UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SÃO PAULO

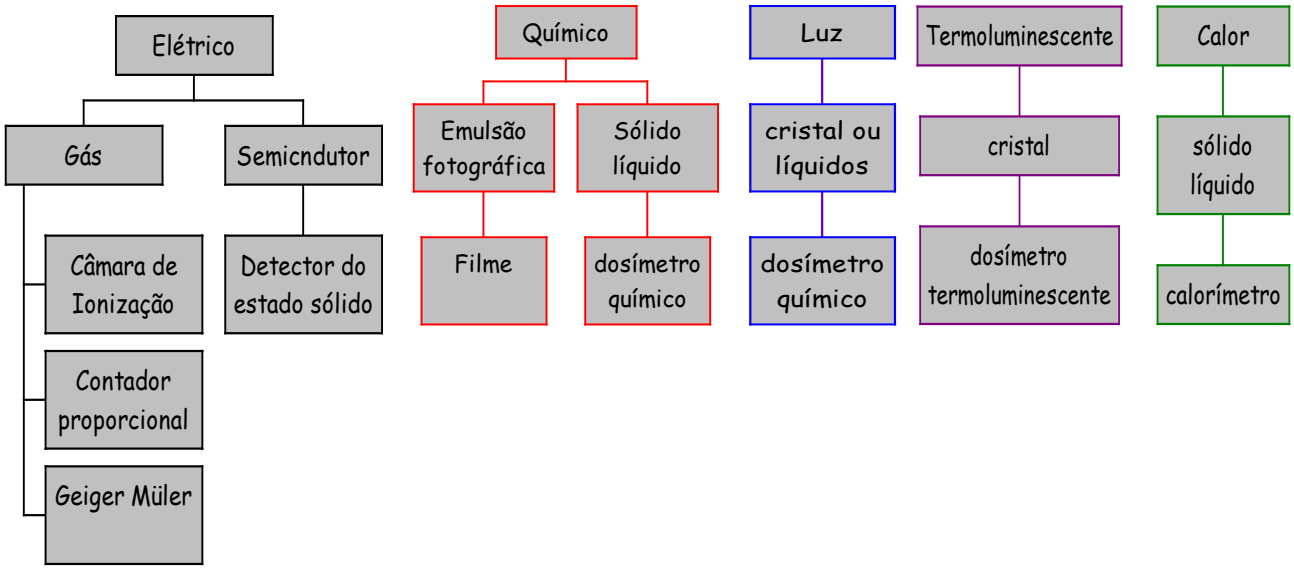
Detectores de Radiação Ionizante

As radiações ionizantes por si só não podem ser medida diretamente, a detecção é realizada pelo resultado produzido da interação da radiação com um meio sensível (detector). Em um *sistema detector* os detectores de radiação são os elementos ou dispositivos sensíveis a radiação ionizante utilizados para determinar a quantidade de radiação presente em um determinado meio de interesse. A integração entre um detector e um sistema de leitura (medidor), como um eletrômetro ou a embalagem de um detector é chamado de *monitor* de radiação. Os sistemas detectores que indicam a radiação total a que uma pessoa foi exposta são chamados de *dosímetros*.

Com isto, os efeitos produzidos pela interação da radiação com o detector permitem chegar a conclusões sobre a quantidade e propriedades da radiação detectada.

Efeitos da radiação usados na detecção da radiação

No esquema abaixo, encontram-se representados os principais efeitos físicos e químicos da radiação ionizante, atualmente utilizados como propriedade iterativa para detecção de radiação ionizante, bem como os meios utilizados na detecção e características estruturais de cada tipo de detector.



Neste texto, serão abordadas as características principais dos detectores e monitores que são rotineiramente utilizados em radioproteção na área médica e pesquisas biomédicas.

1- Os detectores a gás

Os detectores a gás são conhecidos também como detectores por ionização em gases. Isto porque a radiação incidente no volume sensível (o gás) cria pares de íons que podem ser contados em um dispositivo de medida elétrica (eletrômetro).

Os detectores a gás podem ser do tipo *pulso* ou do tipo *não pulso* (ou *nível médio*).

Os detectores tipo *pulso*, são aqueles que a interação da radiação no meio detector origina um pulso de voltagem. Nos detectores do tipo *não pulso*, obtém-se diretamente a medida do efeito médio devido ao grande número de interações da radiação com o detector [(2)].

Na figura 1 está representada esquematicamente a forma de detecção da radiação dos detectores a gás.

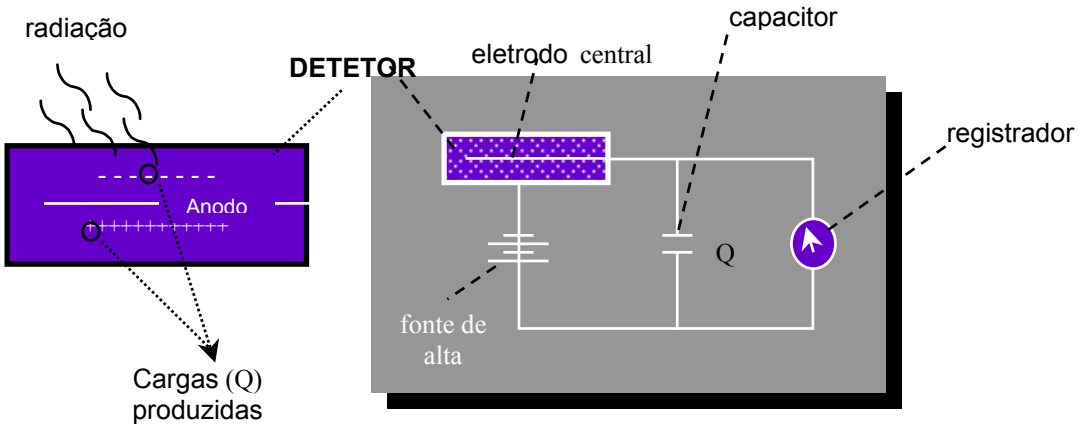
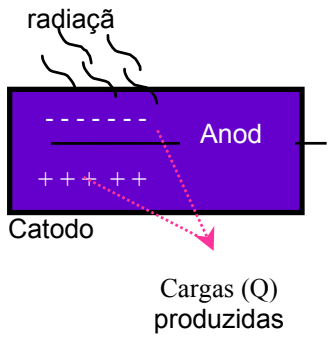


Figura 1: Representação esquemática de um detector do tipo gasoso.

Gráfico de carga coletada (Q) em função da tensão aplicada

Os detetores a gás possuem eficiência dependente da tensão aplicada no volume detector. No gráfico 1 pode-se verificar as características do detector em função da tensào aplicada ao gás.



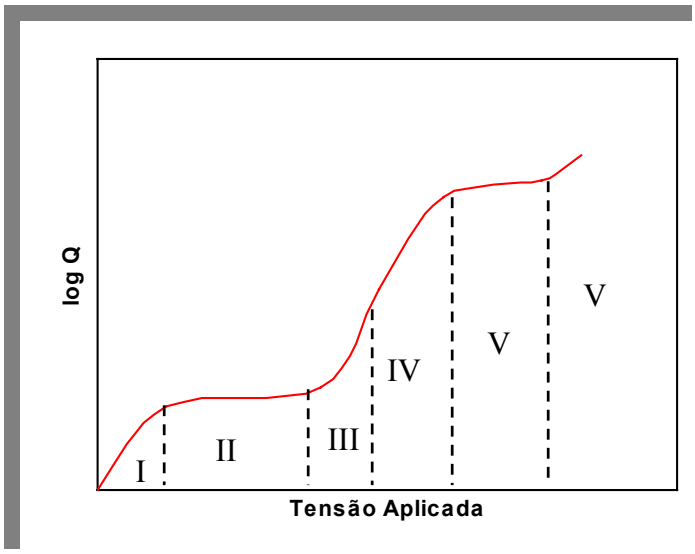


Gráfico 1: Curva do detetor a gás.

Características das Regiões do gráfico 1:

I - Os pares de íons recombinam-se e não há registro de pulso.

II - Região das **Câmaras de Ionização**: Cessa a recombinação, todos os pares de íons são coletados. Ocorre a produção de pulsos independentes da tensão aplicada, mas proporcional a energia da radiação incidente.

III - Região **proporcional**: pouco utilizada. Ocorre a aceleração dos íons produzidos pela radiação, que ionizam outras moléculas de gás.

IV - Região pouco utilizada, pois a carga depende da tensão de forma não linear.

V - Região do **Geiger-Muller**: o número de íons é grande devido a ionizações até quaternárias independentes da energia e do tipo da radiação.

VI - Região de descarga elétrica contínua (avalanche). Não utilizamos equipamentos nesta região em radioproteção.

1.1- Câmara de Ionização

As Câmaras de Ionização operam na *Região II* do gráfico I. Os pares de íons produzidos no interior da câmara são coletados, e a quantidade de íons produzida depende da energia e do poder de ionização da radiação incidente. As câmaras de ionização são utilizadas para detecção de radiação α, β e fótons. Este equipamento é muito utilizado na prática de radioproteção principalmente para detecção de radiação secundária. Na figura 2, está representado um sistema detector onde uma câmara de ionização especial para medidas de radiação secundária em níveis de energia usuais em radiodiagnóstico, encontra-se acoplada um eletrômetro.

Figura 2: Câmara de Ionização acoplada a um eletrômetro

1.2- Detector proporcional

Os detectores proporcional operam na *Região III* do gráfico 1. Após a interação da radiação ionizante no volume gasoso, ocorre a aceleração dos íons produzidos que ionizam outras moléculas de gás não atingidas pela radiação, por isto, ocorre uma multiplicação do número de pares de íons originais por um fator constante (M). A quantidade de carga produzida, portanto, é multiplicada por *M* que por sua vez gera um pulso proporcional à energia da radiação.

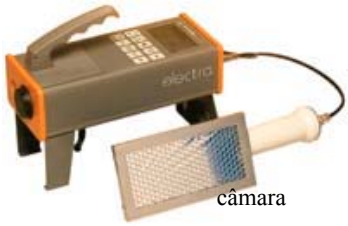


Figura 3: Camara proporcional acoplada a um eletrômetro de bancada.

Devido a presença do fator M, os detetores proporcionais apresentam uma vantagem em relação as Câmaras de Ionização, pois existe um fator amplificador do sinal gerado no volume sensível gasoso.

Estes detectores podem detectar altas taxas de contagens e discriminar partícula α na presença de β.

Normalmente os detectores proporcionais são utilizados na monitoração de contaminação. Na figura 3, encontra-se a foro de um medidor de contaminação de bancada onde a câmara está acoplada um eletrômetro de bancada.

1.3- Detector Geiger-Muller (GM)

Este tipo de detector opera na *Região V.* São muito utilizados, desde 1928, para avaliar níveis de radiação ambiente. Possuem alta sensibilidade e projeto eletrônico simplificado e robusto, são portáteis e de fácil manipulação. São versáteis na detecção de diferentes tipos de radiação, mas não permitem a discriminação do tipo de radiação e nem da energia, o que torna sua aplicação bastante limitada.

Figura 4: Câmara de Ionização do tipo GM acoplada a um eletrômetro

Geralmente os GM são utilizados para detecção de radiação β e γ. Um exemplo de detector GM encontra-se representado na figura 4. Além da conformação apresentada na figura 4 podemos encontrar no mercado sistemas de detecção GM de vários tamanhos.

2- Detectores do estado sólido

Este tipo de detector tem a característica de um semicondutor, ou seja, são bons condutores a baixa temperaturas e vão se tornando maus condutores com a elevação da temperatura.

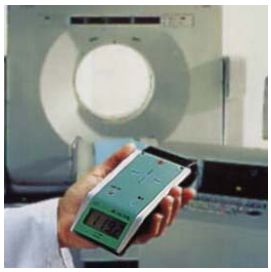


Figura 5: Equipamentos que utilizam sensores do estado sólido

Os materiais semicondutores mais utilizados como meio detector de radiação ionizante é o Germânio e Silício. Sua principal característica, que torna este material conveniente para utilização em medidores de radiação, baseia–se na sua alta resolução para determinar a energia da radiação incidente, desta forma, tem-se pequenas flutuação e menor incerteza na medida.

Na figura 5 encontra-se a representação de dois equipamentos que utilizam semicondutores como detector: O equipamento no fundo da foto é um Tomógrafo, este tipo de equipamento utilizar detectores do estado sólido ou a gás para a formação da imagem; anterior ao tomógrafo, encontra-se representado um monitor de radiação X, onde seu detector é de material semicondutor.

3- Detetores de Cintilação

Alguns materiais emitem luz quando irradiados chamamos esta luz de cintilação.

A medida da luz emitida por cintiladores irradiados só foi possível após a descoberta das válvulas fotomultiplicadoras, em 1947.

Usados em conjunto, cintilador e fotomultiplicadora, figura 6, o detector é capaz de medir altas taxas de contagens. Estes detectores podem ser considerados os mais eficientes na medida de raios γ, além de possibilitar a medida de partículas α e β.

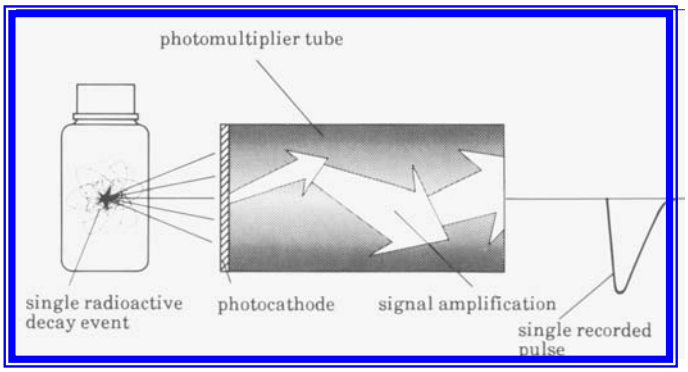


Figura 6: Princípio de detecção de um cintilador em conjunto a uma fotomultiplicadora

As principais vantagens dos cintiladores baseiam-se na sua capacidade de registrar e indicar a energia da radiação incidente.

Os cintiladores são muito sensíveis a variação de tensão aplicada a fotomultiplicadora e, portanto devem ser utilizados com equipamentos eletrônicos mais estáveis possíveis.

Os cintiladores podem ser do tipo sólido ou líquido:

- Sólidos: Utilizados em medidas de radiação γ por cristais cintiladores do tipo NaI(Tl), LiI(Eu), etc..

- Líquidos: Utilizados em medidas de radiação γ de baixa energia e de partículas β através de um veículo como o Tolueno.

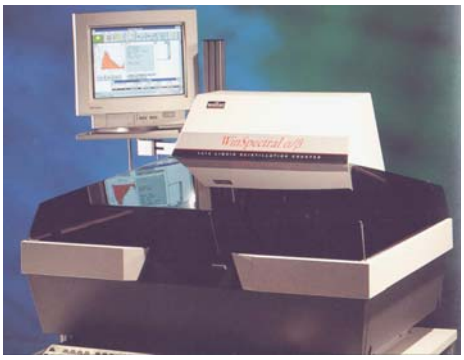


Figura 7: Equipamento contador de líquido cintilador.

4- Dosímetros Integradores

Os dosímetros integradores são instrumentos que indicam a exposição ou a dose absorvida a que um indivíduo foi submetido.

Características ideais para o bom desempenho de um dosímetro integrador são: a resposta da leitura dosimétrica deve ser independente da energia da radiação incidente; a sensibilidade do dosímetro deve operar no intervalo de 2,5 C/kg (10mR) a 129kC/kg (500R);medir toda a radiação recebida e possuir pequenas dimensões, leve e fácil manipulação

Os principais tipos de dosímetros integradores são: Filmes fotográficos, canetas dosimétrica e Termoluminescentes

4.1 Filmes fotográficos

Este tipo de detector baseia-se no princípio de sensibilização de chapas fotográficas por interação da radiação em emulsão fotográfica (figura 8). No caso dos dosímetros integrados do tipo filmes fotográficos a película de filme é acondicionada em uma embalagem que impede interferências ambientais tais como, luz e umidade. O filme (detector) é acondicionado em um porta dosímetro com filtros metálicos que sevem como atenuadores que permitem a identificação da energia e do tipo da radiação incidente.

Figura 8: Raios-X de tórax. Registro da imagem em emulsão fotográfica.

Neste tipo de dosímetro as medidas dosimétricas são indiretas. Após a interação da radiação no filme, utiliza-se a densidade ótica produzida na emulsão fotográfica, após processo de revelação em químicos, para determinar-se à medida dosimétrica.

Este tipo de sensor permite avaliações de doses no Intervalo de 10 mR a 1800 mR, para fótons e possibilita dosimetria beta com energia superior a 400 kVe, num intervalo entre 0,5 mGy (50 mrad) e 10 Gy (1000 mrad). Para isto, é necessária a calibração do sistema em função do tipo de filme utilizado e das condições de processamento dos filmes.

Uma das vantagens deste tipo de detector é a de permitir a documentação do registro dosimétrico para várias análises desde que acondicionados em condições ambientais adequadas, pois o calor e substâncias químicas podem afetar a resposta do filme e danifica-lo.

4.2 Canetas dosimétricas

As canetas dosimétricas ou câmara de ionização de bolso possuem dimensões de uma caneta comum. No seu interior existe uma câmara de ionização acoplada a um capacitor que armazena as cargas produzidas no volume detector. A carga armazenada no capacitor e medida após a exposição através de um leitor externo. Na figura 9 encontra-se representado um tipo de caneta dosimétrica ou dosímetro de bolso.

Figura 9 : Foto de um determinado tipo de dosímetro de bolso ou caneta dosimétrica.

Este tipo de dosimetro integrador necessita de calibração prévia. Operam no intervalo de leitura entre 0 a 200 mR (51,6 C/kg) com pouca precisão (15%, aproximadamente).

4.3 Dosímetros termoluminescentes

Alguns materiais cristalinos possuem a propriedade física de emitir luz quando expostos à radiação ionizante; esta propriedade é conhecida como **radioluminescência**. Da mesma forma, outros cristais irradiados com radiações ionizantes apenas emitem luz quando submetidos a uma taxa de aquecimento térmico, a esta propriedade chamamos de **termoluminescência**, este fenômeno foi notificado em 1663 (Londres) por Robert Boyle à “Royal Society” quando observou que um diamante emitia luz quando aquecido. Para fins dosimétrico o fenômeno da termoluminescência sói foi aceito por volta de 1945.

A quantificação da luz termoluminescente é feita por uma fotomultiplicadora acoplada ao sistema de aquecimento do material TL. A emissão de luz termoluminescente é representada por uma curva que relaciona luz emitida em função da temperatura de aquecimento e desta relação determinar a dose que incidiu previamente no detector. Nesta relação podem ocorrer vários picos de intensidade. A forma da curva de emissão depende dos tipos de cristal utilizado, da taxa de aquecimento e do tipo de leitora. Na figura 10 encontra-se um exemplo de material termoluminescene (TL) do tipo LiF:Mg conformado na forma de "chip" e em pó. Nesta mesma figura encontra-se uma forma de acondicionamento do dosímetro para fins de monitoração individual de trabalhadores.

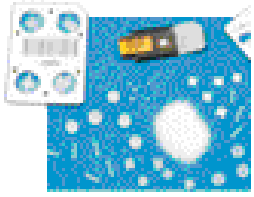


Figura 10: Exemplos de materiais TL em diferentes formatos.

Um cristal termoluminescente só pode ser utilizado como dosímetro se combinar algumas características. Estas características limitam bastante o número de materiais TL passíveis de emprego na dosimetria das radiações. Como características específicas que um dosímetro termoluminescente deve apresentar pode-se citar:

- Possuir elevada eficiência na emissão de luz;
- Estabilidade à temperatura em que o material vai ser utilizado;
- Combinação conveniente entre parâmetros de leitura e material TL;
- Curva de emissão simples;
- Resistência a variações ambientais, como: luz, umidade, gases etc.
- Resposta leitura –linear com a dose.

O dosímetro termoluminescente (TLD) apresenta várias vantagens em comparação aos demais métodos dosimétricos como:

- TLD pode medir exposições entre 10^{-5} e 10^{6} R;
- Sensibilidade a radiação gama, alfa, beta, Raio X, uv, e alguns a nêutrons;
- Facilidade de uso devido a seu tamanho reduzido, ou até em forma de pó;
- Rápida leitura de dose;
- Custo relativamente baixo e
- Reuso após tratamento térmico específico.

Na figura 11 encontra-se a foto de uma leitora de luz termicamente estimulada, utilizada normalmente para a medição da luz emitida por um TLD.

Figura 11: Leitora TLD.