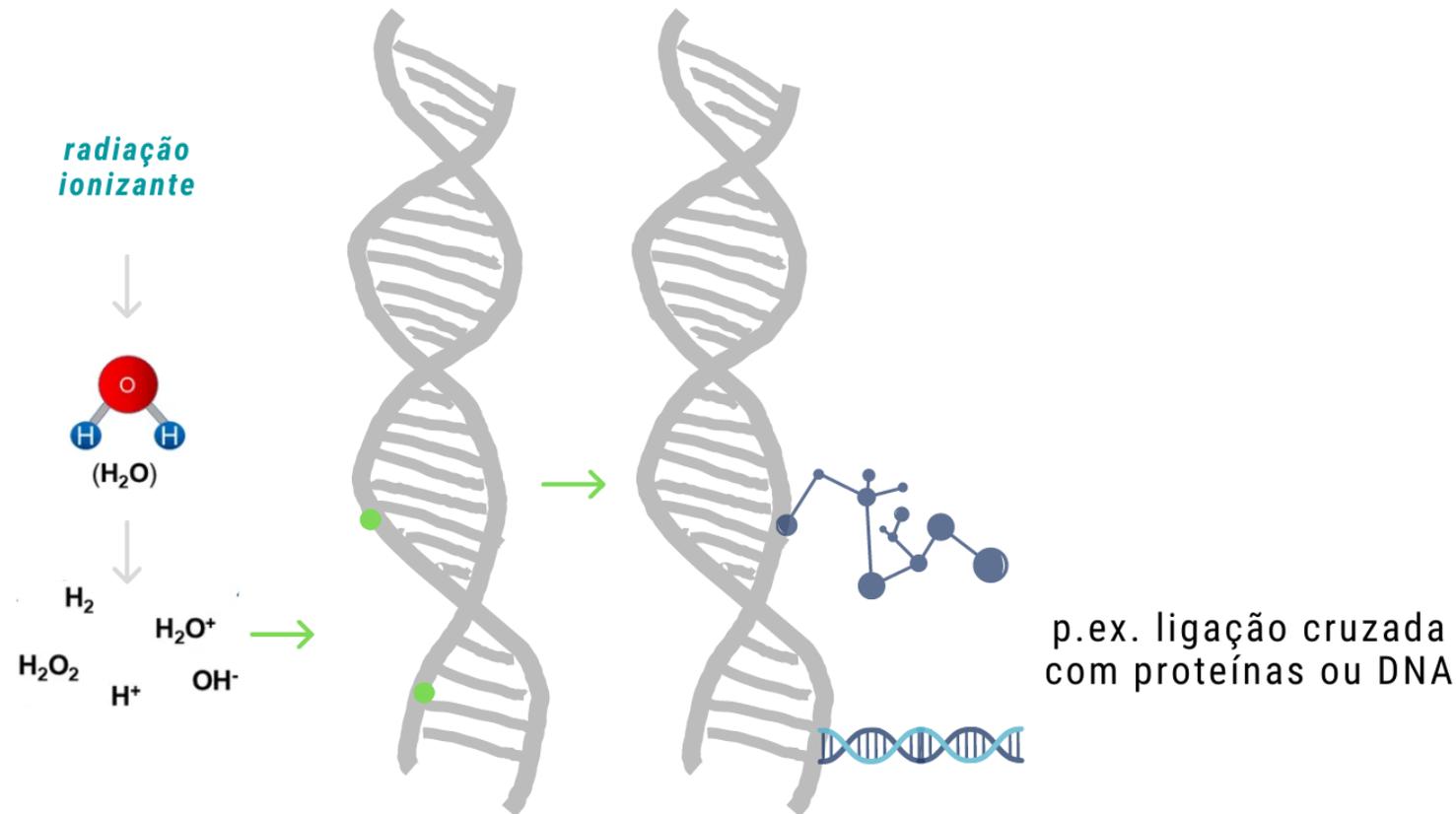
alto LET
*partículas alfa e
neutrões*



p.ex. quebras de
cadeira dupla de DNA

Efeitos celulares da radiação ionizante

Ação Indireta:



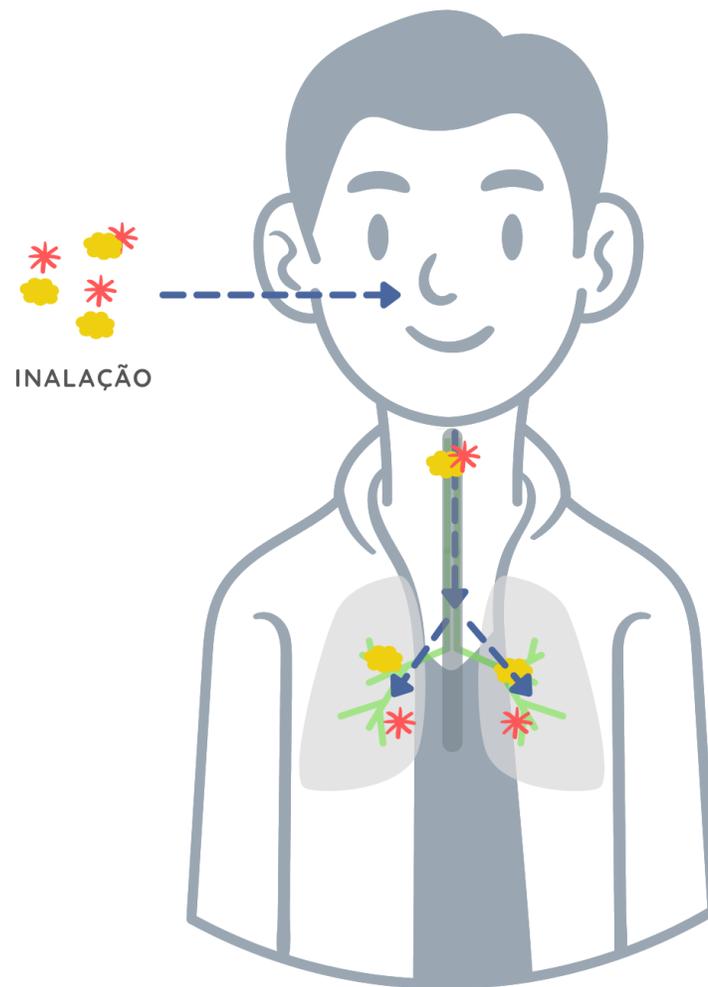


Radão no organismo

Radão no Organismo

Vias de entrada:

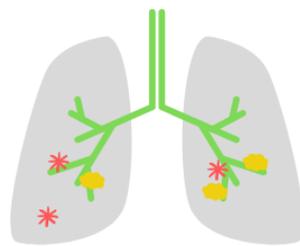
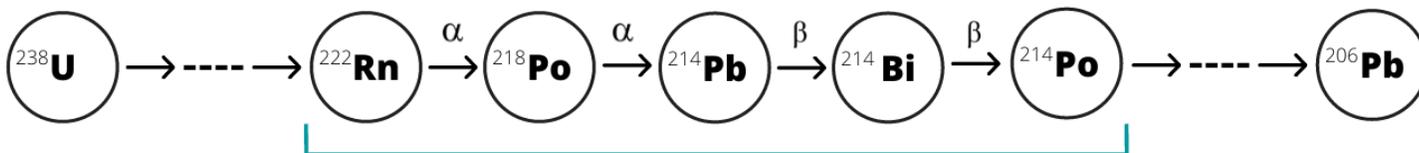
- **Inalação** (90% da dose atribuível ao radão provém da sua inalação)
- Ingestão



Radão no organismo

Não é só o **radão** mas também são os **seus descendentes de vida curta** que contribuem para a dose que recebemos.

cadeia de decaimento do U-238



*inalação de radão
(incluindo descendentes
de vida curta)*

cancro do pulmão

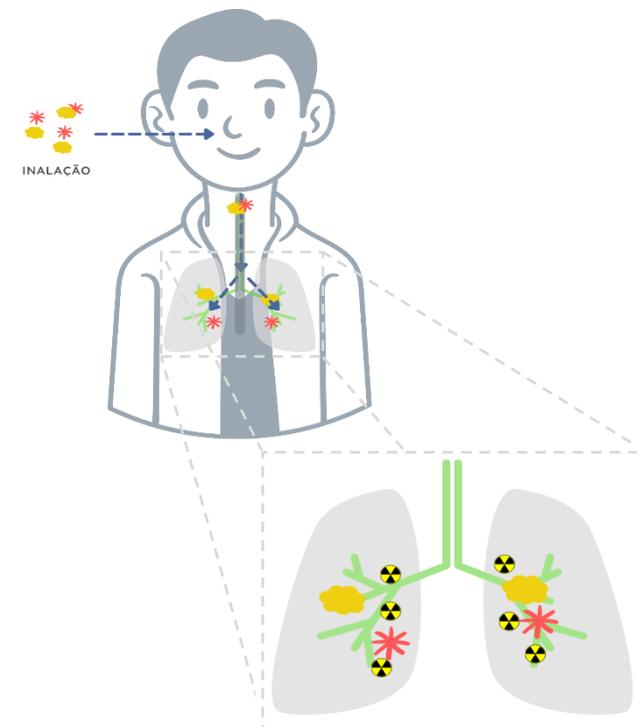
- O radão e seus descendentes produzem partículas radioativas no ar que respiramos.
- Essas partículas ficam retidas nas nossas vias respiratórias e aí emitem radiação provocando lesões nos pulmões. Estas lesões aumentam o risco de **cancro do pulmão**.



Cancro do pulmão

Mecanismos biológicos:

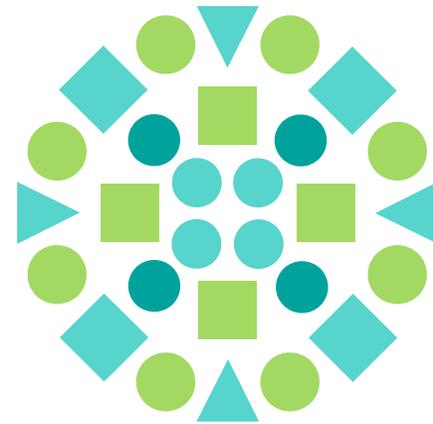
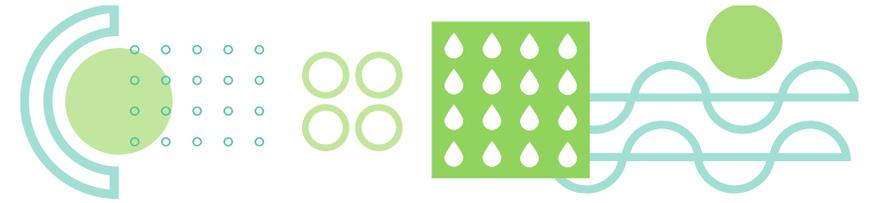
- Deposição irá ao longo do tempo induzir um conjunto de alterações, desde mutações no DNA, modificação do ciclo celular, entre outros efeitos citotóxicos associados à regulação do ciclo celular e carcinogénese.
- O radão e descendentes inalados fixam-se mais facilmente nas vias aéreas principais, havendo maior deposição aqui do que na periferia.



Bibliografia

- Darby S. *et al* (2005). *Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies*. *BMJ*. 29;330(7485):223
- Darby S. *et al* (2006). *Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe*. *Scand J Work Environ Health*. 32 Suppl 1:1-83
- IARC. (1988). *Summaries & Evaluations, VOL.: 43, (p. 173)*. INCHEM
- IAEA. (2010) *Radiation Biology: A Handbook for Teachers and Students, Training Course Series No. 42*, IAEA, Vienna
- IAEA. (2011) *Cytogenetic Dosimetry: Applications in Preparedness for and Response to Radiation Emergencies, Emergency Preparedness and Response*, IAEA, Vienna
- Kussainova A. *et al* (2022) The Role of Mitochondrial miRNAs in the Development of Radon-Induced Lung Cancer. *Biomedicines* 2022, 10, 428.
- Li C. *et al* (2020). *Residential Radon and Histological Types of Lung Cancer: A Meta-Analysis of Case-Control Studies*. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 1457.
- Rodríguez-Martínez Á. *et al* (2018). *Residential radon and small cell lung cancer. A systematic review*. *Cancer Lett*. 426:57-62.
- UNSCEAR. (2008). *Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008 Report, Vol. I*. United Nations Publication.
- WHO. (2009). *Handbook on Indoor Radon, A Public Health Perspective*. Hajo Zeeb and Ferid Shannoun.
- www.apambiente.pt/radao





apa
agência portuguesa
do ambiente

OBRIGADO

apambiente.pt

