

RAIO X

O raio X é uma forma de radiação eletromagnética (EM), com comprimento de onda na faixa de 10 nm a 10 pm (3×10^{16} a 3×10^{19} Hz) e energia entre 120 eV a 120keV. No espectro eletromagnético, o raio X está entre a radiação ultravioleta e a radiação gama. O raio X se diferencia da radiação gama, pois esta última se origina pelo decaimento do núcleo do átomo, enquanto que o raio X se deve aos elétrons.

O raio X é gerado por um tubo de raio X, que consiste em uma ampola à vácuo que utiliza altas voltagens para liberar elétrons que partem de um catodo com alta velocidade e se chocam com um alvo de metal, o anodo, criando o raio X. O catodo é composto por um filamento com alta energia térmica; e o anodo, geralmente por um bloco de cobre e por um alvo de tungstênio.

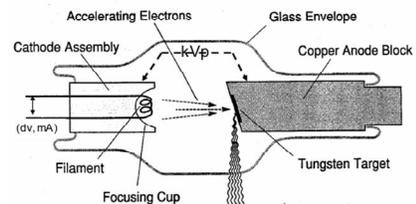


Figura 1. Ilustração do tubo de Raio X

Ao se chocar com o alvo, o raio X pode ser gerado por dois processos distintos:

- Fluorescência de raio X, na qual o elétron acelerado retira um outro elétron do metal alvo. Posteriormente, um elétron em estado energético maior do que o retirado ocupa o orbital vazio e libera energia quantizada em forma de fótons de raio X. Este fenômeno gera um espectro discreto.
- Bremsstrahlung é um fenômeno no qual os elétrons lançados são espalhados pelos núcleos dos átomos do metal alvo. Isso produz uma radiação de freamento. Essa radiação possui espectro contínuo, no qual a intensidade da radiação é inversamente proporcional à frequência. Sendo assim, teremos intensidade nula para a frequência correspondente a maior energia possível, que ocorre justamente na tensão do tubo.

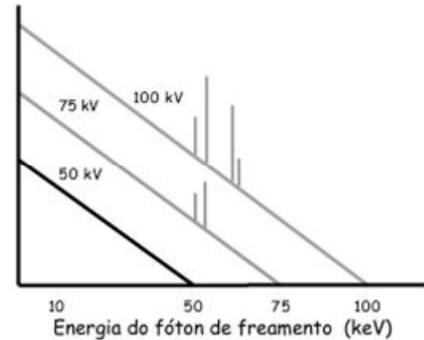


Figura 2. Intensidade x Energia (frequência)

A figura 2 ilustra os picos discretos de fluorescência e a reta contínua do Bremsstrahlung.

No diagnóstico médico, as radiações de menor energia (suaves) são indesejáveis, pois elas são absorvidas pelo corpo e nada registram no filme. Então se utiliza um filtro, que corta essa radiação e reduz a exposição do paciente. Esse processo é conhecido como endurecimento do feixe.

Depois de gerado, o raio X é dirigido diretamente à parte do corpo humano que se deseja analisar. A radiação interage com o corpo, podendo atravessá-lo (fótons primários), ser espalhada por ele (fótons espalhados) ou ser absorvida. Os fótons primários são os responsáveis pela informação e os fótons espalhados degeneram a imagem através da diminuição de contraste ou borrando. Para filtrar a radiação, utiliza-se uma grade entre o filme e o paciente. Esta grade possui furos direcionados diretamente ao tubo de raio X, conforme a Fig.3. Ao passar pela grade, a radiação interage com o filme ou detector, cuja região excitada pela radiação fica registrada.

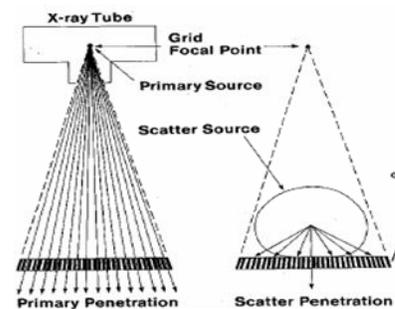


Figura 3. Grade com foco no tubo

Note que para formar imagens úteis, é necessário haver semi-opacidade à radiação, ou seja, se o objeto for totalmente transparente ou totalmente opaco à radiação, a imagem formada será uniforme e sem informação útil.

Para reduzir a exposição do indivíduo ao raio X, utiliza-se uma tela intensificadora (cintilador) junto ao detetor ou filme, geralmente composta por iodeto de sódio ou fósforo. Dessa forma é possível utilizar uma intensidade menor de raio X, pois esta tela converte os raios X em energia luminosa, que podem ser intensificados. A espessura da tela intensificadora também exerce influência na qualidade da imagem, pois ela pode espalhar demasiadamente a energia luminosa e borrar a imagem.

O registro da imagem pode ser realizado de várias formas: a) filme radiográfico, no qual a energia luminosa provoca a neutralização do íon prata (Ag^+) em Ag, e que após processamento químico forma o contraste nas imagens radiográficas; b) Placas de imageamento, amplamente usadas em radiografia computadorizada (CR) no lugar do filme, as quais registram as informações em estado “quase-estável” em cristais de fósforo e, posteriormente, são estimulados por varredura de laser para radiação (luz) e convertidas em sinal elétrico proporcional à energia absorvida; e c) matriz de detectores eletrônico de raio X (radiografia digital, DR), conectado diretamente ao sistema de imagem. As placas de imageamento são reutilizáveis, pois os cristais podem ser renovados com banhos de luz, e evitam todo o procedimento lento e anti-ecológico da revelação de filmes. A tecnologia do CR aproveita o investimento em equipamentos de raio X, uma vez que pode ser utilizada no lugar do filme. A radiografia digital (DR) é completamente digital e implica na troca de todo o equipamento, no entanto é mais rápido e causa menor absorção radioativa ao paciente.

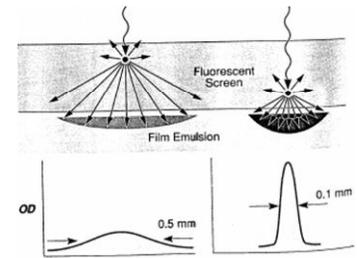


Figura 4. Efeito da espessura do cintilador



Figura 5. Pneumonia no lobo superior direito

APLICAÇÃO NA MEDICINA

O raio X se destaca pelo seu baixo custo e rapidez. Todavia, um paciente não deve se expor ao raio X prolongada ou repetidamente. É necessário atentar para a saúde do paciente, afinal o raio X é uma energia ionizante, ou seja, a sua energia é suficiente para remover elétrons dos átomos. A exposição prolongada ou repetida pode ser cancerígena. A unidade SI utilizada para medir a dose absorvida (energia) é o gray (Gy) e equivale à quantidade de radiação necessária para depositar um Joule (J) de energia em um kg de matéria (J/kg). Os efeitos em tecidos biológicos devido à radiação é medida em sievert (Sv), que é a dose equivalente ao raio X. Portanto, para o caso de raio X, 1 Gy é igual a 1 Sv.

O raio x é largamente utilizado na avaliação de patologias localizadas no tórax, tais quais: Pneumonia (Fig5), derrame pleural, pneumotórax.

Devido à alta absorção do raio X pelos ossos, o alto contraste permite que se possa diagnosticar fraturas ósseas (fig. 6)

Um outro diagnóstico importante obtido pelo raio X é a obstrução intestinal. Na Fig7 pode-se ver a distensão das alças do intestino.



Figura 6. Raio X de um osso fraturado



Figura 7. Obstrução de

Raio X do tórax	0,02 mSv
Mamografia	0,4 mSv
CT do tórax	7 mSv
Radiação natural ambiente	3 mSv/ano
Cateterismo	15 mSv
Cintilografia do miocárdio	15 mSv
Instantâneo e letal	4 Sv