

Determinação do Número Atômico Efetivo por Método de Transmissão

Michel S. S. Gobo¹; Matheus Telka¹; Martin E. Poletti¹

¹Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, Brasil.

Introdução: Um material complexo, formado pela mistura de vários elementos, pode ser representado convenientemente, em relação a sua interação com a radiação ionizante como um elemento fictício, de número atômico efetivo (Z_{ef}). Este parâmetro não é constante para um dado material, pois varia com a energia dependendo do processo de interação envolvido. Entretanto, este parâmetro pode ser considerado uma ferramenta útil na caracterização de dosímetros e materiais biológicos. Neste trabalho, os valores de número atômico efetivo de alguns líquidos e materiais substitutos de tecidos foram determinados experimentalmente através do método de transmissão. Finalmente, os resultados são comparados com os dados determinados de forma teórica.

Métodos: Os valores de coeficiente de atenuação mássico (μ/ρ), seção de choque (σ), e Z_{ef} de materiais de composição conhecida de alguns sólidos (acrílico, nylon, teflon, poliestireno) e alguns líquidos (água, etanol, glicerina e álcool isopropílico) foram determinados seguindo a metodologia descrita a seguir.

Determinação experimental de $(\mu/\rho)_{exp}$: O coeficiente de atenuação experimental μ_{exp} pode ser obtido através da lei de Lambert-Beer:

$$\mu_{exp} = (1/t) \ln(I_t/I_0)$$

Em que t é a espessura da amostra, I_t e I_0 são as intensidades incidente e transmitida respectivamente. A densidade ρ dos materiais sólidos foi determinada experimentalmente pelo princípio de Arquimedes. O μ/ρ foi obtido utilizando tanto feixe monoenergético de uma fonte de ²⁴¹Am (59,54 keV) quanto para um feixe polienergético (15 a 45 keV) produzido por um tubo de raios X com alvo de tungstênio. Foi utilizado um detector de CdTe para medir feixe monoenergético e um detector SDD para medir o espectro polienergético.

Determinação teórica de μ/ρ_{teo} : O coeficiente de atenuação mássico teórico de um composto foi determinado através da regra das misturas, na qual w_i e μ/ρ_i são a fração de peso e o coeficiente de atenuação mássico do i -ésimo elemento do composto respectivamente:

$$\mu/\rho_{teo} = \sum w_i \left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i$$

Determinação da seção de choque total (σ_{tot}): Se a composição do material é conhecida, a seção de choque total pode ser obtida dividindo μ/ρ por $N_a \sum w_i/A_i$ em que N_a é o número de Avogadro e A_i é a massa atômica do i -ésimo elemento. Utilizando μ/ρ_{teo} determina-se σ_{tot} teórico e utilizando $(\mu/\rho)_{exp}$ determina-se σ_{tot} experimental.

Determinação experimental de Z_{ef} : Para determinação do Z_{ef} foi construída uma curva de μ/ρ teórico numa dada energia em função do número atômico de elementos puros. Finalmente, Z_{ef} é determinado através de uma interpolação linear do μ/ρ do composto nesta curva. Utilizando μ/ρ_{teo} determina-se Z_{ef} teórico e utilizando $(\mu/\rho)_{exp}$ determina-se Z_{ef} experimental. O mesmo pode ser feito utilizando a seção de choque σ experimental e teórica.

Resultados e Discussões: Os valores de $(\mu/\rho)_{exp}$ e σ_{exp} estão próximos dos valores teóricos. O Z_{ef} determinado a partir do μ/ρ_{exp} , apresentaram para líquidos desvios de até 12 - 20% (15 - 60 keV) e para sólidos de até 8 - 13% (15 - 60 keV) do valor de Z_{ef} determinado com μ/ρ_{teo} . Quando se utiliza σ foi observado diferenças, independente da energia, de até 6% para líquidos e 3% para sólidos dos valores de Z_{ef} medidos experimentalmente e calculados de forma teórica. As discrepâncias encontradas nos valores de Z_{ef} determinados através dos μ/ρ podem ser explicadas pelo fato da curva teórica de μ/ρ em função do número atômico apresentar uma perda de sensibilidade (coeficiente angular) conforme a energia aumenta.

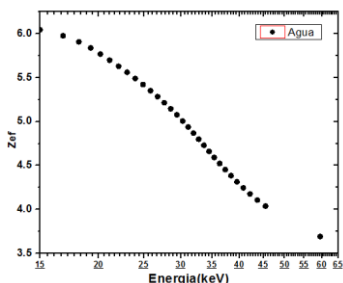


Figura 1: Gráfico de Z_{ef} em função da energia

tradas nos valores de Z_{ef} determinados através dos μ/ρ podem ser explicadas pelo fato da curva teórica de μ/ρ em função do número atômico apresentar uma perda de sensibilidade (coeficiente angular) conforme a energia aumenta.

A figura 1 mostra o comportamento de Z_{ef} para água obtido experimentalmente usando σ na faixa de energia utilizada. É possível observar a forte dependência de Z_{ef} com a energia. Comportamentos similares foram encontrados para todos os outros materiais.

Conclusões: Neste trabalho foram estudadas duas formas de determinar o Z_{ef} usando feixe monoenergético e polienergético. Uma forte dependência foi observada do valor de Z_{ef} com a grandeza de interação utilizada na sua determinação (μ/ρ_{exp} e σ_{exp}), além de apresentar dependência com a energia.