

Produção de raios-X, Interação com a Matéria, Proteção Radiológica, Instrumental

Prof. Dr. Paulo Mazzoncini de Azevedo Marques

Centro de Ciências das Imagens e Física Médica

Departamento de Clínica Médica

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP

<http://cci.fmrp.usp.br>

Raios-X YouTube

- [YouTube - how x ray Works](#)
- [YouTube - How does an X-ray Tube Work \(Radiation Protection\)](#)
- http://www.youtube.com/watch?v=F9isU_UY67I&feature=related
- <http://www.youtube.com/watch?v=I3s5HFQ2YME&NR=1>

Raios-X: radiação eletromagnética produzida quando elétrons (e) em alta velocidade colidem com um alvo metálico (geralmente de tungstênio). Dois processos distintos ocorrem:

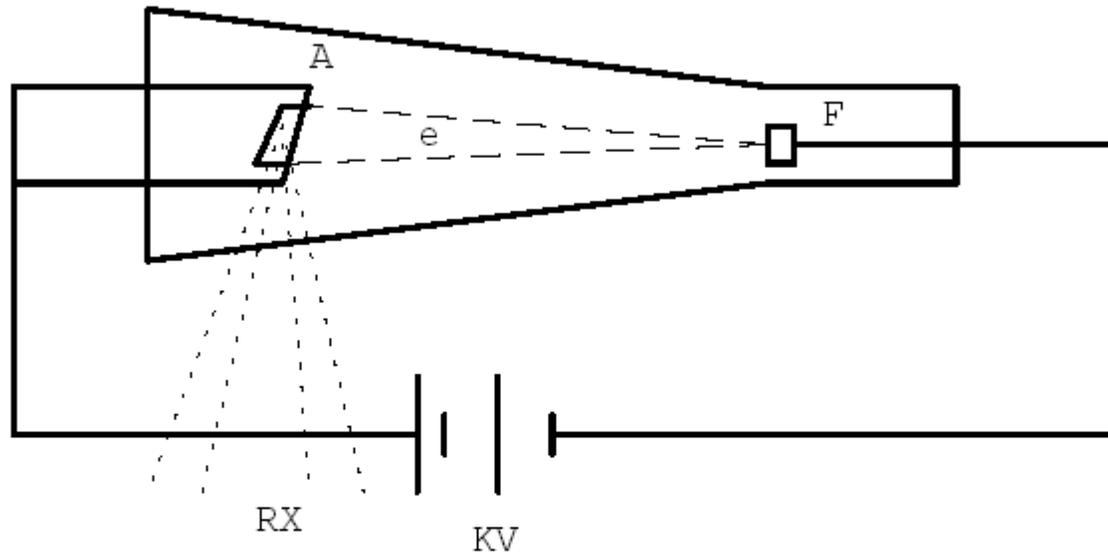
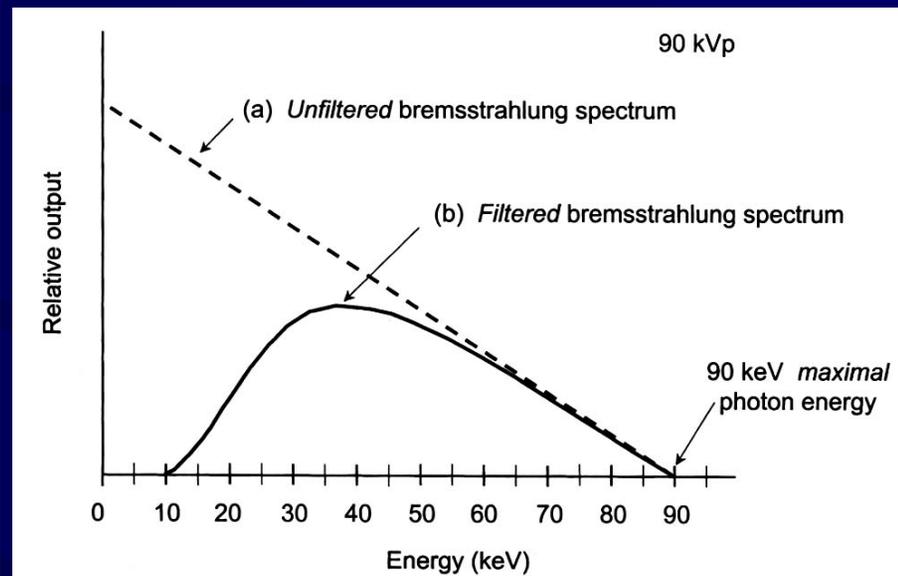
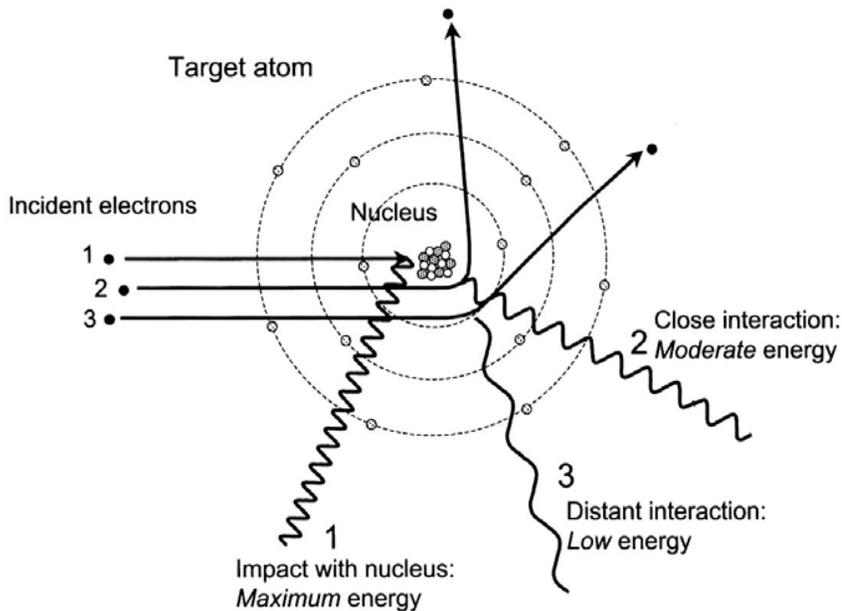


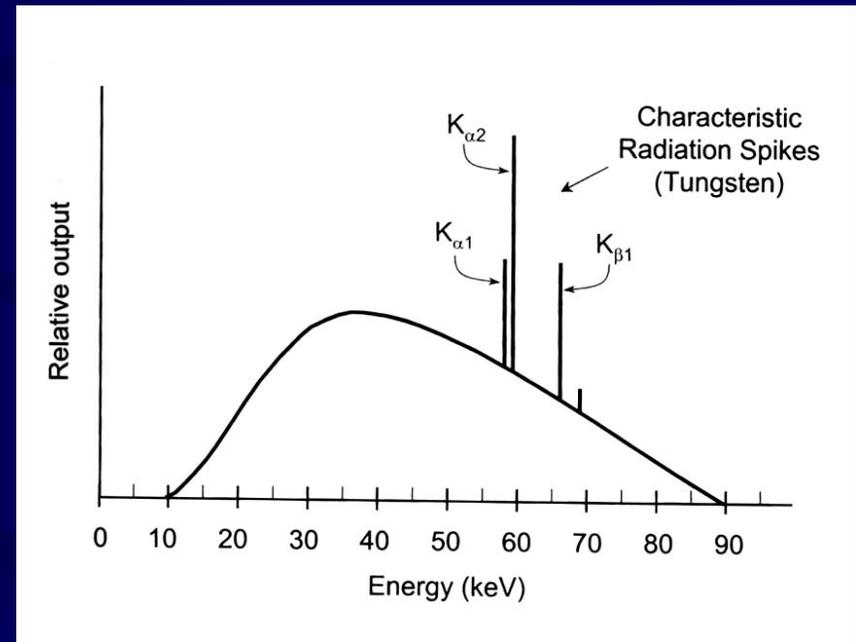
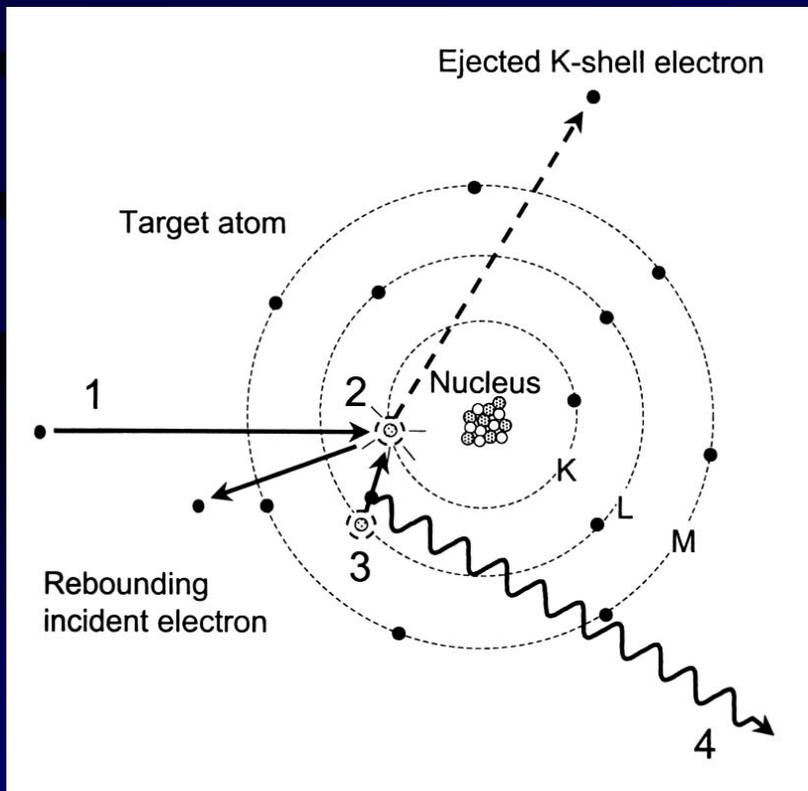
Fig. 1) Esquema simplificado de um filamento (F) de tungstênio (fonte de elétrons) e um alvo (A), também de tungstênio, colocados dentro de um tubo de vidro a vácuo, onde são produzidos os raios-X. Para acelerar os elétrons, é necessária a aplicação de uma alta voltagem (kV) entre o filamento e o alvo. Dessa forma, há emissão de raios-X somente quando o equipamento emissor é acionado (ligado à força elétrica), em distinção aos raios α , β e γ , que são emitidos continuamente. Os raios-X e os raios- γ diferem somente na sua origem.



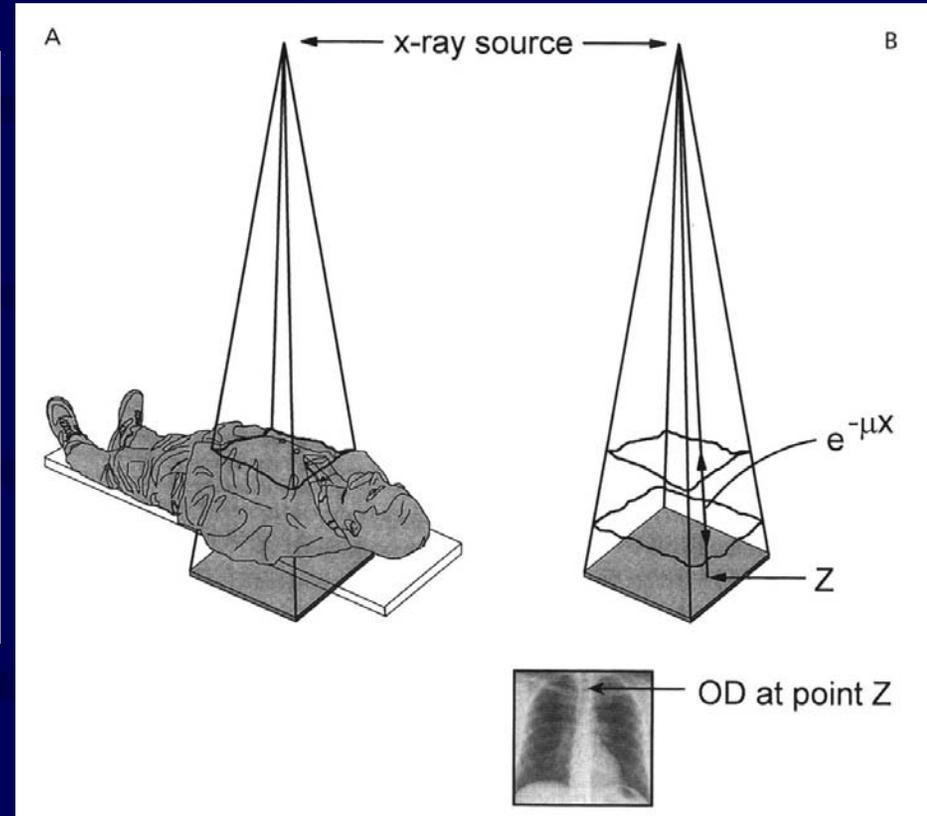
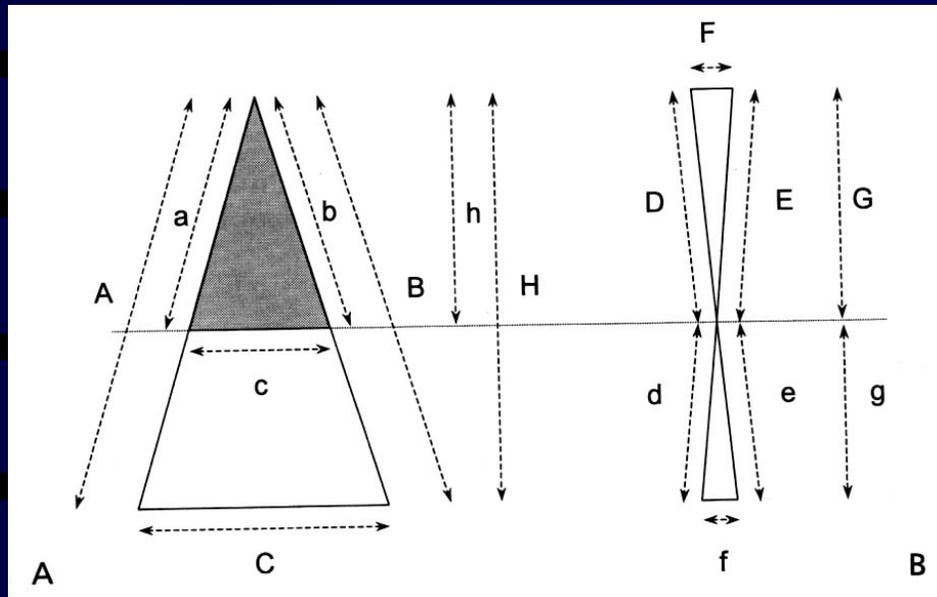
- raios-X "Bremsstrahlung": os elétrons passam muito próximos dos núcleos dos átomos do alvo, interagem com estes (atração elétrica), sendo desviados de sua trajetória e fortemente desacelerados. Parte da energia perdida (1%) aparece na forma de raios-X; o restante (99%) é convertido em calor.



- raios-X característicos: os elétrons podem também remover elétrons de camadas eletrônicas dos átomos do alvo, deixando lacunas que são imediatamente preenchidas por elétrons de camadas mais externas. Acompanhando esse rearranjo, surge a emissão de raios-X característicos. A energia dos RX característicos correspondem à diferença entre as energias de ligação das camadas envolvidas no processo.



Formação da Imagem Radiológica



Contraste da Imagem:

Contraste do objeto (composição, estado físico)

Contraste do feixe (energia)

Contraste de detecção/exibição (detector, monitor)

Interação da Radiação X e γ com a Matéria

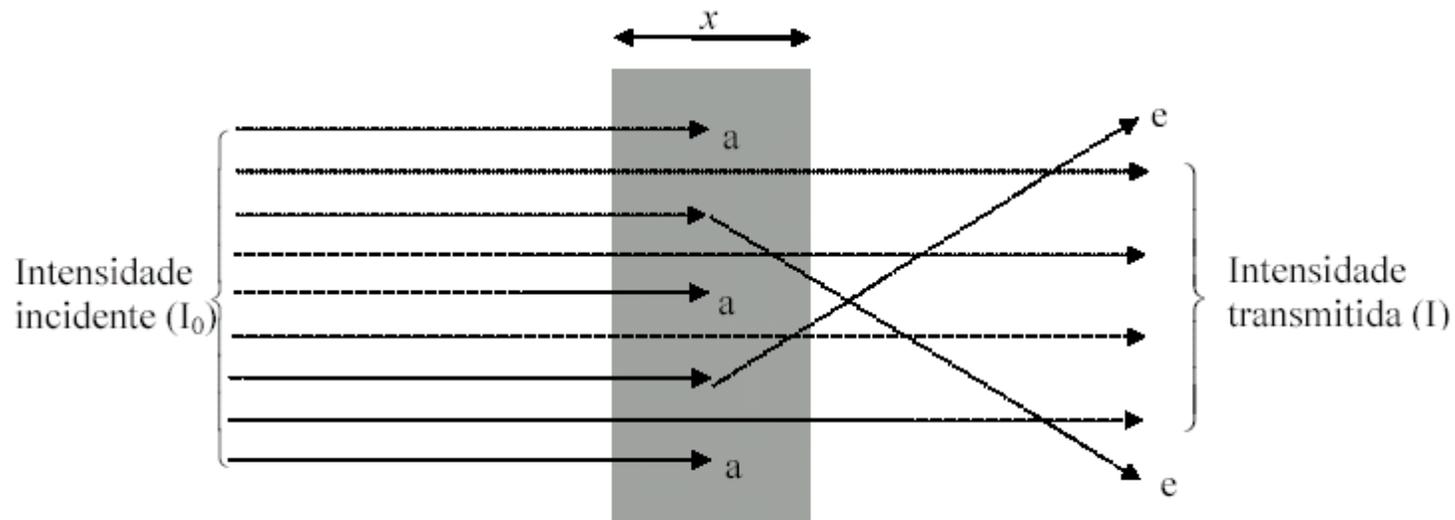


Fig. 1) Esquema ilustrativo do que pode ocorrer quando um feixe de raios-X ou raios- γ penetra num material (Z, ρ, x). As letras “a” e “e” denotam as intensidades absorvida e espalhada, respectivamente. A intensidade atenuada corresponde à soma das intensidades absorvida e espalhada.

Lei da atenuação exponencial:
$$I = I_0 e^{-\mu[Z,\rho,1/E]x}$$

onde: I_0 é a intensidade incidente no material;

$\mu (Z,\rho,E)$ é o coeficiente de atenuação linear (cm^{-1}) do material de número atômico Z e densidade ρ para a energia E ;

I é a intensidade transmitida pela espessura x do material sem sofrer nenhum tipo de interação.

Interação da Radiação X e γ com a Matéria

- Efeito fotoelétrico:

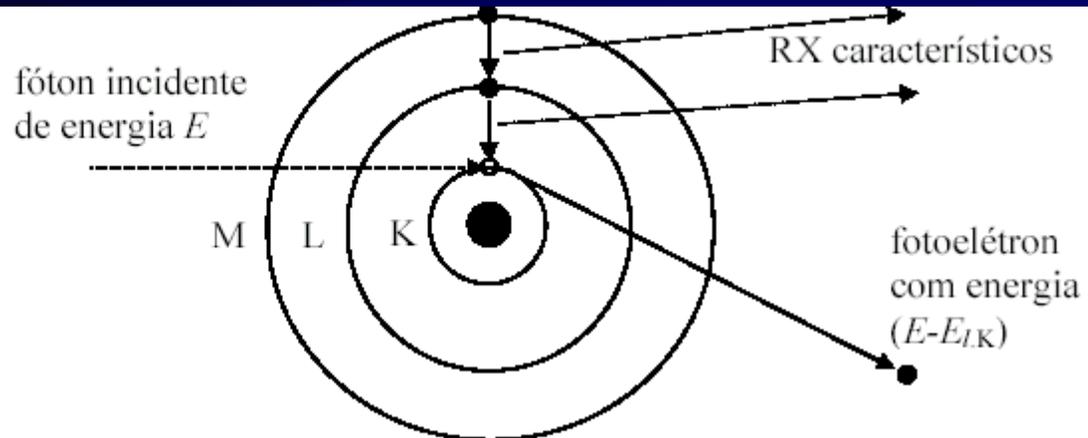


Fig. 4) Ilustração do efeito fotoelétrico: o fóton incidente interage com um elétron de camada interna do átomo do meio, a quem cede toda a sua energia (e desaparece). O elétron é expulso do átomo e a lacuna deixada por ele é preenchida por outro elétron de camada mais externa, havendo a emissão de raio-X característico.

Características:

- 1) Absorção sem espalhamento. Contribui muito para a dose recebida pelo paciente, mas também produz um bom contraste da imagem.
- 2) $E > E_{\text{ligação do elétron}}$ para ocorrer efeito fotoelétrico. A diferença de energia $(E - E_{l,e})$ é transferida ao fotoelétron.

Interação da Radiação X e γ com a Matéria

- Espalhamento incoerente (Compton):

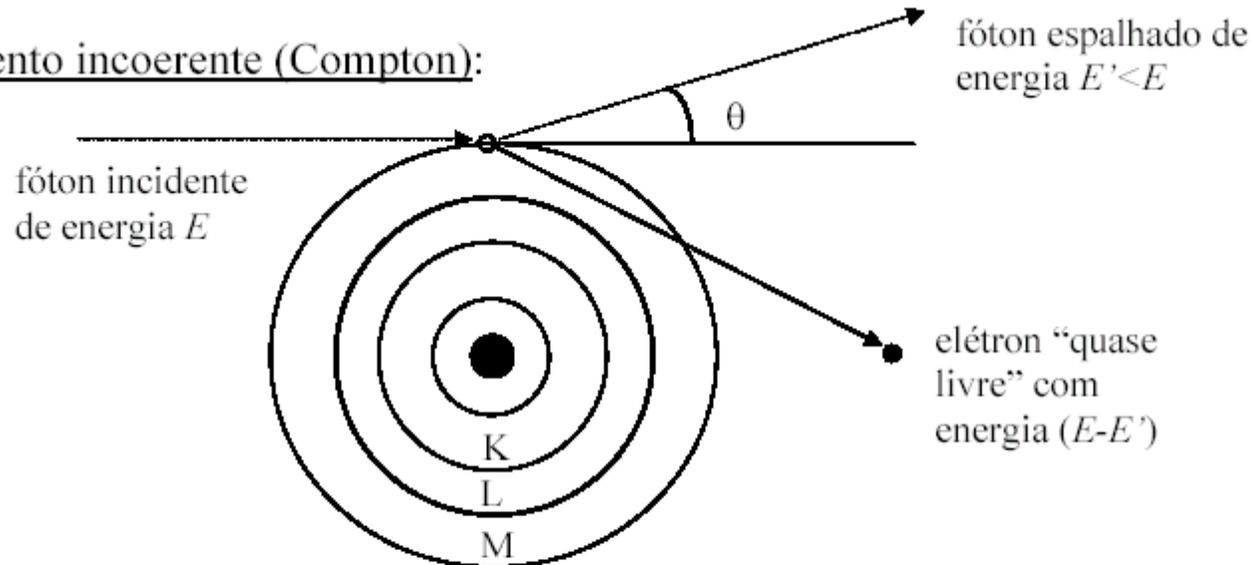
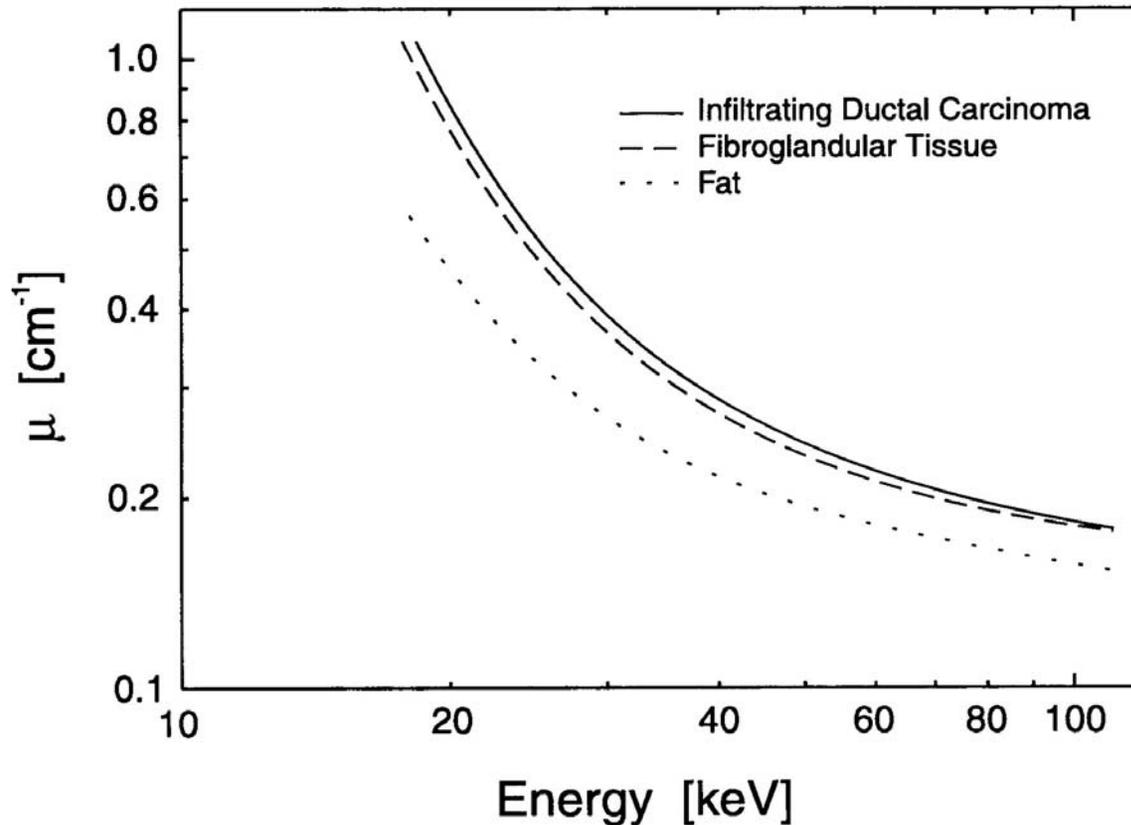


Fig. 3) Ilustração do efeito Compton: o fóton incidente é desviado de sua trajetória com alguma perda de energia, que é cedida a um elétron "quase livre" (de camada externa ou fracamente ligado) do átomo do meio.

Características:

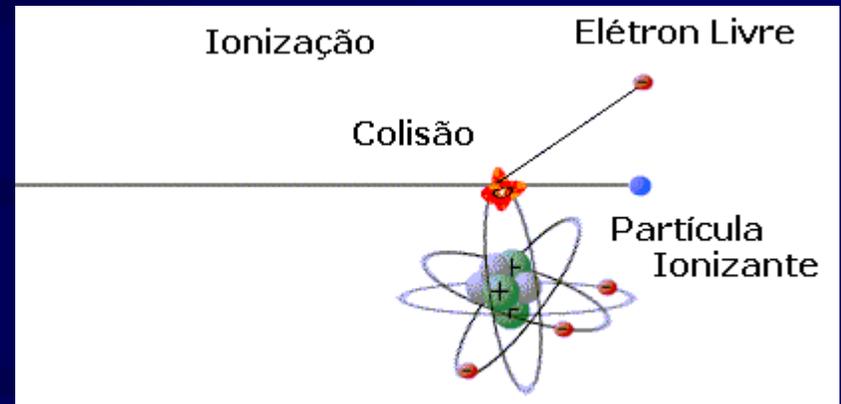
Interação da Radiação X e γ com a Matéria

Coeficiente de atenuação total: $\mu = \mu_{coer.} + \mu_{Comp.} + \mu_{fot.} + \mu_{p.p.}$
0 (em Radiodiagnóstico)



Radiação ionizante

é aquela energia que, ao encontrar átomos, moléculas ou tecidos, pode produzir íons (átomos ionizados) através da retirada de elétrons.



Dentro do tecido humano, ou na matéria orgânica, esta ionização produz os “radicais livres” e pode levar a uma quebra de moléculas, isso ocasiona uma interrupção ou modificação do processo de multiplicação celular. Moléculas importantes como as de DNA, cuja função é transportar os genes, podem ser modificadas, causando assim, os efeitos genéticos da radiação.

EFEITOS BIOLÓGICOS DA RADIAÇÃO IONIZANTE

**Entre os danos que a radiação pode causar nas células,
pode ocorrer:**

- **Morte prematura da célula;**
- **Incapacidade de se reproduzir;**
- **Transformação em uma célula viável, porém modificada**

CLASSIFICAÇÃO DOS EFEITOS BIOLÓGICOS

Os efeitos biológicos classificam-se quanto:

1°- A DOSE ABSORVIDA

- ESTOCÁSTICO;
- DETERMINÍSTICO.

2°- AO TEMPO DE MANIFESTAÇÃO

- IMEDIATOS;
- TARDIOS OU RETARDADOS.

3°- AO NÍVEL DE DANO

- SOMÁTICO;
- GENÉTICOS.

EXPOSIÇÕES ACIDENTAIS COM ALTAS DOSES

**1º. SÍNDROME DE IRRADIAÇÃO
AGUDA.**

2º. ABERRAÇÕES CROMOSSÔMICAS.

SÍNDROME DE IRRADIAÇÃO AGUDA.

FORMA	DOSE ABSORVIDA	SINTOMAS
Infra - clínica	< 1Gy	Ausência de sintomas, na maioria dos indivíduos
Reações leves generalizadas	1 a 2Gy	Astenia, Náuseas, Vômitos, de 3 a 6 horas após a exposição efeitos desaparecendo em 24h.
Síndrome Hematopoiética Leve	2 a 4Gy	Depressão da função medular (linfopenia, leucopenia, trombopenia, anemia). Máximo em 3 semanas após a exposição e voltando ao normal em 4 a 6 meses.
Síndrome Hematopoiética Grave	4 a 6Gy	Depressão severa da função medular
Síndrome do sistema gastro-intestinal	6 a 7Gy	Diarréia, vômitos, hemorragia
Síndrome Pulmonar	6 a 10Gy	Insuficiência respiratória aguda
Síndrome do Sistema Nervoso Central	10Gy ou mais	Coma e morte, horas após a exposição.

SÍNDROME DE IRRADIAÇÃO AGUDA.

SOBREVIVÊNCIA:	Provável	Possível	Improvável
Dose Absorvida:	Moderada(1- 3Gy)	Meio letal(4 -7Gy)	Letal (>8Gy)
Semanas após a exposição	SINTOMAS		
1	Fase latente, nenhum sintoma definido	Náusea, vômito	Náusea, vômito, diarreia, garganta inflamada, úlcera, febre, emagrecimento rápido e morte
2		Depilação, perda de apetite, indisposição, garganta dolorida, diarreia, emagrecimento e morte	
3 4	Depilação, perda de apetite, indisposição, garganta dolorida, diarreia, emagrecimento moderado		

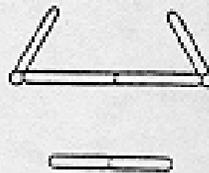
ABERRAÇÕES CROMOSSÔMICAS.



**Break in each chromatid
(isochromatid deletion)**



Sister union



**Dicentric chromatid,
N.B. symmetrical plus
acentric chromatid fragmen**

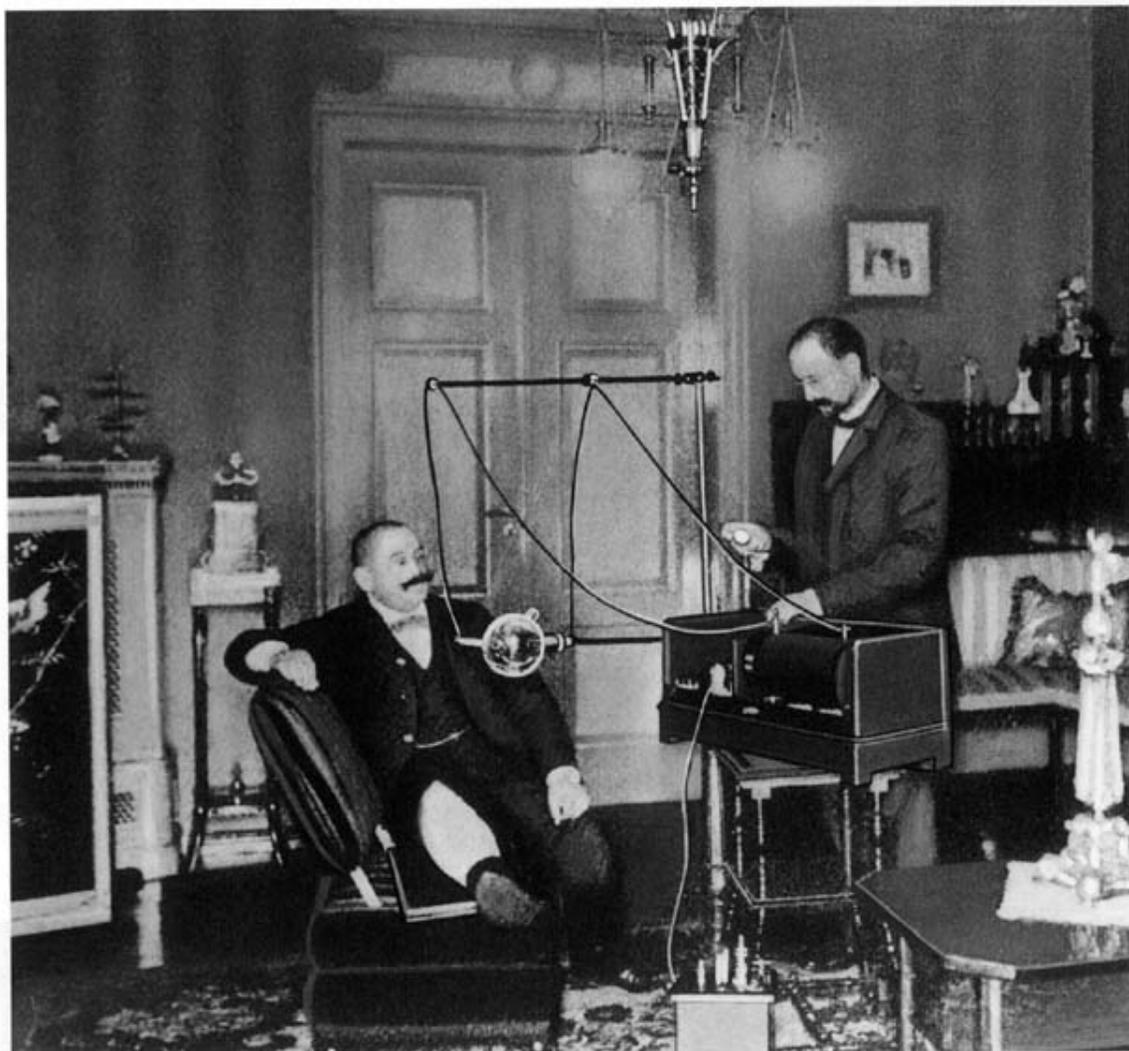
C



▷ Cartoonists interpreted the new sensation in their own way: as a different "Form of photography" (Time Life)



▷ The exposure of the hand of Privy Councillor Koelliker was made on 23 January 1896 in Wurzburg in the only public demonstration done by W. C. Roentgen



△ Even around 1900 a mobile X-ray system named "Roentgen cabinet" was part of the equipment in a consultation room.

Handwritten signature or text, possibly 'Prof. Dr. W. C. Roentgen'.



Clinica do Dr. Kassabian na Filadelfia nos Estados Unidos (1901)



a)



b)



c)



d)

Seqüência de fotografias das mãos de Kassabian (1870-1910), um dos primeiros mártires da Radiologia

PRINCÍPIOS BÁSICOS RADIOPROTEÇÃO

- Princípio da Justificação –

Qualquer atividade envolvendo radiação ou exposição deve ser justificada em relação a outras alternativas e produzir um benefício líquido positivo para a sociedade.

- Princípio da Otimização –

O projeto, o planejamento do uso e a operação de instalação e de fontes de radiação devem ser feitos de modo a garantir que as exposições sejam tão reduzidas quanto razoavelmente exequível, levando-se em consideração fatores sociais e econômicos (Princípio Alara).

PRINCÍPIOS BÁSICOS RADIOPROTEÇÃO

- Princípio da Limitação da Dose Individual -

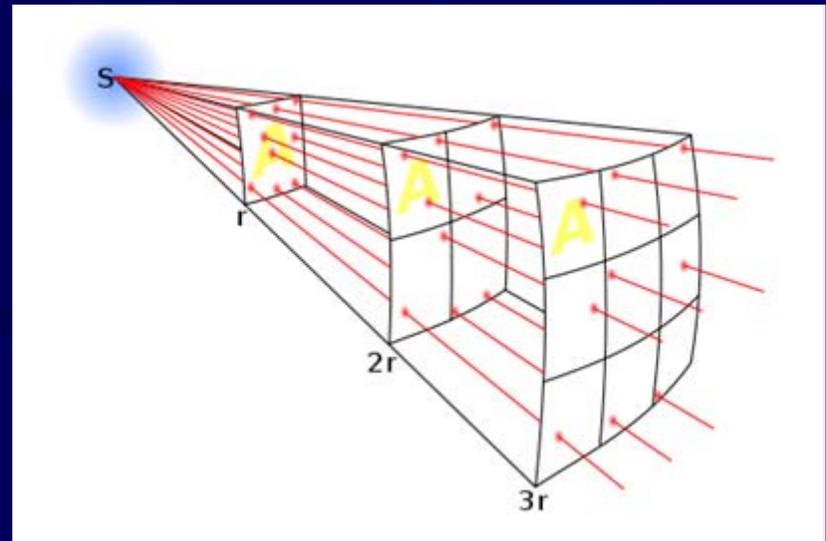
As doses individuais de trabalhadores e de indivíduos do público não devem exceder os limites anuais de dose equivalente estabelecidos em normas.

FATORES DE RADIOPROTEÇÃO

- **TEMPO**



- **DISTÂNCIA**



- **BLINDAGEM**



Acidentes Radioativos

<http://youtu.be/k47p5xEVeIQ>

[YouTube - Acidente com radiação de Goiânia com Césio 137](#)

http://www.youtube.com/watch?v=BS2_RL_CzQc&feature=fv_wrel

http://www.youtube.com/watch?v=WYg1xyD_yxE