

Efeitos biológicos da radiação

Proteção Radiológica

Alguns elementos químicos têm a propriedade de se decompor, transformando-se em outros elementos, de massas atômicas menores, com liberação de energia e de partículas. tais elementos são denominados radioativos. Entre 1898 e 1900, Ernst Rutherford e Paul Villard descobriram que a emissão das substâncias naturalmente radioativas podiam ser de três tipos :

- a) radiação alfa (α), de carga positiva e massa elevada, posteriormente identificadas como núcleos de átomos de hélio;
- b) radiação beta (β), de carga negativa e massa menor que da partícula alfa, identifica posteriormente como elétrons e
- c) radiação gama (γ) , sem carga elétrica , identificada posteriormente como radiação eletromagnética, com frequência mais elevada que a dos raios-X (aproximadamente 10^{21} Hz).

Um elétron-volt é a energia cinética adquirida por um elétron, quando acelerado por uma diferença de potencial de 1 volt.

$$1eV = q.V = 1,6.10^{-19}C.1volt = 1,6.10^{-19}C.V = 1,6.10^{-19}J$$

A energia das partículas α e β são suas energias cinéticas, que são dadas por

$$K = \frac{1}{2}m.v^2$$

onde m é a massa da partícula e v sua velocidade . No sistema SI as unidades de m , v e E são respectivamente, kg, m/s e J.

A energia da radiação γ , uma radiação eletromagnética, é dada pela equação de Planck

$$E = h\nu$$

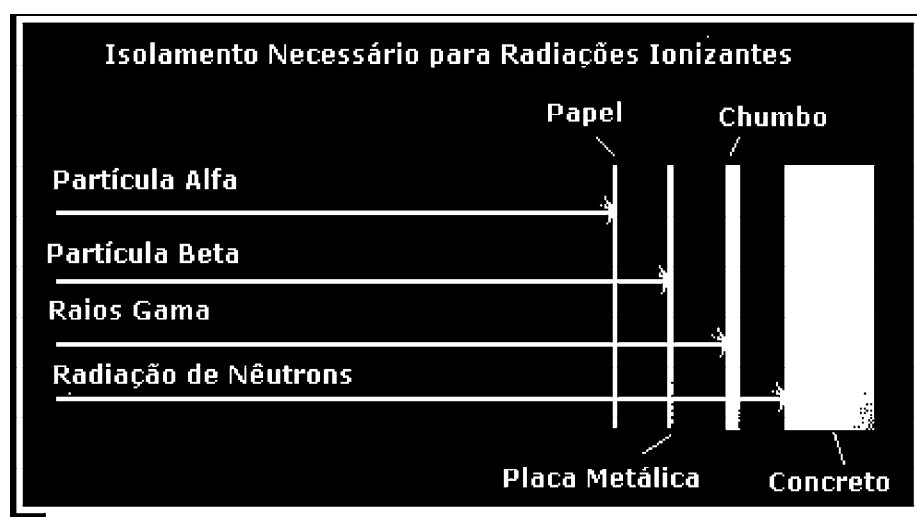
onde h é a constante de Planck , de valor igual a $6,62.10^{-34}$ J.s , e ν é a frequência da radiação, dada em Hz .

A capacidade de ionização das diferentes radiações e seu poder de penetração na matéria estão de uma certa forma relacionados. Partículas de massa e carga elevadas têm o poder de

produzir ionização elevada na matéria com a qual interage. Já partículas de massa e carga pequena, ou radiação eletromagnética, sem carga e massa associadas, produzem ionização pequena da matéria. Consequentemente, partículas de carga e massa elevadas possuem poder de penetração menor que partículas leves e de carga pequena.

O efeito biológico da radiação está relacionado com a propriedade de provocar ionização da matéria com a qual interage, isto é, com sua capacidade de arrancar elétrons da matéria, criando íons. A propriedade de provocar ionização, como já visto, é diferente para os três tipos de radiação.

A radiação alfa é a de maior das radiações. Por isso, é a menos penetrante, e somente torna-se perigosa se atingir os pulmões ou for ingerido algum material emissor. Por outro lado, partículas beta são mais penetrantes do que partículas- α , por isso, conseguem atravessar a pele, mas não o corpo. Podem ser bloqueadas usando-se uma placa de madeira, plástico ou uma fina lâmina metálica. Já as ondas gama têm muito mais energia do que as partículas- α ou β . A radiação- γ é muito penetrante e pode atravessar grandes distâncias. Ela facilmente atravessa o corpo. Para bloqueá-la é necessário usar materiais densos como o chumbo, o aço ou o concreto.



Outras radiações, como emissões de nêutrons por exemplo, são muito difíceis de bloquear, pois são muito penetrantes, passando facilmente pelo corpo humano. Porém, é possível parar um nêutron usando simplesmente água ou concreto, por isso, numa usina nuclear, amostras de materiais radioativos são armazenadas em depósitos isolados com cerca de 9 m de água (nestes casos, geralmente água pesada, a qual usa deutério, um isótopo do hidrogênio).

Além da natureza da própria radiação, também a natureza do tecido vivo que absorve a radiação influi no efeito biológico observado, de modo que quando expostos à mesma dose de

radiação, o tecido ósseo absorve aproximadamente o dobro de energia absorvida por tecidos não-ósseos.

Assim sendo, diferentes materiais absorvem quantidades diferentes de uma mesma radiação, de modo que,

1. 1 g de água absorve aproximadamente 90×10^{-7} J de energia de uma radiação,
2. 1 g de tecido não-ósseo absorve aproximadamente 97×10^{-7} J de energia da mesma radiação e,
3. 1g de tecido ósseo absorve uma quantidade muito maior de energia da mesma radiação.

É importante observar que radiações de diferentes naturezas (raios-X, raios γ , partículas α e β), de mesmas intensidades, têm capacidades diferentes de lesar o mesmo tipo de matéria viva.

Grandezas de medidas de radiação e unidades

Exposição

A *Exposição* é uma medida da quantidade de radiação, definida como a carga liberada por unidade de massa de ar. Sua unidade é o Coulomb por quilograma (C/kg). A unidade mais antiga é o Röntgen (*R*), equivalente a $2,5 \times 10^{-4}$ C/kg .

A intensidade da radiação (*I*) mede a quantidade de energia transferida por unidade de área exposta à radiação, na unidade de tempo. A intensidade *I* é proporcional à atividade da fonte radioativa, multiplicada pela energia da radiação incidente por unidade de área na unidade de tempo. No sistema SI a unidade de intensidade é $\text{J.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

Dose absorvida

Do ponto de vista de proteção dos efeitos da radiação, usa-se o termo *Dose absorvida*, ou simplesmente dose para uma outra importante medida da radiação

$$Dose = intensidade da radiação \times tempo de exposição$$

A unidade antiga de dose é o rad (sigla de “*radiation absorbed dose*”). Um rad equivale à quantidade de radiação que provoca a absorção de 10^{-5} J de energia por grama de matéria, isto é,

$$1\text{rad} = 10^{-5}\text{J/g}$$

de matéria que absorveu a radiação.

A unidade SI de dose absorvida é o Gray (*Gy*) . Um Gray equivale à quantidade de radiação que provoca a absorção de 1 J por kg de matéria exposta à radiação.

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

Dose equivalente

Para levar em conta as diferentes capacidades de interações biológicas das diferentes radiações, foi criado o termo *Dose equivalente* . A unidade SI de dose equivalente é o Sievert (*Sv*) . A dose equivalente (*H*), é dada pela relação :

$$H = D.Q.N$$

onde :

- H é a dose equivalente em Sv,
- D é a dose de radiação em Gy ;
- Q é um fator de absorção efetiva da radiação em questão e ,
- N é outro fator modificante da absorção, como por exemplo, o tipo de tecido que está absorvendo a radiação .

A unidade antiga de dose equivalente é o rem (abreviatura de "radiation equivalent for men). Equivale a dose de radiação cujo efeito é semelhante ao efeito de 1 röntgen no ser humano.

Quando a matéria viva absorve 1 Gy de raios-X, a dose equivalente é de 1 Sv, que corresponde a aproximadamente 100 rem .

Sieverts ou rem são aditivos, mas gray ou rad não são. Por exemplo, uma dose de 100 rad de radiação- γ no tórax e uma dose de 5 rad de exposição a um feixe de neutrons na cabeça da mesma pessoa , não significa que o corpo todo recebeu uma dose de 15 rad.

Depois que os rad absorvidos forem convertidos em rem, ou Sv, as quantidades encontradas podem ser somadas para fornecer a dose total do corpo em rems (ou Sv).

Como exemplo da ordem de uma dose equivalente máxima, tem-se 0,3 rem/semana para trabalhadores em usinas nucleares. Para comparação, numa chapa de raios-X de tórax a dose equivalente é de 0,007 rem .

Quando um ser vivo é exposto a uma dose não letal e continuada de radiação, podem ocorrer defeitos genéticos ou formação de tumores cancerosos a longo prazo. Uma pessoa está sujeita à ação da radiação proveniente de várias fontes, cuja dose anual total, felizmente, encontra-se abaixo do máximo tolerado. Exemplos típicos de exposições à radioatividade a que uma pessoa encontra-se submetida, são listadas na tabela a seguir.

Doenças Provocadas Pela Radiação

Doses de tolerância

- trabalhador de usina nuclear : 5 rem/ano
- moradores em vizinhança de usina nuclear : 0,5 rem/ano

Efeitos provocados

Dose maciça de 25- 50 rem : - morte de células , especialmente do tecido linfático

Dose maciça de aproximadamente 100 rem - após 03 horas aparece a embriagues de radiação, caracterizada por insônia, cansaço, fraqueza geral, falta de apetite, enjôo, instabilidade psíquica, vômitos, dores de cabeça, diminuição de pressão sangüínea, diarréia, leucemia moderada, devido à diminuição da capacidade da medula óssea produzir células sangüíneas.

Dose maciça de aproximadamente 400 rem - dose letal média, que provoca a morte de 50% da população exposta em 60 dias. Duas horas após a exposição tem-se atrofia do baço, produção de bolhas e úlceras na pele, hemorragias, infecções, perda de cabelo, leucemia.

Terapia

Transfusões de sangue e antibióticos.

Dose maciça de aproximadamente 500 rem por indivíduo - 100% de morte em 02 dias, pois há a destruição total da mucosa intestinal .

Quando exposta à radiação a molécula de água, presente no líquido puro ou fazendo parte dos tecidos vivos, a energia absorvida forma radicais livres.

Na água pura os radicais formados se recombina rapidamente, e a energia absorvida se dissipa sob a forma de calor. Por exemplo, uma dose de 6 Sv, que é fatal para todos os indivíduos expostos, quando incidindo sobre água pura, provoca um aquecimento tão pequeno que necessita de instrumentos especiais para ser medido. Já no tecido vivo, os radicais formados podem interagir com as células, danificando e alterando seu mecanismos de reprodução pela alteração do seu material genético, levando o indivíduo à morte.