

# Introdução às Radiações Ionizantes e Proteção Radiológica

*Prof. Carley Martins*  
*Prof. Wagner Carvalho*  
*Prof. Wanda Prado*

DFNAE/IF/UERJ

## Histórico

☺ **1895** - Wilhelm Conrad Röntgen **descobre os raios X**

☺ **1896** - Henry Becquerel e o casal Marie e Pierre Curie **descobrem as substâncias radioativas**

☞ **revolução na medicina.**

☞ **uso indiscriminado da radiação.**

O ser humano não possui sistemas próprios para detetar a presença de radiação ionizante

☞ inaudível

☞ inodora

☞ indolor

**Radiação ionizante** → **alterações celulares na matéria viva.**

☺ **1928** - II Congresso Mundial de Radiologia em Estocolmo: criação da **Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP)**

# Radiações Ionizantes

- Raios  $\gamma$

Ondas eletromagnéticas emitidas por núcleos de átomos em estados excitados (transições de níveis de energia dos nucleons).



- Raios X

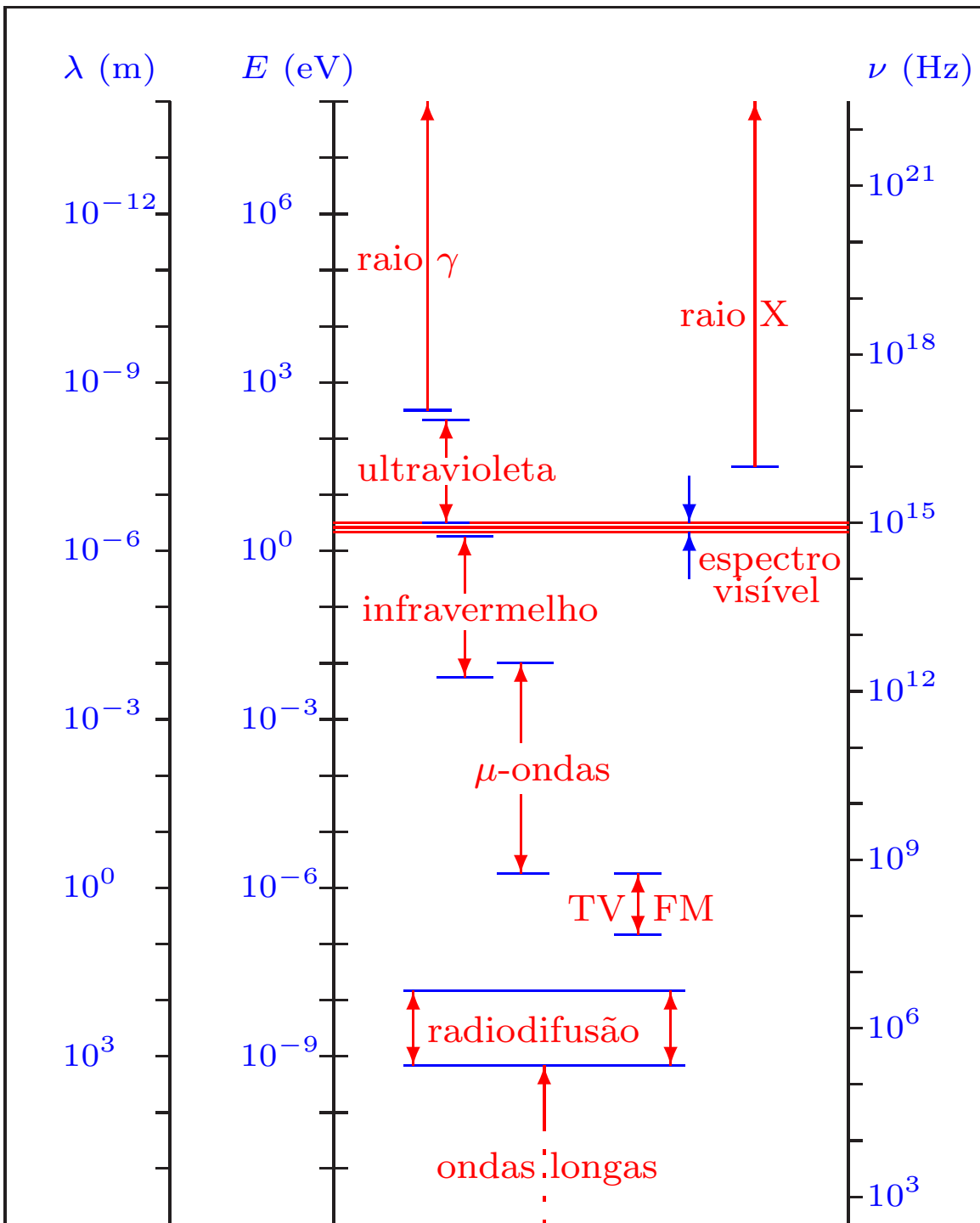
→ Radiação de freamento - Brehmstrahlung

Ondas eletromagnéticas produzidas na desaceleração de partículas carregadas, especialmente elétrons.

→ Radiação característica

Radiação eletromagnética emitida no processo de transição de elétrons orbitais para órbitas mais internas do átomo.

# O espectro eletromagnético



# Radiações Ionizantes

- Radiação  $\alpha$

Partícula emitida por certos núcleos atômicos instáveis com alto número atômico. É formada por 2 prótons e 2 nêutrons (núcleo do elemento hélio) e representada ora pelo símbolo  $\alpha$  ora pela notação  ${}^4_2\text{He}$  ou  $\text{He}^4_2$ .



- Radiação  $\beta$

A radiação  $\beta$  é formada por elétrons ou pósitrons emitidos a altíssimas velocidades por certos núcleos atômicos instáveis. Neste processo é também emitido um neutrino  $\nu$ , partícula sem carga elétrica que escapa sem ser detectada.



# Interação da radiação ionizante com a matéria

☞ **Radiação** → excitação e ionização de átomos e moléculas do meio

☞ **Em meios biologicamente ativos** → danos na estrutura celular dos tecidos

☞ Quebra de ligações químicas importantes na composição celular (ex. DNA)

☞ Formação de radicais químicos nas células.  
Ex. molécula de água



☞ (**Radicais químicos** → oxidam componentes celulares (ex. DNA).

☞ O tipo e dimensão do dano é função da energia e do tempo de exposição ao campo de radiação

# Efeitos da radiação na matéria viva

- ✓ **Processos biológicos naturais** → buscam reparar os danos sofridos
- ✓ **A probabilidade de reparo** → **depende** do tipo e extensão do dano

Portanto, de imediato, a médio ou a longo prazo, os seguintes efeitos podem ser observados:

## ☞ **A célula promove reparação total.**

→ nenhum efeito observado

## ☞ **Morte da célula**

→ eliminada pelo organismo

## ☞ **Efeitos somáticos**

→ A célula não recupera suas funções primárias.

→ Disfunções biológicas no indivíduo irradiado (ex. câncer, esterilidade)

## ☞ **Efeitos genético e hereditário**

→ alterações permanentes no código genético do indivíduo irradiado

→ efeitos sobre **gerações futuras**

## GRANDEZAS E UNIDADES

- Necessidade de quantificar a radiação emitida por materiais radioativos ou equipamentos emissores de radiação ionizante.
- Estimar a produção de efeitos biológicos.
- Criação e introdução de grandezas e suas unidades.

### Atividade (A)

- ★ Núcleo instável "desintegra" emitindo radiação.
- ★ Quanto maior o número de átomos radioativos presentes em uma amostra maior o número de desintegrações.
- ★ Quanto mais rápido os átomos de uma amostra desintegram, maior a quantidade de radiação emitida.



## Atividade (A)

Número de desintegrações radioativas de uma amostra por unidade de tempo.

Expressa a quantidade de radiação emitida por uma amostra

$$A(t) = \frac{dN(t)}{dt}$$

### Unidades:

#### Becquerel (Bq)

1 Becquerel = 1 desintegração por segundo.

#### Curie (Ci)

1 Curie =  $3,7 \times 10^{10}$  desintegrações por segundo.

#### Submúltiplos

- ★ 1 Ci = 37 GBq (giga)
- ★ 1 mCi (mili) = 37 MBq (mega)
- ★ 1  $\mu$ Ci (micro) = 37 kBq
- ★ 1 nCi (nano) = 37 Bq

## Exposição (X)

- A unidade de exposição é o **Röntgen**, definido como a quantidade de radiação X ou  $\gamma$  que produz 1 **esu** ( $2,08 \cdot 10^9$  pares de ions) em 1  $cm^3$  de ar seco nas **CNTP**.

$$X = \frac{dQ}{dm}$$

[X] → C/kg (Coulomb por quilograma)

- $1R = 2,58 \cdot 10^{-4}$  C/kg de ar.
- Produz  $1,61 \times 10^{15}$  pares de íons/kg nas **CNTP**.
- **Não** é conveniente para avaliar dose na matéria viva.

## Dose absorvida (D)

Quantidade de energia depositada pela radiação ( $\Delta E$ ) por unidade de massa.

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m}$$

- *rad* (**r**adiation **a**bsorbed **d**ose)

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg/g}$$

- **Gray (Gy)** → atual

$$1 \text{ Gray} = 1 \text{ J/kg} = 100 \text{ rad}$$

Válido para qualquer meio e qualquer tipo de radiação

## Dose equivalente (rem ou Sv)

$$\text{rem} = Q \times \text{rad}$$
$$\text{Sievert (Sv)} = Q \times \text{Gray}$$

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$

## Fatores de qualidade Q

Uma medida da eficiência de deposição linear de energia, ou seja, energia transferida à matéria por unidade de comprimento.

| Radiação                              | Fator Q |
|---------------------------------------|---------|
| <i>raios <math>\gamma</math></i>      | 1       |
| <i>partículas <math>\beta</math></i>  | 1       |
| <i>neutrons térmicos</i>              | 3       |
| <i>neutrons rápidos</i>               | 10      |
| <i>prótons</i>                        | 10      |
| <i>partículas <math>\alpha</math></i> | 20      |

## Dose Equivalente Efetiva ( $H_E$ )

Grandeza que leva em consideração doses recebidas por diferentes partes do corpo.

$$H_E = \Sigma(W_T \times H_T)$$

$H_T$  é a dose equivalente média no órgão ou tecido T

$W_T$  é o fator de ponderação (risco) para órgão ou tecido T

Fator de ponderação para tecido ou órgão T

| Órgão ou tecido          | Fator de ponderação ( $W_T$ ) |
|--------------------------|-------------------------------|
| <i>gônadas</i>           | 0,25                          |
| <i>mama</i>              | 0,15                          |
| <i>medula óssea</i>      | 0,12                          |
| <i>pulmão</i>            | 0,12                          |
| <i>tireóide</i>          | 0,03                          |
| <i>osso (superfície)</i> | 0,03                          |
| <i>restante do corpo</i> | 0,06                          |

## Equipamentos geradores de radiação ionizante e aplicações.

Produz radiação somente quando em operação.

### ☞ Aparelho de raios X

- Ciência & tecnologia;
- Diagnóstico médico e odontológico;
- Terapia médica.

### ☞ Aceleradores de partículas

- Pesquisas em física de partículas;
- Pesquisas em materiais usando radiação síncrotron;
- Terapia médica.

### ☞ Tokamak

- Pesquisas em física de plasmas.

## Fontes radioativas

Naturais ou produzidos artificialmente.  
Emitem radiação continuamente.

### Aplicações (fontes seladas):

☞ Radioterapia:

→ Tratamento de tumores

☞ Irradiadores biológicos:

→ Indução e estudos de efeitos biológicos

☞ Fontes de calibração:

→ Detetores de radiação

☞ Agricultura:

→ Estudos de densidade e umidade do solo

## Links Úteis

- <http://nobelprize.org/>
- <http://www.orau.org/ptp/collection/quackcures/quackcures.htm>
- <http://www.webelements.com/>
- <http://atom.kaeri.re.kr/>
- <http://www.aventuradasparticulas.ift.unesp.br/>
- <http://www.icrp.org/>
- <http://www.iaea.org/>
- <http://www.cnen.gov.br/>
- <http://www.ird.gov.br/>