CURSO DE RADIOPROTEÇÃO

COM ÊNFASE NO USO, PREPARO E MANUSEIO DE FONTES RADIOATIVAS NÃO SELADAS

Walter Siqueira Paes

Tel: (19) 3429-4836

walterpaes@gmail.com

gtprusp@gmail.com

www.usp.br/protecaoradiologica

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

RADIOPROTEÇÃO - HISTÓRICO

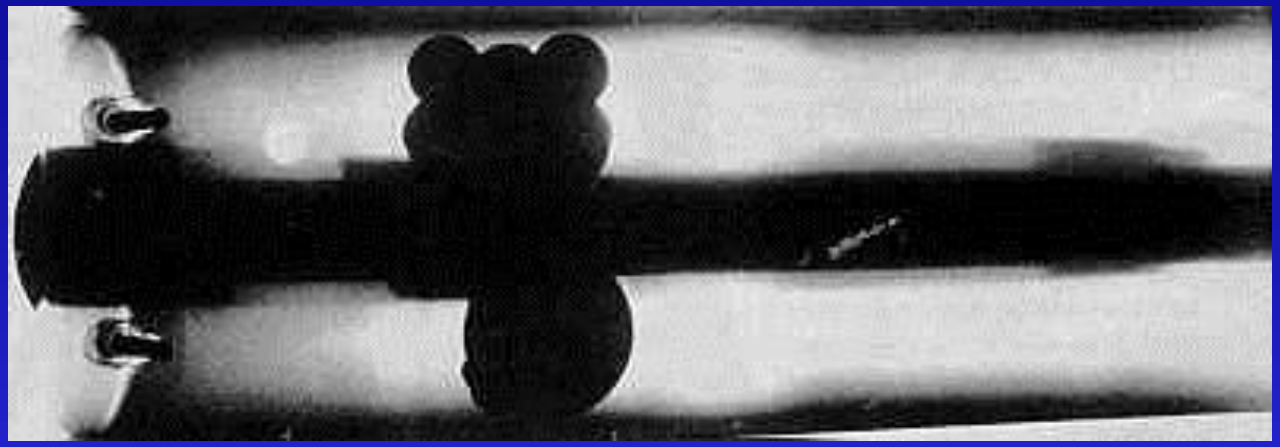
- **1895 ⌫ Wilhelm Conrad Röentgen descobre os Raios X - revolução na medicina**

- **1896 ⌫ Marie e Pierre Curie e Henry Becquerel descobrem as substâncias radioativas**

Pierre e Marie Curie

Wilhelm Conrad Röentgen

Em uma de suas experiências, Röentgen colocou a mão de sua mulher, Bertha, na frente do filme e obteve a primeira radiografia da história, mostrando os ossos de Dona Bertha e até seu anel de casamento.



Radiografia tirada por Röentgen de seu rifle de caça. Observe que há um pequeno defeito no cano. Com essa foto, Röentgen antecipou o uso industrial dos Raios-X como controle de qualidade de peças.

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

RADIOPROTEÇÃO - HISTÓRICO

- **Revolução na medicina - uso desenfreado**
- **O ser humano não dispõe de sistemas próprios para a detecção da presença de radiação ionizante:**

  - incolor, inodora, não palpável e inaudível

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

RADIOPROTEÇÃO - HISTÓRICO

- **Radiação ionizante capaz de produzir alterações celulares no ser humano**
- **1928 ⌫ II Congresso Mundial de Radiologia em Estocolmo - criação da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP)**

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

- Necessidade de expressar as quantidades de radiação emitidas por materiais radioativos e equipamentos emissores de radiação ionizante
- Estimar a produção de efeitos biológicos
- Criar e introduzir grandezas e suas unidades

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

ATIVIDADE (A)

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

Expressa a quantidade de radiação emitida por uma amostra.

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

ATIVIDADE (A)

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

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

ATIVIDADE (A)

- **Unidades:**

  - Becquerel (Bq)

  1 Becquerel = 1 desintegração por segundo

  - Curie (Ci)

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

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

SUBMÚLTIPLOS

T (tera)	⌫	10^{12}	m (mili)	⌫	10^{-3}
G (giga)	⌫	10^{9}	μ (micro)	⌫	10^{-6}
M (mega)	⌫	10^{6}	η (nano)	⌫	10^{-9}
k (kilo)	⌫	10^{3}	p (pico)	⌫	10^{-12}

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

ATIVIDADE (A)

- **Unidades - Submúltiplos:**

- 1 Ci	⌫	**37 GBq (Giga)**
- 1 mCi (mili)	⌫	**37 MBq (Mega)**
- 1 μCi (micro)	⌫	**37 kBq (quilo)**
- 1 ηCi (nano)	⌫	**37 Bq**

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

EXPOSIÇÃO (X)

Quantidade total de carga de mesmo sinal (dQ), produzida no ar, quando da frenagem total de uma partícula secundária originada dentro de um elemento de massa dm, dividida por dm

$$X = \frac{\partial Q}{\partial m}$$

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

EXPOSIÇÃO (X)

- **Unidades:**
  - **Coulomb por quilograma (C/kg)**
    - **Unidade do Sistema Internacional**
  - **Röentgen (R)**
    - **1 Röentgen = $2,58 \times 10^{-4}$ C/kg, nas CNTP**
    - **Produz $1,61 \times 10^{15}$ pares de íons/kg, nas CNTP**
  - **Válido para radiações gama e X, no meio ar**

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

DOSE ABSORVIDA (D)

Quantidade de energia absorvida (Eab) por um elemento de massa dm

$$D = \frac{\partial Eab}{\partial m}$$

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

DOSE ABSORVIDA (D)

- **Unidades:**

  - Gray (Gy)

  1 Gray corresponde a 1 J/kg

  - rad

  1 Gray = 100 rad

  Válido para qualquer meio e qualquer tipo de radiação

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

DOSE EQUIVALENTE (H_T)

Produto da Dose Absorvida pelo fator de peso da radiação (W_R)

$$H_T = D \times W_R$$

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

DOSE EQUIVALENTE (H_T)

- **Unidades:**

  - Sievert (Sv)

  - rem

  1 Sievert = 100 rem

  Válido para qualquer meio

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

FATORES DE PESO DA RADIAÇÃO (W_R)

NORMA CNEN-NN-3.01 – Posição Regulatória 3.01/002

- **Dependem do tipo de radiação:**

			W_R
Fótons, todas as energias		→	1
Elétrons e muons, todas as energias		→	1
Nêutrons, energia:	< 10 keV	→	5
	10 keV a 100 keV	→	10
	> 100 keV a 2 MeV	→	20
	> 2 MeV a 20 MeV	→	10
	> 20 MeV	→	5
Prótons, exceto os de recuo, energia > 2 Mev		→	5
Partículas α , fragmentos fissão, núcleos pesados		→	20

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

DOSE EFETIVA (E)

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

$$E = \sum W_T \times H_T$$

H_T = Dose equivalente média no órgão ou tecido T

W_T = Fator de ponderação (risco) para o órgão ou tecido T

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

FATORES DE PESO PARA TECIDO OU ÓRGÃO T

NORMA CNEN-NN-3.01 – Posição Regulatória 3.01/002

- Gônadas → $W_T = 0,20$
- Medula óssea (vermelha) → $W_T = 0,12$
- Cólon → $W_T = 0,12$
- Pulmão → $W_T = 0,12$
- Estômago → $W_T = 0,12$
- Bexiga → $W_T = 0,05$
- Mama → $W_T = 0,05$
- Fígado → $W_T = 0,05$
- Esôfago → $W_T = 0,05$
- Tireóide → $W_T = 0,05$
- Pele → $W_T = 0,01$
- Superfície Óssea → $W_T = 0,01$
- Restante → $W_T = 0,05$

GRANDEZAS E UNIDADES USADAS EM RADIOPROTEÇÃO

DOSE EFETIVA (E)

Exemplo:

- **Dose equivalente nas gônadas = 20 mSv**
- **Dose equivalente na tireóide = 10 mSv**
- **Dose equivalente no pulmão = 10 mSv**

$$H_E = 20 \times 0{,}20 + 10 \times 0{,}05 + 10 \times 0{,}12$$

$$H_E = 5{,}7 \text{ mSv}$$

TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

TIPOS DE FONTES

- **Equipamentos emissores de radiação ionizante:**
  - **Fornecer energia para o funcionamento**
- **Materiais Radioativos:**
  - **Naturais ou produzidos artificialmente**
  - **Emitem radiação continuamente**

TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

TIPOS DE FONTES

Exemplos de equipamentos emissores de radiação ionizante:

- **Equipamentos emissores de Raios X:**
  - **Espectrômetros de fluorescência**
  - **Difratômetros**

Difratômetro de raios X

TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

TIPOS DE FONTES

Exemplos de equipamentos emissores de radiação ionizante:

- **Equipamentos emissores de Raios X:**
  - **Microscópio eletrônico**

Fig. 1.8 Fotografia do microscópio eletrônico de transmissão 906E. (Cortesia de Carl Zeiss.)

TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

TIPOS DE FONTES

Exemplos de equipamentos emissores de radiação ionizante:

- **Equipamentos emissores de Raios X:**
  - **Diagnóstico médico e odontológico:**
    - **Diagnóstico e terapia**
    - **Controle de qualidade**
    - **Calibração de detetores**
    - **Testes de blindagens**

TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

TIPOS DE FONTES

Exemplos de equipamentos emissores de radiação ionizante:

- **Outros:**
  - **Aceleradores de partículas:**
    - **Pesquisas em física de partículas**
    - **Radioterapia**
  - **Tokamak:**
    - **Pesquisa em física de plasmas**

TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

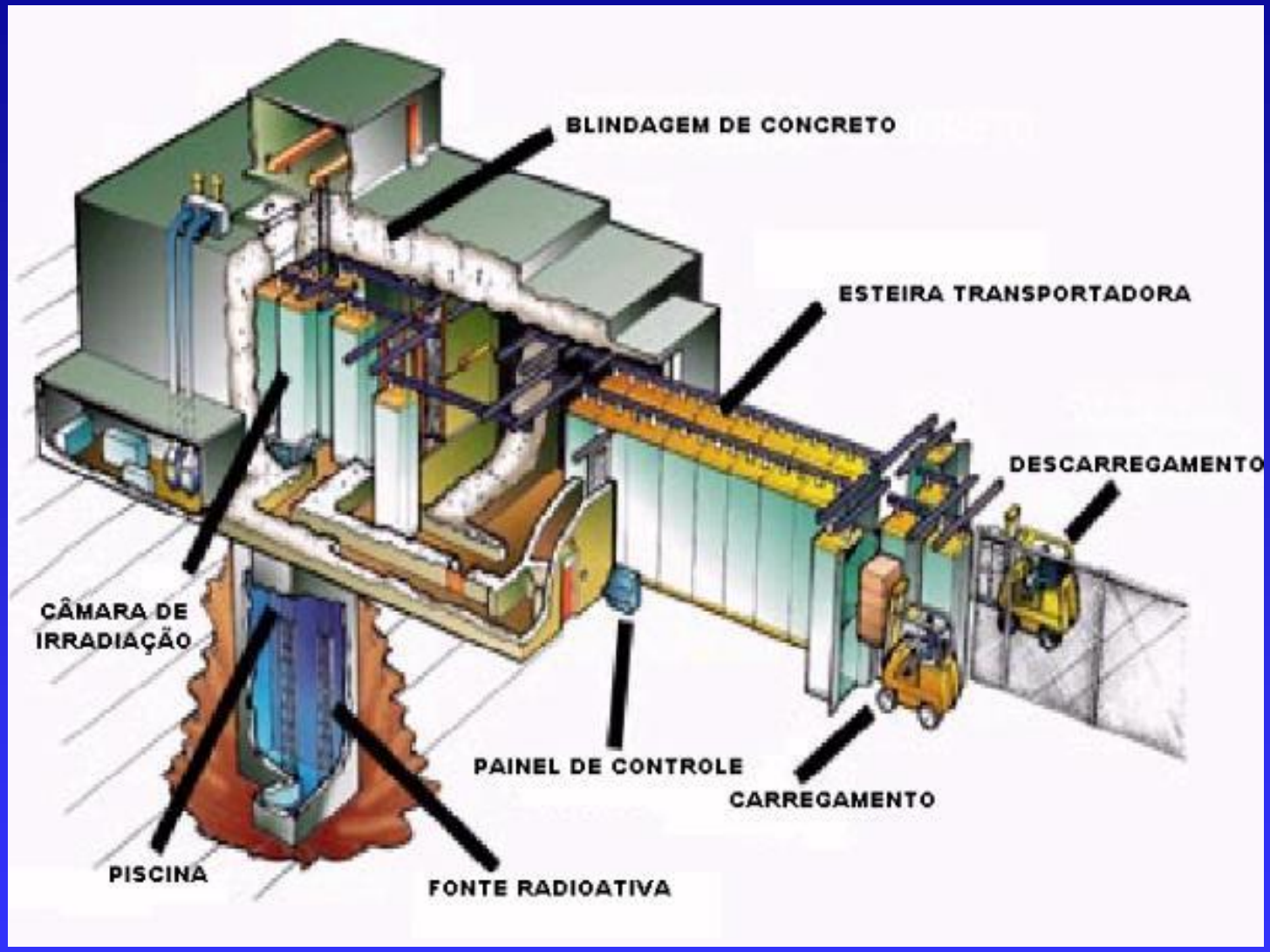
TIPOS DE FONTES

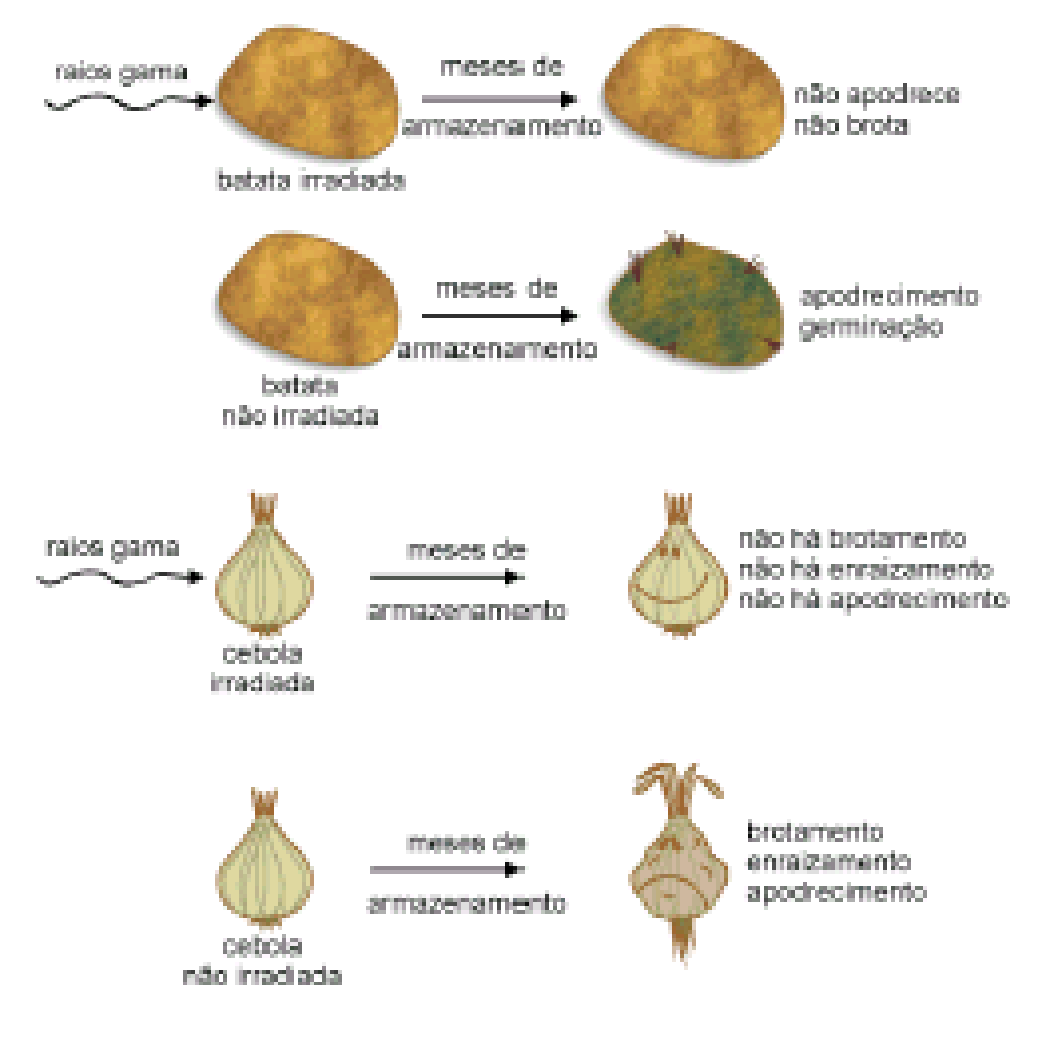
Exemplos de materiais radioativos:

- **Fontes Seladas (não há possibilidade de contato com o material radioativo):**

  - **Radioterapia:**
    - **Tratamento de tumores**
  - **Irradiadores biológicos:**
    - **Indução e estudos de efeitos biológicos**

Fonte: Apostila "Aplicações da Energia Nuclear", Comissão Nacional de Energia Nuclear.


BLINDAGEM DE CONCRETO
ESTEIRA TRANSPORTADORA
DESCARREGAMENTO
CÂMARA DE IRRADIAÇÃO
PAINEL DE CONTROLE
CARREGAMENTO
PISCINA
FONTE RADIOATIVA



Fonte: Apostila "Aplicações da Energia Nuclear", Comissão Nacional de Energia Nuclear.

TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

TIPOS DE FONTES

Exemplos de materiais radioativos:

- **Fontes Seladas (não há possibilidade de contato com o material radioativo):**

- Fontes de calibração:

- **Detetores de radiação**

- Agricultura:

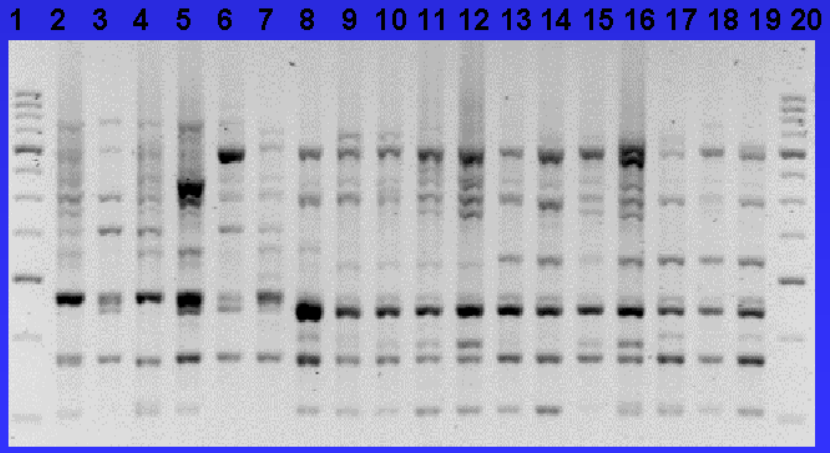
- **Estudos de densidade e umidade do solo**

TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

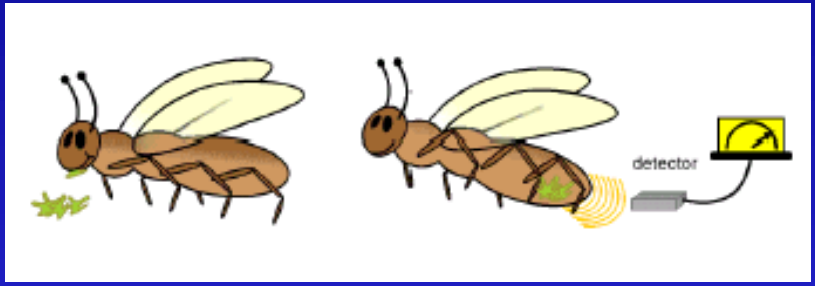
TIPOS DE FONTES

Exemplos de materiais radioativos:

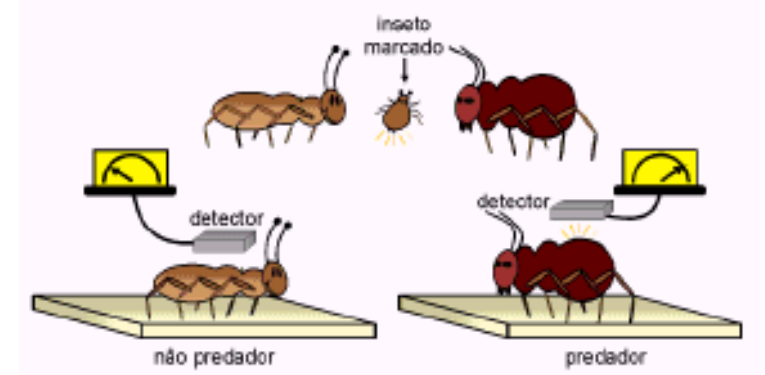
- **Fontes Não Seladas (há possibilidade de contato com o material radioativo):**
  - **Traçadores e marcadores:**
    - **Atividade metabólica**
    - **Marcação de DNA**
    - **Fluxo de fluidos**



Uso de traçadores no estudo do comportamento de insetos:



A marcação de insetos com radioisótopos é também útil para a eliminação de pragas, identificando qual predador se alimenta de determinado inseto indesejável. Neste caso, o predador é usado em vez insetcidas nocivos à saúde.



TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

TIPOS DE FONTES

Exemplos de materiais radioativos:

- **Fontes Não Seladas (há possibilidade de contato com o material radioativo):**
  - **Medicina Nuclear:**
    - **Diagnóstico e terapia**
  - **Naturais:**
    - **Análises ambientais**

TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

MODOS DE EXPOSIÇÃO:

Irradiação Externa:

- **Exposição à radiação emitida pela fonte.**

  - **Estar próximo à fonte, considerando a energia de emissão e o tipo de radiação**

    - **Equipamentos emissores de radiação ionizante**
    - **Fontes seladas**
    - **Fontes não-seladas**

TIPOS DE FONTES E MODOS DE EXPOSIÇÃO

MODOS DE EXPOSIÇÃO:

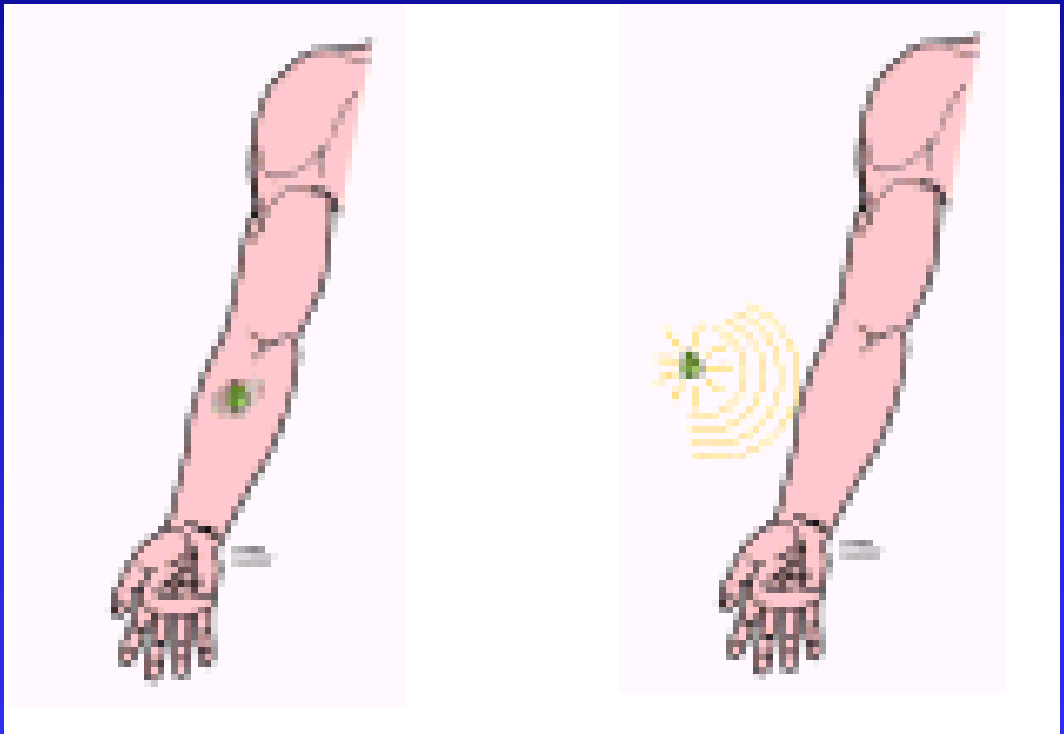
Contaminação:

- **Presença indesejável de material radioativo**

Contaminação Interna

- **Incorporação de material radioativo por ingestão, inalação ou absorção por contato direto com a pele**
  - **Fontes não seladas**
  - **Fontes seladas (pouco provável)**

Contaminação **Irradiação**



Fonte: Apostila "Aplicações da Energia Nuclear", Comissão Nacional de Energia Nuclear.