

# Equipamentos e Manutenção em Radiodiagnóstico



*Prof. Luciano Santa Rita*

[www.lucianosantarita.pro.br](http://www.lucianosantarita.pro.br)  
[tecnologo@lucianosantarita.pro.br](mailto:tecnologo@lucianosantarita.pro.br)



# Conteúdo programático

- Teoria de manutenção
- Equipamentos diagnóstico por imagem com radiação ionizante
  - Radiologia convencional;
  - Mamógrafo;
  - Radiologia digital
  - Tomografia computadorizada;
  - Densitômetro.
- Equipamentos por imagem sem uso de radiação ionizante



# Bibliografia

1. Manual de técnica radiográfica – Autor: Francisco Lanari do Val
2. Ciências radiológicas para tecnólogos – Autor: Stewart C. Bushong;
3. Equipamentos médicos hospitalares e o gerenciamento da manutenção – Capacitação a distância – Autor: Prof. Dr. Saide Jorge Calil. Ministério da Saúde. Brasília – 2002.



# Introdução

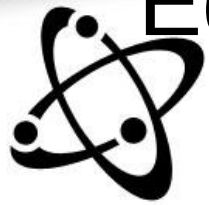
- A eficácia e o sucesso de um estudo radiológico **depende** da produção de imagens com qualidade diagnóstica. Radiografias sem qualidade **diminuem** a probabilidade de diagnóstico correto, **desacreditando** a imagem radiológica como instrumento eficaz de gerar este diagnóstico, ocasionando a realização de outros exames e **comprometendo** a qualidade percebida pelo cliente de saúde do serviço prestado.



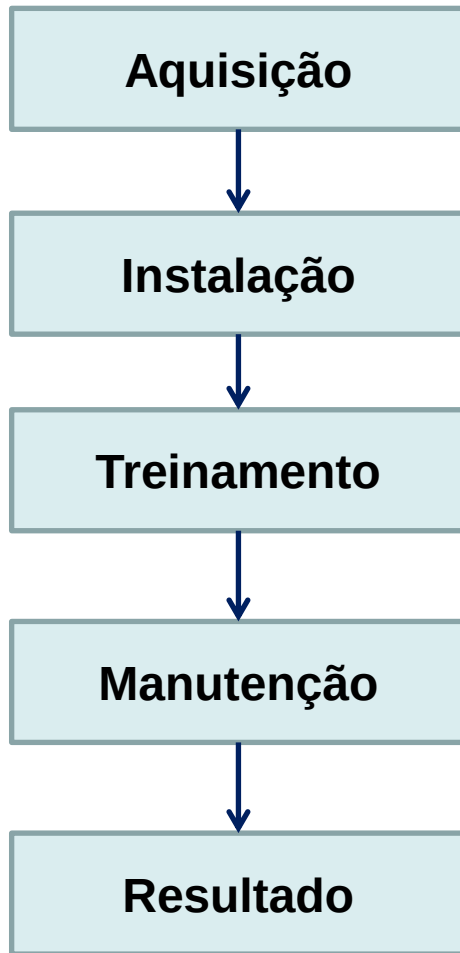


# Introdução

- Segundo Thomaz Ghilardi, um **defeito** isolado pode ser **momentaneamente** compensado **modificando** outro fator em outro ponto porém, solucionando somente por um **instante** o problema, e o que é **pior**, desestabilizando todo o processo de obtenção de uma imagem radiológica com qualidade diagnóstica.



# Equipamentos Médicos Hospitalares (EMH)



- Através deste procedimento consegue-se **especificação**, **viabilidade** e **planejamento** para o uso do equipamento;
- Uma instalação correta **aumenta** consideravelmente a vida útil do equipamento.
- Fundamental para a utilização correta dos equipamentos implantados, por ser a **má utilização** um dos principais causadores de danos.
- Programa amplo e fundamental para o **aumento** da capacidade, **vida útil** e aproveitamento integral dos equipamentos.
- Pode-se **avaliar** o desempenho e a eficiência da gerência de EMH adotada.



# Manutenção de EMH

- Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (**OPAS**), dos equipamentos existentes, o percentual de **indisponibilidade** por **falta** de algum aspecto referente a gerência de EMH oscila entre **30%** e um **intolerável** teto de **96%**, dependendo do tipo, especialidade, complexidade do hospital.
- Dados de **2003** informam que em torno de **U\$ 500 milhões** são gastos no país com ***equipamentos para diagnóstico por imagem.***



# Manutenção de EMH

- De acordo com a literatura internacional (Bronzino, 1992), o custo de um grupo de manutenção de equipamentos médico-hospitalares deve ficar entre 5% e 9% do valor do parque de equipamentos que o grupo efetivamente mantém. Valores fora dessa faixa podem indicar erros de gerenciamento.
- No Brasil ainda não existem dados publicados a esse respeito na área hospitalar. Entretanto, esse valor pode ser comparado com os custos de um contrato de manutenção (preventiva e corretiva) feito com empresas prestadoras de serviço nessa área.



# Manutenção de EMH

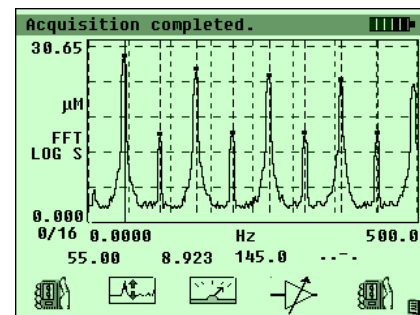
- Para equipamentos de alto custo e complexidade (Ultrassom, Tomógrafo Computadorizado, Ressonância Nuclear Magnética, etc.) os valores contratuais para mão-de-obra ficam dentro de uma faixa de 4,5 % a 9% do valor de um equipamento novo.
- A recomendação do manual<sup>1</sup> é que o custo total do grupo de manutenção não ultrapasse 7% do valor do parque de equipamentos que ele efetivamente mantém.

<sup>1</sup> (ref. n°3 do slide 3)



# Manutenção de EMH

- Tipos de manutenção
  - **Corretiva** (MC),
  - **Preventiva** (MP), e
  - **Preditiva** (MPd)





# Manutenção Corretiva

- Política de manutenção **predominante** em qualquer EAS, na grande maioria das vezes, a **única** empregada;
- Realidade encontrada em países em desenvolvimento, onde a preocupação é **restaurar** o equipamento, **não importando** a verificação de sua funcionalidade e segurança;
- Técnica de gerência que **espera** pela falha da máquina ou equipamento, antes que seja tomada qualquer ação de manutenção;



# Manutenção Corretiva

- Os maiores **dificuldades** associadas com este tipo de gerência de manutenção são:
  - **Altos custos** de peças sobressalentes;
  - **Altos custos** de trabalho extra;
  - **Elevado tempo** de paralisação da máquina ou equipamento; e
  - **Baixa disponibilidade** de produção ou horas de execução da atividades.





# Manutenção Corretiva

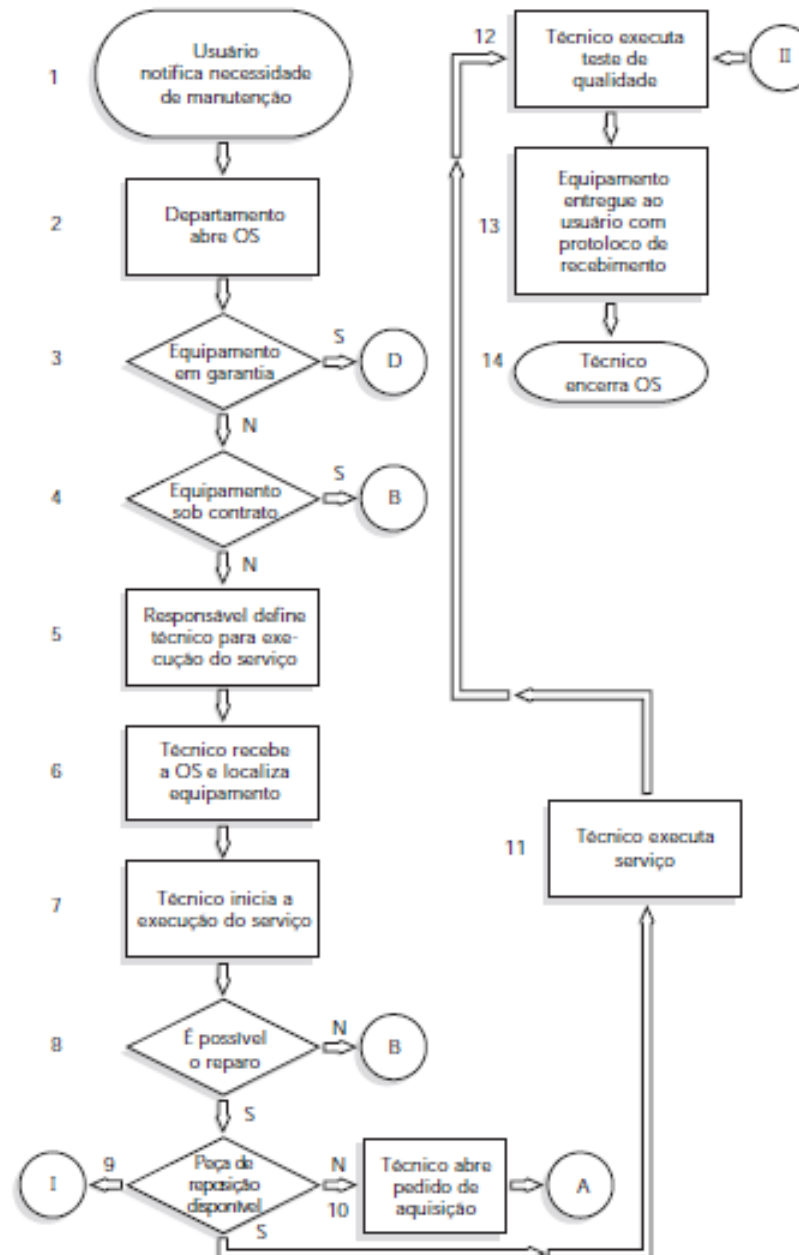
- Segundo um estudo da Associação Brasileira de Manutenção – **ABRAMAN**, envolvendo vinte setores da indústria brasileira, dentre eles o hospitalar, indicou a supremacia da manutenção corretiva - MC.
- A **ABRAMAN** afirma que no BRASIL (dados de 2003) a MC representa 27,92% dos recursos de hospitais privados aplicados na manutenção.



# Manutenção Corretiva

Exemplo de planejamento<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (ref. n°3 do slide 3)



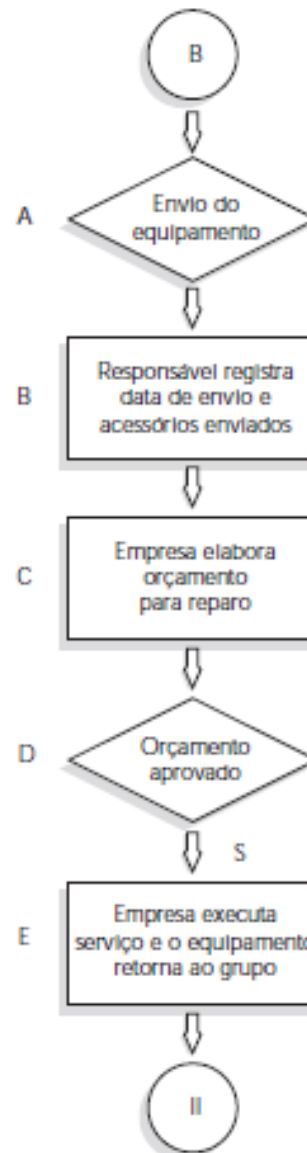


# Manutenção Corretiva

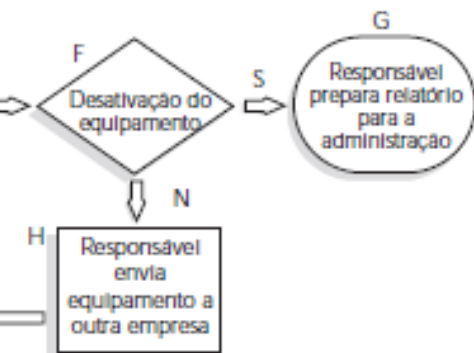
Exemplo de planejamento<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (ref. n°3 do slide 3)

## Sub-rotina de serviços terceirizados



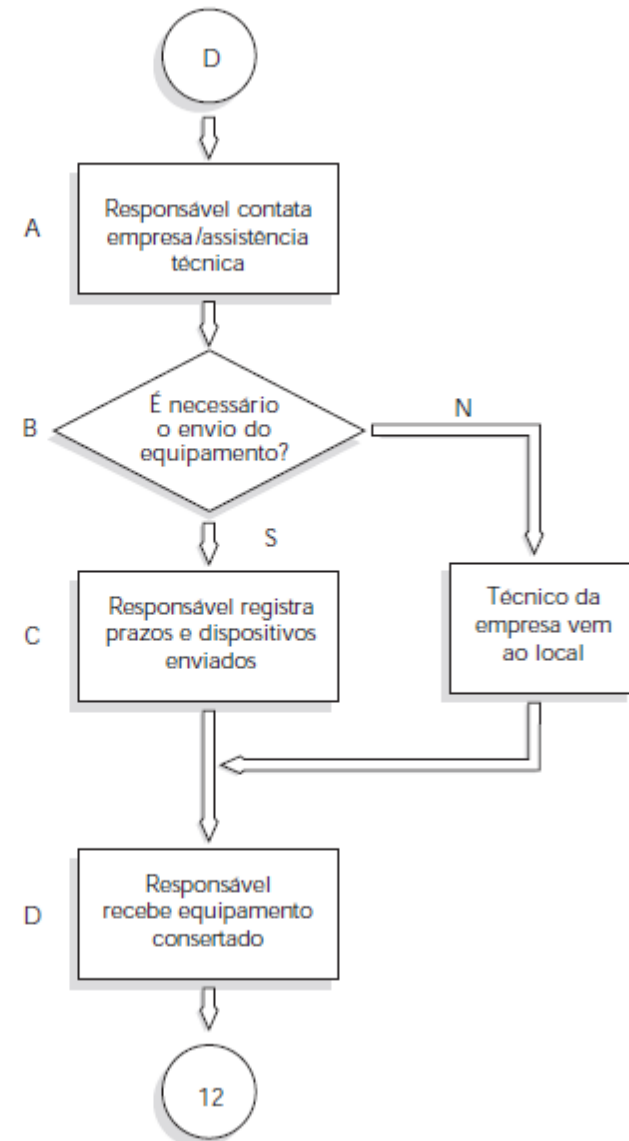
## Sub-rotina de orçamento





# Manutenção Corretiva

Exemplo de planejamento<sup>1</sup>



<sup>1</sup> (ref. n°3 do slide 3)

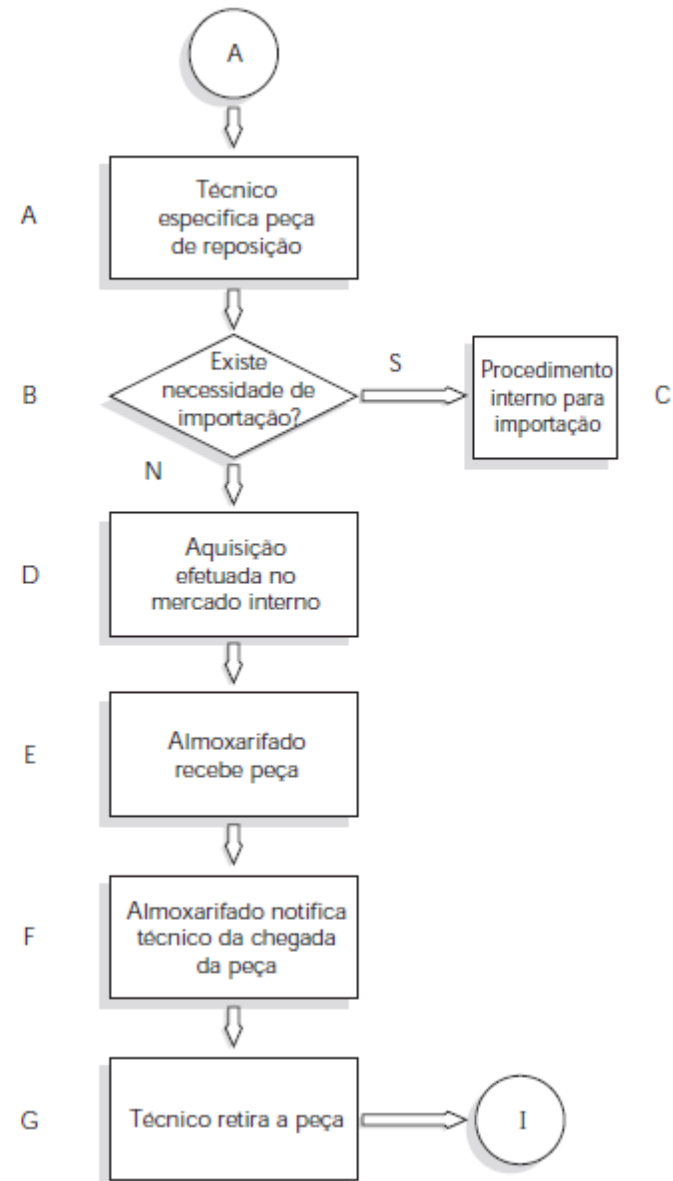


# Manutenção Corretiva

Exemplo de planejamento<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (ref. nº3 do slide 3)

## Sub-rotina de aquisição





# Manutenção preventiva

- Iniciada há 30 anos nos Estados Unidos, por influência da sua utilização na indústria a partir de 1950.
- Estendida aos equipamentos dos EAS, sobretudo em razão da pressão exercida pela sociedade para a prestação de serviços mais seguros e confiáveis.
- No Brasil a manutenção preventiva de equipamentos hospitalares surgiu no final da década de 80, com o **objetivo de diminuir custos e prolongar** a vida útil dos equipamentos.



# Manutenção preventiva

- Ao contrário da manutenção corretiva que visa ação corretiva de uma falha ocorrida, a manutenção preventiva (MP) caracteriza-se por procedimentos que ***visam antecipar-se à falha*** e corrigi-la.
- No estando um planejamento faz-se necessário para que se evite estratégias puramente curativa (MC) ou totalmente programadas (MP) afim de se evitar desperdícios de recursos tanto humanos quantos financeiros.



# Manutenção preventiva

| FREQÜÊNCIA DOS PROCEDIMENTOS DE MP                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MUITO ALTA                                                                                                                                                                      | ADEQUADA                                                                                                                                                                                            | MUITO BAIXA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• equipamento sempre calibrado, sem necessidade de mudanças</li></ul>                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• equipamento ligeiramente fora de calibração, sem ter a sua operação afetada</li></ul>                                                                       | <ul style="list-style-type: none"><li>• equipamento sempre fora de calibração, gerando resultados errôneos na operação</li></ul>                                                                                                                                                                                                 |
| <ul style="list-style-type: none"><li>• equipamento não precisa de limpeza</li><li>• peças e botões ajustados sem folgas</li><li>• não há necessidade de lubrificação</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• é necessária alguma limpeza</li><li>• lubrificação fará o equipamento funcionar adequadamente</li><li>• desajustes (folgas leves nos componentes)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• filtros de ventilação sujos, impedindo um fluxo de ar adequado</li><li>• desgaste devido à lubrificação inadequada</li><li>• falta de porcas ou parafusos</li><li>• botões frouxos e com folgas que tornam incertos os valores ajustados para o funcionamento dos equipamentos</li></ul> |
|                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• nenhuma reclamação sobre a operação do equipamento</li></ul>                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"><li>• reclamações freqüentes sobre a operação do equipamento</li></ul>                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>• freqüência reduzida de manutenções corretivas</li></ul>                                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"><li>• freqüência de MC aumenta ou fica inalterada</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                    |





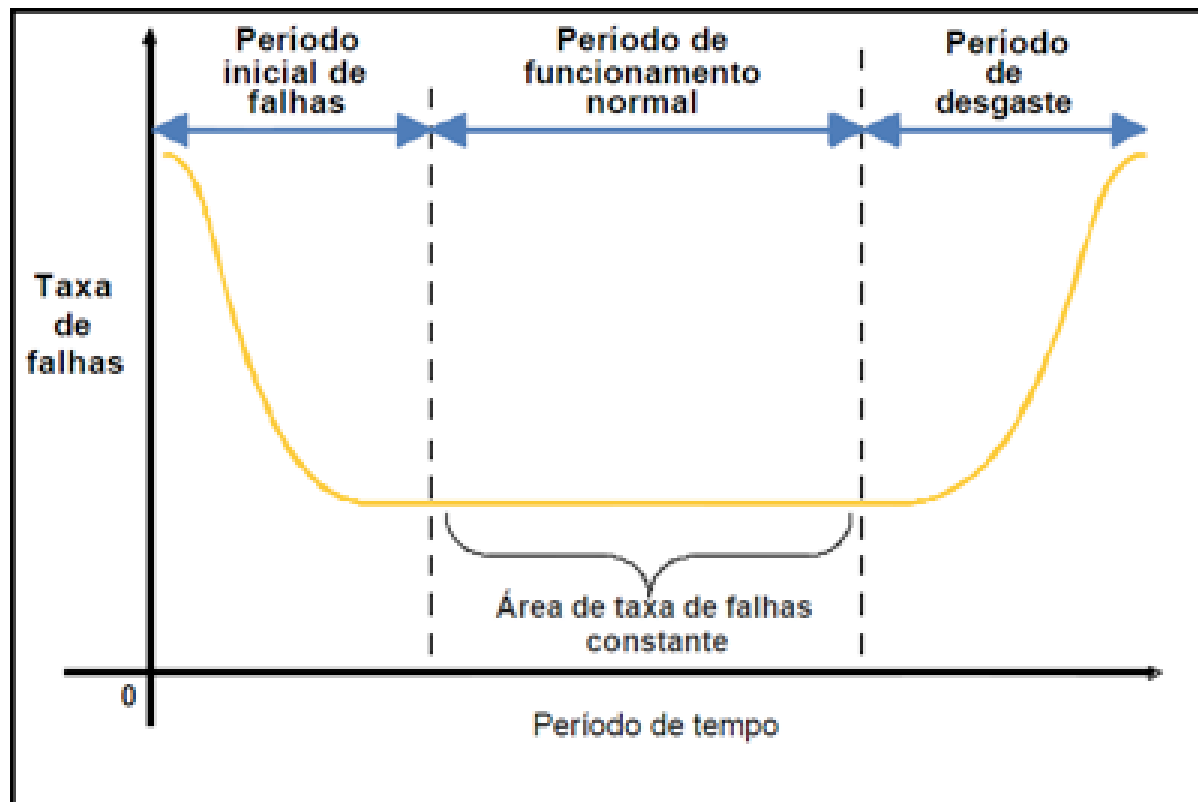
# Manutenção preventiva

- Entra as **vantagens** da aplicação da MP encontram-se:
  - **redução** das horas improdutivas;
  - **aumento** da vida útil do equipamento;
  - **aumento** do índice de confiabilidade;
  - **aumento** do valor de revenda;
  - além da **redução** dos custos operativos totais de manutenção.



# Manutenção preventiva

- Curva de tempo Médio de falha - CTMF





# Manutenção preventiva

- Talvez a **diferença mais importante** entre manutenção corretiva e preventiva seja a capacidade de programar o reparo quando ele terá o menor impacto sobre as atividades dos EAS.
- A maioria dos EAS, em especial os serviços de produção de imagem radiológica, possuem um ritmo de trabalho intenso e portanto, o tempo perdido dificilmente pode ser recuperado.



# Manutenção Preditiva

- Surgida no início da década de 80, possibilita o **acompanhamento** das **variáveis** ou **parâmetros** que indicam o desempenho dos equipamentos, visando, dessa forma, definir a necessidade ou não de uma intervenção.
- **Atua** ***nas*** **condições** ***de*** **funcionamento** dos equipamentos através de monitoramento e coleta de dados, **diferenciando-se** da manutenção preventiva, que tem atuação no equipamento.



# Manutenção Preditiva

- A premissa comum da manutenção preditiva é **corrigir** falhas potenciais **antes** da deterioração, quebra ou danos irreversíveis:
  - **Primeiro** - através do estabelecimento do diagnóstico, detectando a irregularidade e quantificando a origem e a gravidade do defeito;
  - **Segundo** - pela análise de tendências, determinando os limites para a programação e execução dos reparos.

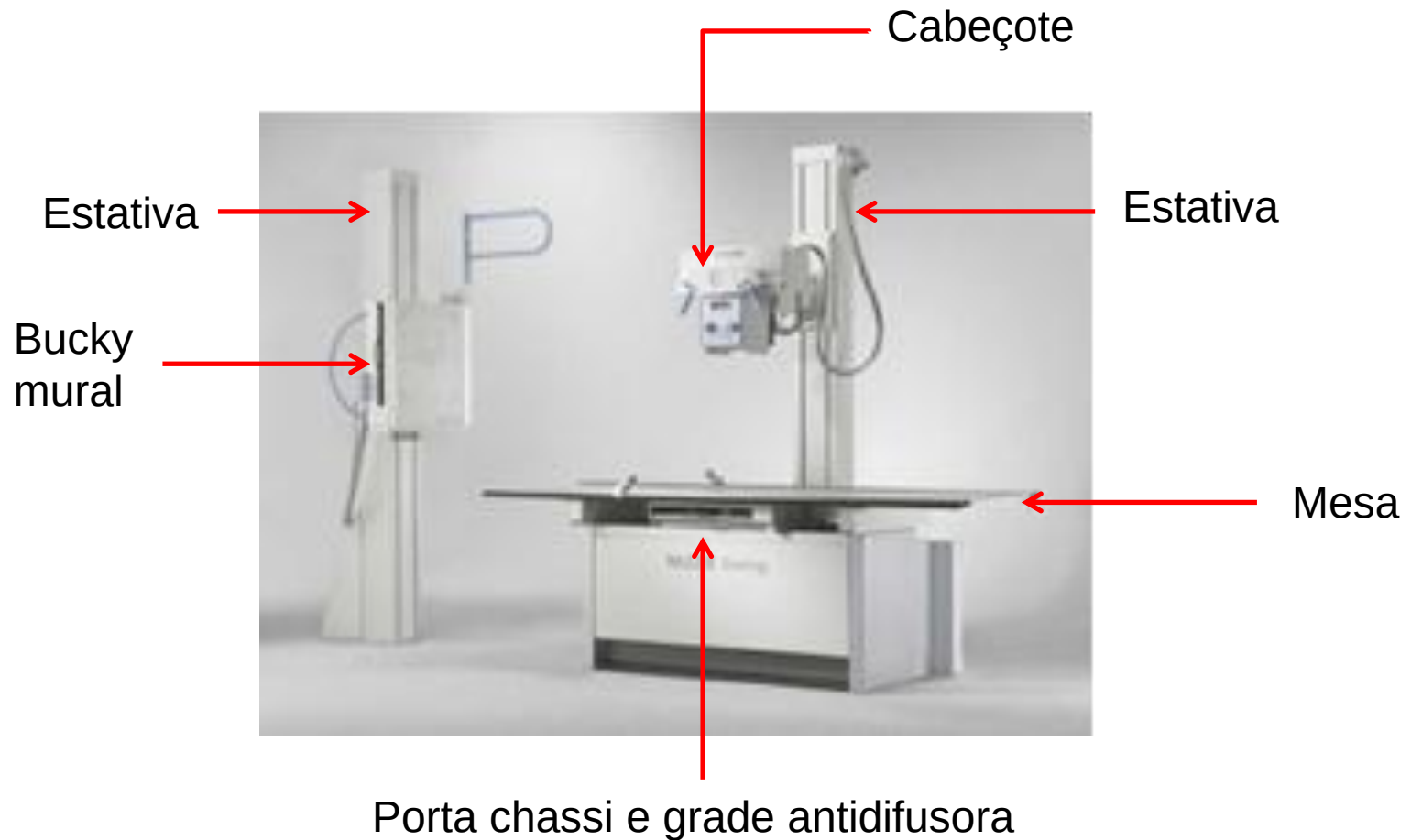


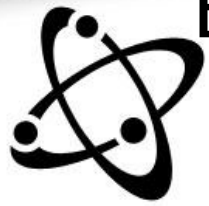
# Manutenção Preditiva

- Apesar de sua inegável eficácia, **não** pode ser **aplicada** a todo e **qualquer** equipamento, pois exige um **grande investimento** de recursos iniciais, tecnológicos ou humanos, para a coleta e tratamento do volume de dados disponível.
  - *Um programa de instalação mal executado pode inviabilizar a utilização de uma manutenção preditiva.*



# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante





# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante



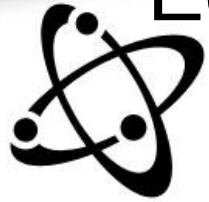
Painel de comando





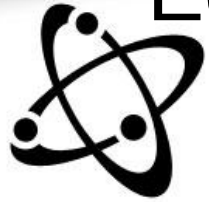
# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante

- Apoiando-se na legislação vigente no país, Targino Rodrigues dos Santos em sua dissertação de mestrado “Programa de Controle de Qualidade para Unidades de Radiologia Diagnóstica no Município de Florianópolis” descreve que uma unidade de radiologia ideal e comporia da seguinte forma:



# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante

- Sala de exames
  - Equipamento radiológico em perfeito estado de funcionamento, com manutenção preventiva, colimador, luz de foco, goniômetro, maca regulável na altura e braço de ampola giratório;
  - Cinco unidades de chassis leves, de alumínio ou fibra, para cada tamanho com écrans de base verde;
  - Espessômetro;
  - Goniômetro;
  - Dois aventais plumbíferos com 0.5 mm de chumbo de espessura;
  - Um protetor de gônadas plumbífero com 0.5 mm de chumbo de espessura;
  - Dois pares de luvas plumbíferas com 0.5 mm de chumbo de espessura;

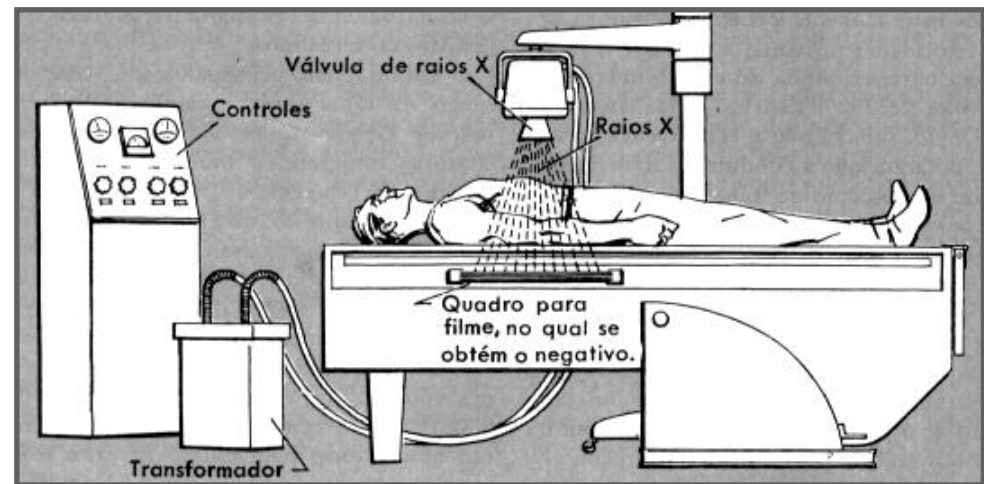


# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante

- Sala de exames
  - Cabides para acessórios plumbíferos em número compatível com a quantidade de aventais;
  - Ar condicionado;
  - Biombo plumbífero com visor para controle de área e do paciente;
  - Luz na face externa da porta da sala indicando que o equipamento está em uso;
  - Sinalização obrigatória de advertência e educativa;
  - Blindagem com barita ou chumbo nas paredes, no piso e no teto, para o caso de ambientes localizados em andares intermediários.

# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Os três componentes principais de um equipamento emissor de raios X são tubo de raios X, painel de controle e o gerador de alta tensão;
- Sequencia de análise
  - Revisão de conceitos
  - Painel de controle
  - Gerador de alta tensão
  - Tubo de raios X



# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

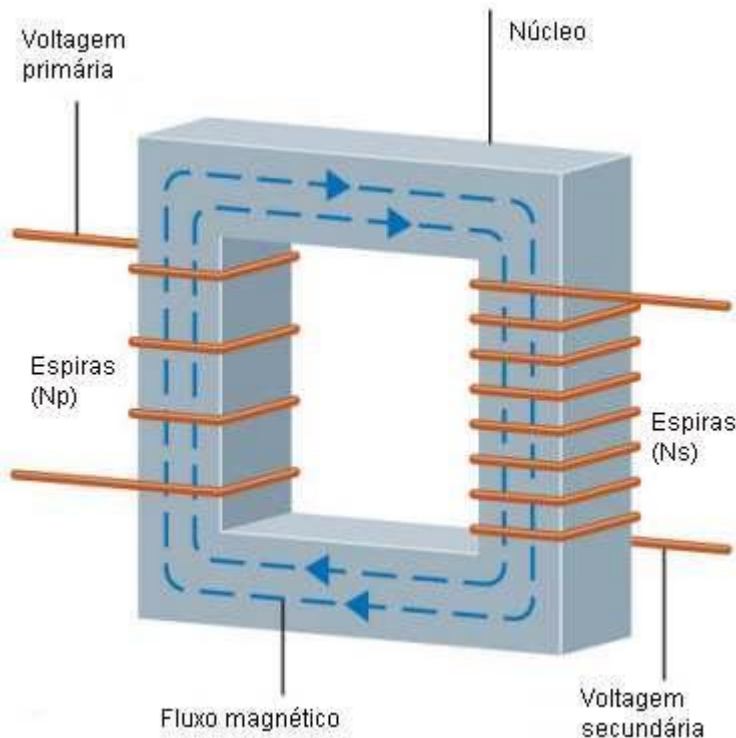
- Revisão de conceitos – Transformador

- Dispositivo que utiliza a interação entre campos magnéticos produzidos por corrente elétrica alternadas (CA), transformando o potencial elétrico e a corrente em uma maior ou menor intensidade;
- É utilizado para alterar a magnitude da tensão e da corrente em um circuito CA;
- A mudança de tensão é diretamente proporcional à razão entre o n° de espiras da bobina secundária ( $N_s$ ) e o n° de espiras na bobina primária ( $N_p$ );

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

- $N_s/N_p$  é conhecida como a razão de espiras do transformador.

# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais



$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{V_p}{V_s}$$

- Um transformador com uma razão de espiras maior que 1 é um transformador elevador de tensão;
- Quando a relação de espiras é menor do que 1, transformador é um transformador abaixador de tensão;
- Conforme a tensão muda por meio de um transformador, a corrente ( $I$ ) também muda.

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Exemplo:

*Há 125 espiras no lado primário de um transformador e 90000 espiras no lado secundário. Se forem fornecidos 110 V CA na bobina primária, qual será a tensão induzida na bobina secundária? Qual a corrente no secundário, sabendo que a corrente que passa pela bobina primária é de 15 A?*

- Resposta:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

$$V_s = 110 \cdot \left( \frac{90000}{125} \right) = 79200 \text{ V ou } 79,2 \text{ kV}$$

---

$$\frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$I_s = 15 \cdot \left( \frac{125}{90000} \right) = 0,02083 \text{ A}$$

$$I_s = 21 \text{ mA}$$



# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

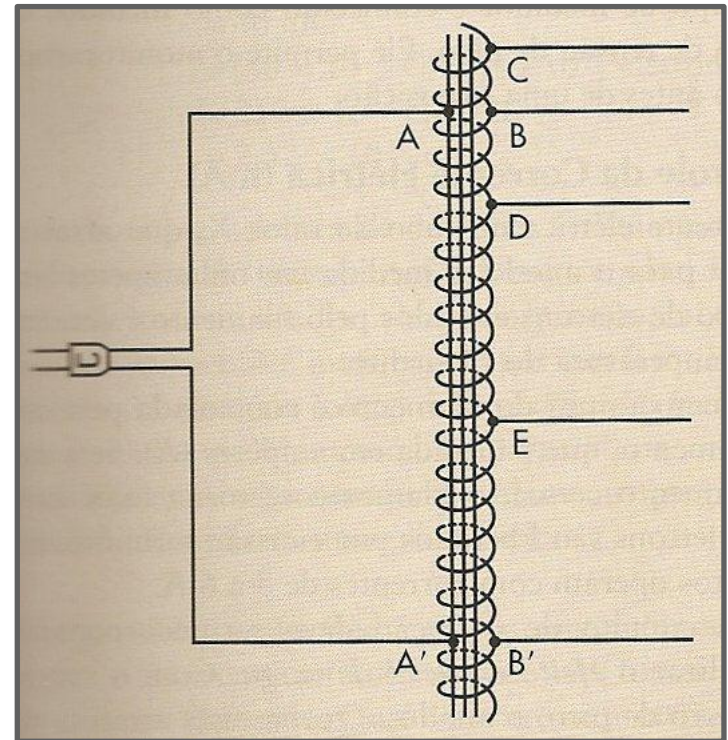
- Painel de controle
  - Permite ao tecnólogo controlar a corrente a tensão do tubo de raios X, de modo que o feixe útil de raios X tenha quantidade e qualidade diagnóstica;
  - Comanda a compensação de tensão da rede, a alta tensão ( $kV_p$ ), a corrente (mA) e tempo de exposição (s). Pode conter também um comando automática de exposição (CAE ou AEC);





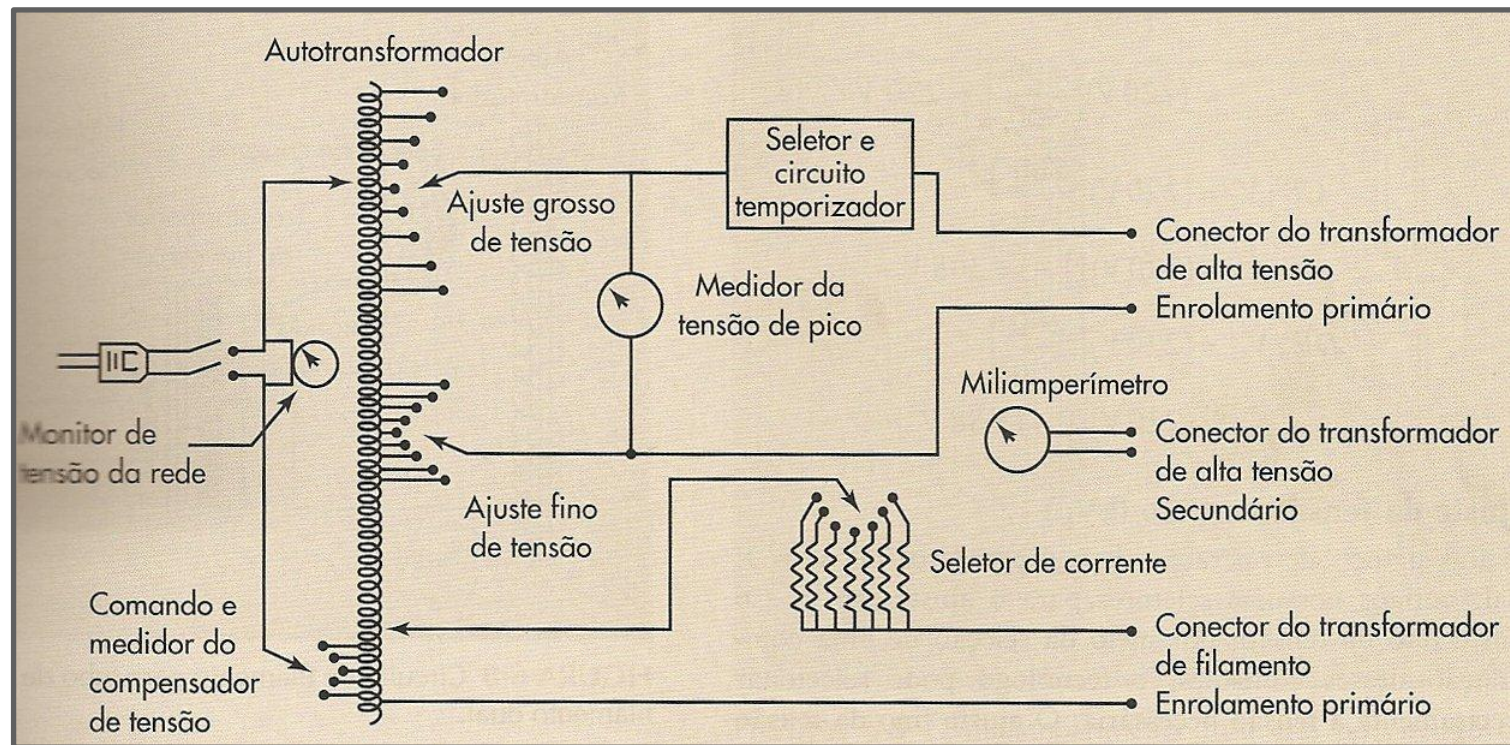
# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Autotransformador
  - A energia fornecida ao equipamento de raios X é fornecida inicialmente ao autotransformador;
  - Ele tem um único enrolamento e está projetado para alimentar uma tensão precisa para o circuito do filamento e para o circuito de alta tensão do equipamento de raios X;
  - A lei do autotransformador é a mesma do transformador.



# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Diagrama do circuito do painel de controle, com controladores e medidores identificados.





# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Exemplo:

*Se o autotransformador do slide 37 for alimentado com 220V entre as conexões AA' no primário, que contém 500 espiras, qual a tensão no secundário através de BB' (500 espiras), CB' (700 espiras) e DE (200 espiras)?*

- Resposta:

$$V_s = V_p \cdot \left( \frac{N_s}{N_p} \right)$$

$$BB': V_s = (220 V) \cdot \left( \frac{500}{500} \right) = 220 V$$

$$CB': V_s = (220 V) \cdot \left( \frac{700}{500} \right) = 308 V$$

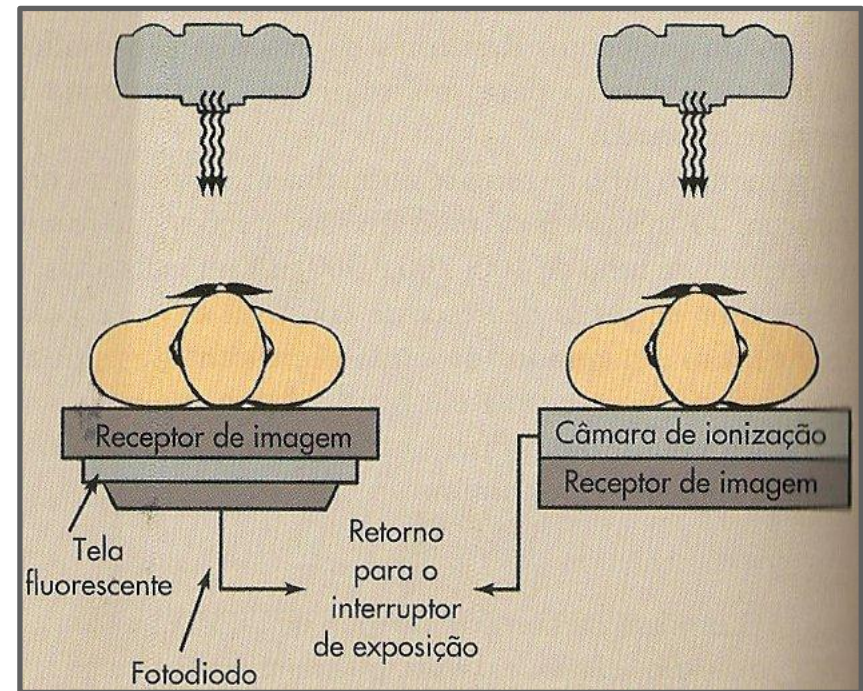
$$DE: V_s = (220 V) \cdot \left( \frac{200}{500} \right) = 88 V$$

# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Painel de controle
  - Ajuste de tensão de pico (kVp): Possui ajuste grosso e fino. Os controles de ajuste grosso e fino da tensão de pico representam duas séries de conexões separadas no autotransformador. A tensão de pico determina a qualidade do feixe de raios X.
  - Controle da corrente elétrica (mA): No tubo de raios X é medida em miliampères (mA). A corrente do filamento controla a temperatura do mesmo e é medida em ampères (A). Quanto mais corrente no filamento, maior calor e mais elétrons liberados por emissão termiônica.
  - Os temporizadores eletrônicos permitem uma ampla gama de seleção de intervalo de tempo como 1ms.

# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Painel de controle
  - Controle de exposição automático (CAE ou AEC) é um dispositivo que mede a quantidade de radiação que atinge o receptor de imagem. Ele termina automaticamente a exposição quando o receptor de imagem tiver recebido a intensidade de radiação necessária.



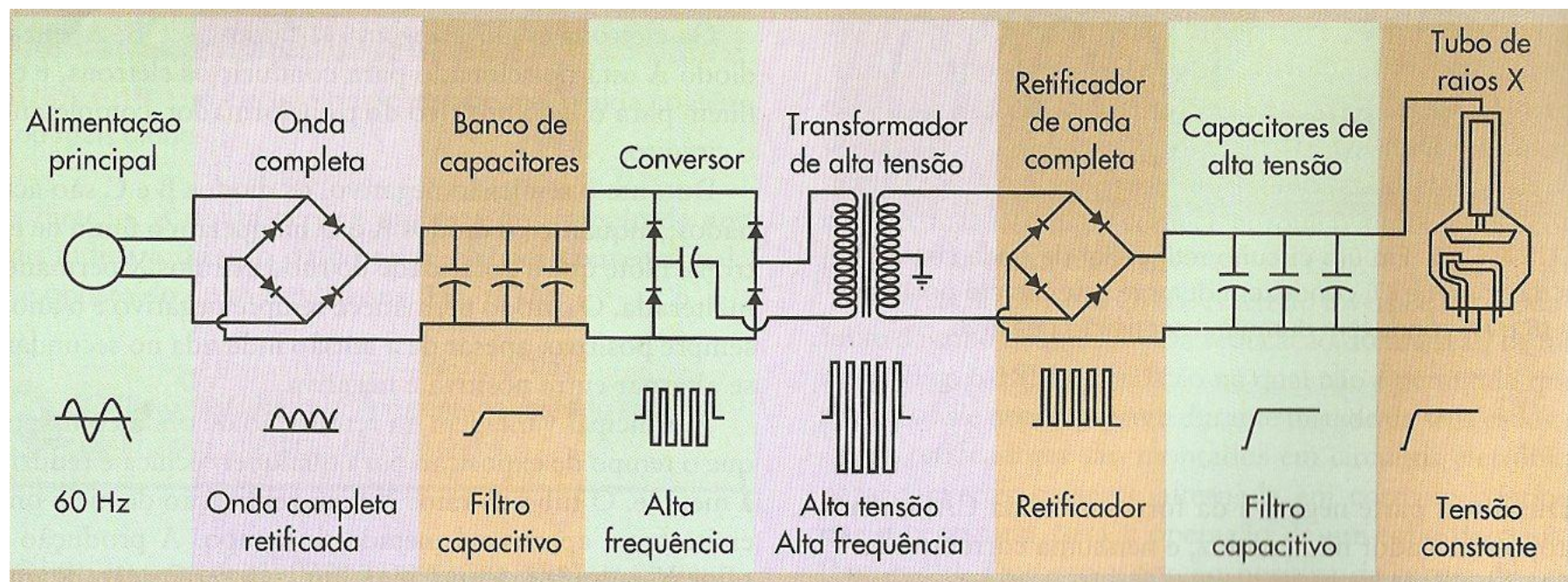
# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Gerador de alta tensão
  - É responsável por aumentar a tensão de saída do autotransformador para a tensão de pico necessária para a produção de raios X;
  - Ele contém três partes principais:
    - Transformador de alta tensão – transformador elevador de tensão com razão de espiras entre 500:1 e 1000:1. A tensão no secundário é medida em quilovolts de pico (kVp) e a corrente em miliampères (mA);
    - Transformador de filamento – abaixa a tensão para  $\approx 12\text{V}$  e fornece corrente em ampère (A) para aquecer o filamento;
    - Retificação de tensão – processo de conversão da corrente alternada (CA) em contínua (CC), necessária para assegurar o fluxo de elétrons apenas do catodo para o anodo.



# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

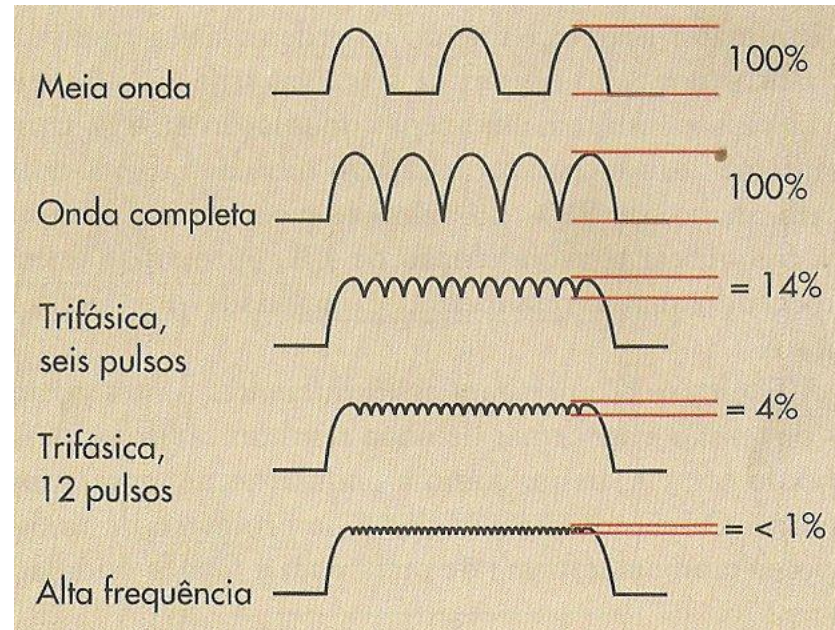
- Gerador de tensão de alta frequência.





# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Tensão de *Ripple* (ondulação)
  - Baixas ondulações de tensão aumentam a qualidade da radiação porque uma quantidade menor de elétrons projetados com energia baixa passa do catodo para o anodo para gerar raios X pouco energéticos;
  - Com baixo *ripple*, a energia média dos raios X é maior do que aquela que resulta das modalidades de alta ondulações de tensão.



# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Potência

- Os transformadores e os geradores de alta tensão são geralmente identificados por suas potências em quilowatts (kW).

Potência para geradores  
com baixo ripple

$$P(kW) = \frac{mA \times kV_p}{1000}$$

Potência para geradores  
com alto ripple

$$P(kW) = (0,7) \times \frac{mA \times kV_p}{1000}$$

# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Questão:

Um equipamento de angiografia produz uma corrente elétrica de 12000 mA quando operado em 100 kV por 100 ms. Qual a potência elétrica desse equipamento?

$$P(kW) = \frac{12000 \text{ mA} \times 100 \text{ kV}_p}{1000} = 120 \text{ kW}$$

- Questão

Um equipamento radiológico monofásico instalado em uma clínica particular atinge a capacidade máxima após 100ms, operando com 120 kVp e 500mA. Qual a potência elétrica desse equipamento?

$$P(kW) = (0,7) \frac{500 \text{ mA} \times 120 \text{ kV}_p}{1000} = 42 \text{ kW}$$

# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Tubo de raios X

- Possui um invólucro protetor que possui três funções básicas:

- Reduzir a radiação de fuga a valores inferiores a 1mGy/h a 1 m;
    - Fornecer sustentação mecânica, protegendo desse modo o tubo de avarias;
    - Facilitar a condução de calor para longe do alvo do tubo de raios X.

- Componentes externos:

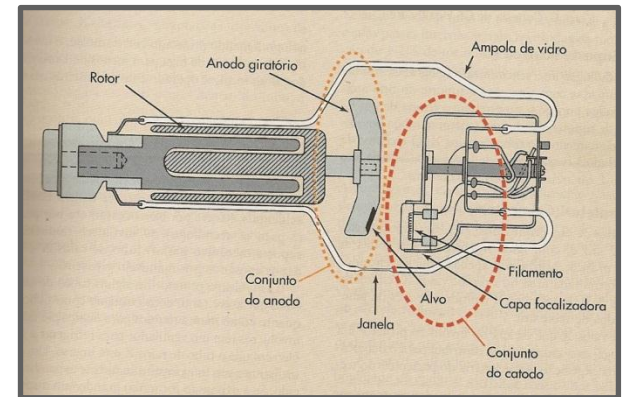
- Sistema de suporte de teto
    - Sistema de suporte teto chão





# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Tubo de raios X ou ampola
  - Onde é produzida a radiação.;
  - As ampolas podem ser de vidro ou metal. Ampolas de metal são destinadas a tubos de alta capacidade, pois têm vida útil mais longa e são menos sujeitos a falha.
  - O material utilizado para seu envelope deve ter alta condutividade térmica. Deve permitir que os fótons possam sair da ampola pela região conhecida como janela.
  - Possui como elementos principais o anodo e catodo.



# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

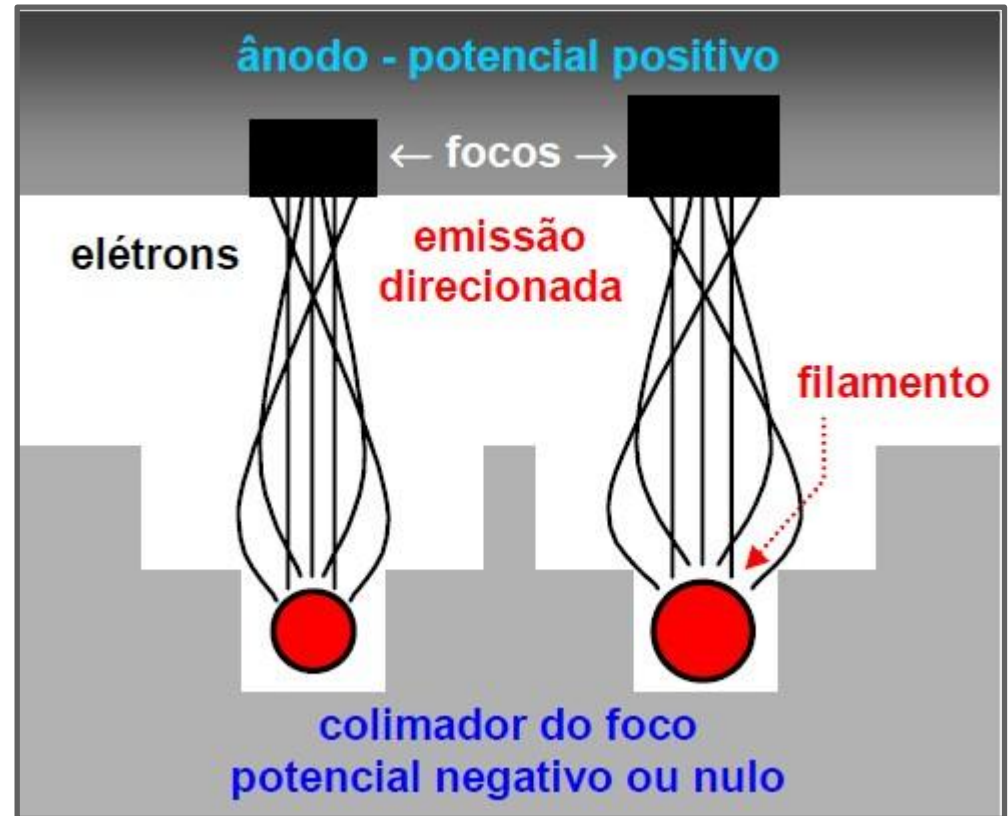
- Catodo
  - Filamento – tungstênio (com 1 a 2% de tório)
  - Capa focalizadora





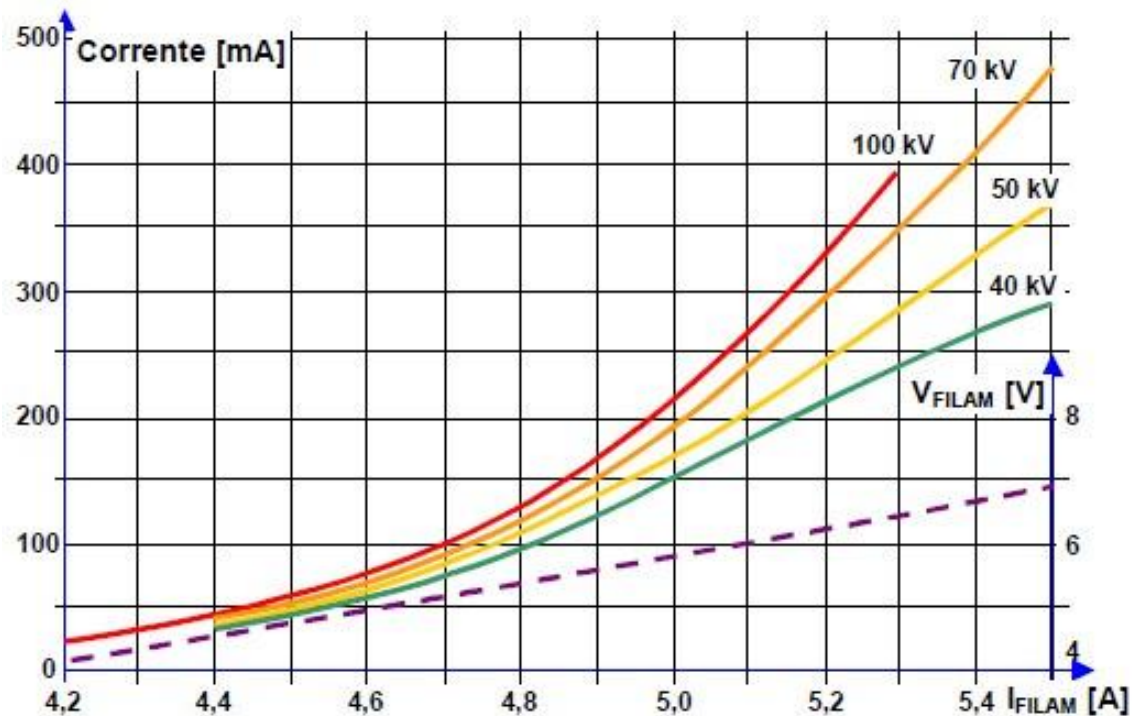
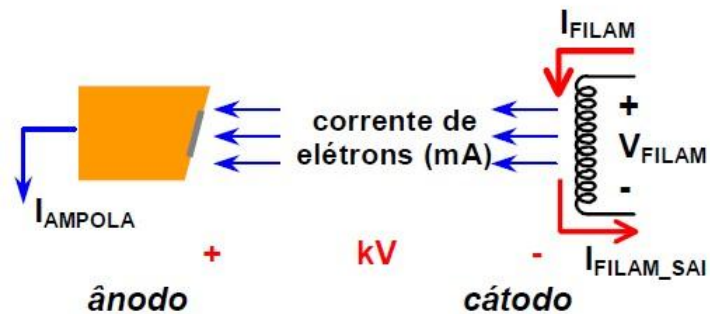
# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Catodo



# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Catodo



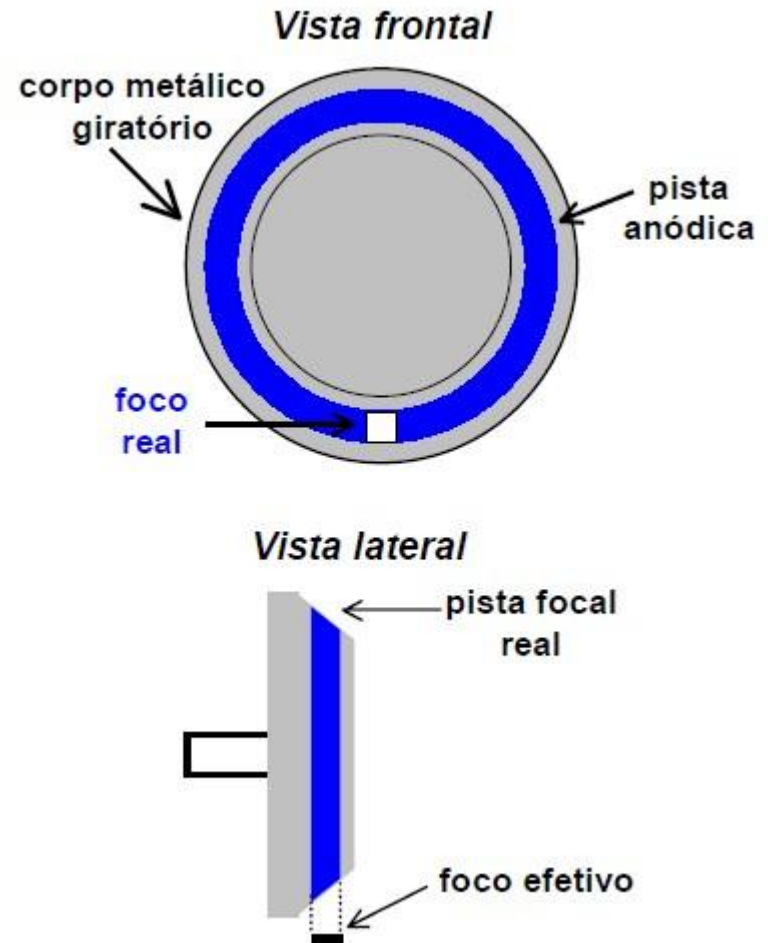
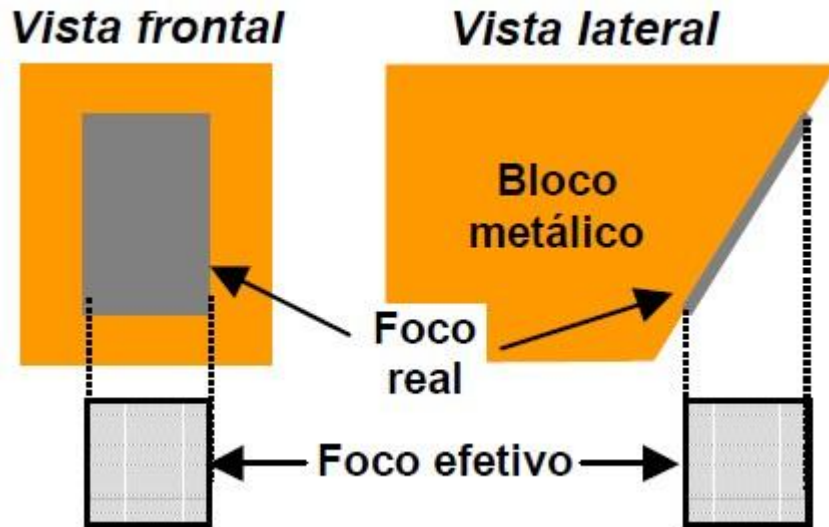
# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Anodo
  - Giratório – de uso geral, capazes de produzir feixes de raios X de alta intensidade em tempo curto.
  - Fixo – utilizado em equipamentos odontológicos, portáteis e em unidades especiais em que não são necessárias alta corrente e elevadas energias.



# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

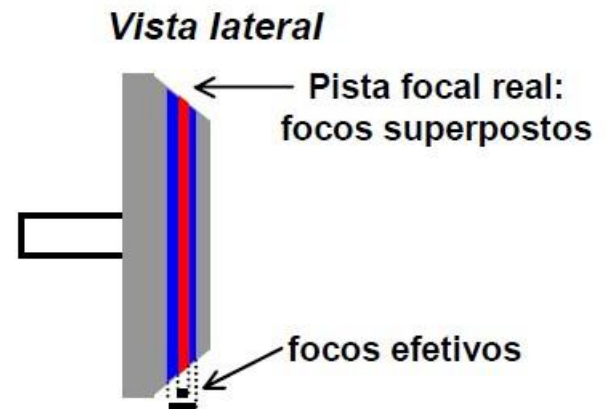
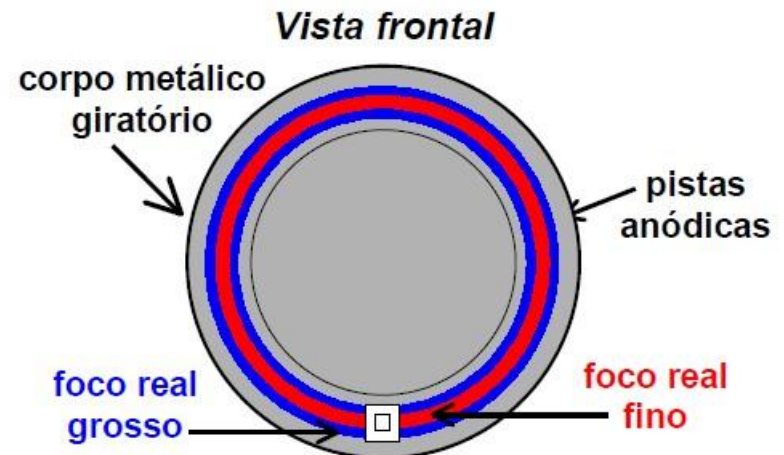
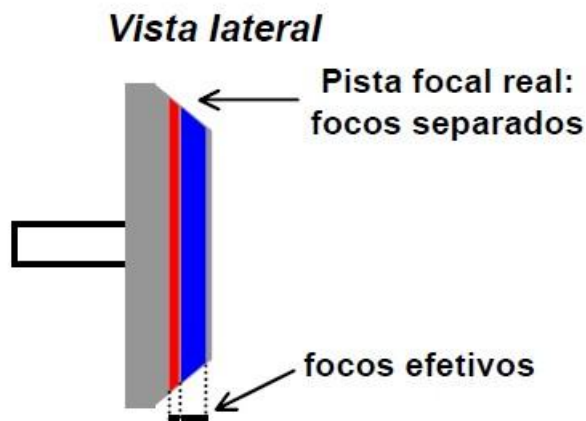
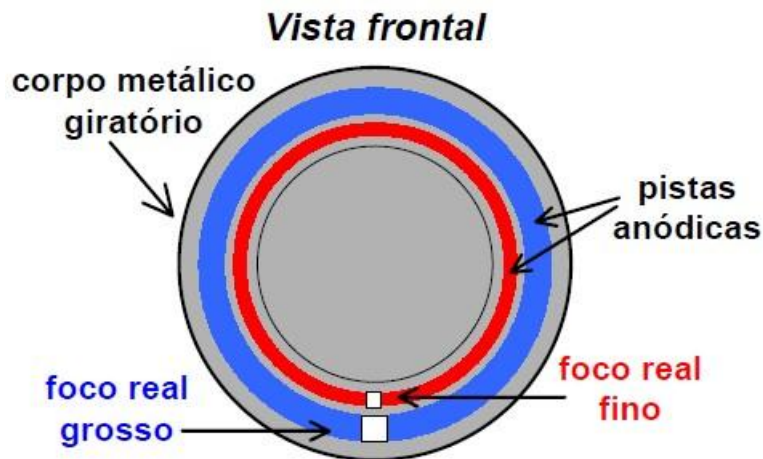
- Anodo





# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Anodo



# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

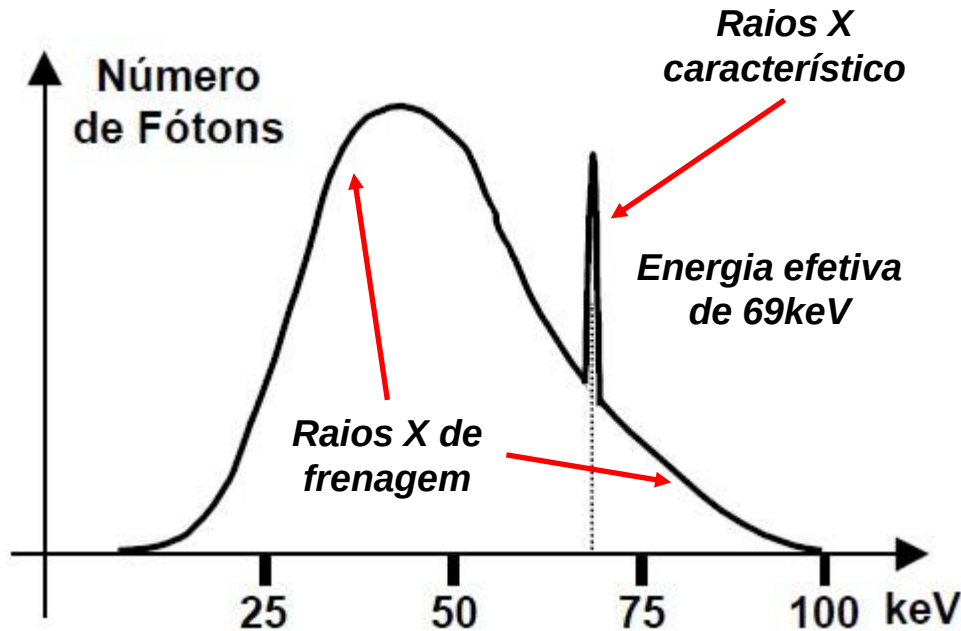
- Anodo



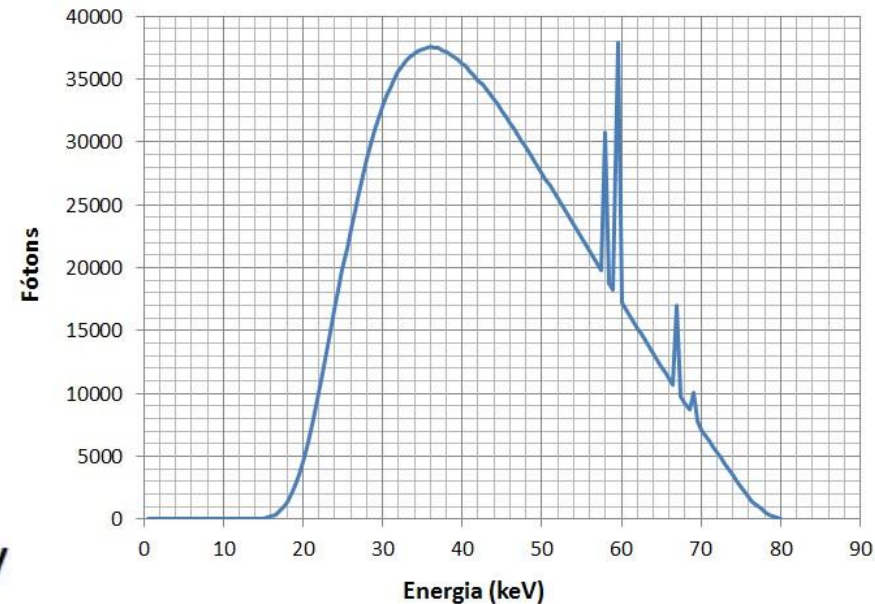


# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

- Espectro dos raios X na faixa de energia do radiodiagnóstico médico



*Espectro de raios X simplificado*



*Espectro de raios X*

# O equipamento de raios X, análise de seus três componentes principais

## Alterações no feixe de raios X produzidas por seus fatores influenciadores

| Aumento:                  | Resulta em:                                                                |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Corrente (mA)             | aumento na quantidade de fótons e nenhuma alteração na qualidade do feixe; |
| Tensão (kV <sub>p</sub> ) | aumento na quantidade de fótons e na qualidade do feixe;                   |
| Filtração adicional       | diminuição na quantidade de fótons e aumento na qualidade do feixe;        |
| Nº atômico (Z) do alvo    | aumento na quantidade de fótons e na qualidade do feixe;                   |
| Ripple                    | diminuição na quantidade de fótons e na qualidade do feixe.                |



# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante

- Informações adicionais presentes no manual de EMH do Ministério da Saúde:
  - Na sala de exames radiográficos, as paredes e portas são revestidas internamente com folhas de chumbo ou o seu reboco é feito com barita, material bastante parecido com a argamassa.
  - As instalações elétricas das salas devem ficar internamente ao revestimento de chumbo ou barita, tomando-se o cuidado na fixação das tubulações e caixas, sempre protegendo as cabeças de pregos e parafusos com chumbo, de forma a evitar vazamentos de radiação.
  - Em uma sala de radiologia convencional são previstas duas tomadas em cada parede, com potência de 400 VA, a 1,20 m do chão, sendo pelo menos duas com tensão de 220 V. Os condutores elétricos são dimensionados segundo a norma NBR5410, seguindo a padronização do hospital de 3 pinos, com um bom aterramento.



# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante

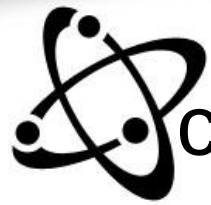
- Informações adicionais presentes no manual de EMH do Ministério da Saúde:
  - A área de radiologia deve possuir um painel de energia exclusivo para equipamentos de raios X, com alimentação geral de 5 fios (3 fases + neutro + terra), vindo diretamente da subestação, tendo a tensão de trabalho devidamente identificada na porta do painel (380/220 V). Dentro do painel, cada disjuntor deve indicar claramente a sala e o equipamento. Toda a proteção elétrica deve ser dimensionada segundo a norma NBR 5410, tendo por base a potência do equipamento, fornecida pelo fabricante.
  - A distribuição das luminárias não deve ser projetada antes de saber-se exatamente onde os equipamentos serão instalados, pois os mesmos podem possuir trilhos de sustentação presos no chão e teto.



# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante

- Informações adicionais presentes no manual de EMH do Ministério da Saúde:
  - Em sistemas radiográficos móveis, o profissional de saúde e os pacientes próximos podem receber doses desnecessárias de radiação, pois estes sistemas não contam com a proteção dos sistemas fixos.
  - Adicionalmente, os geradores de raios-X por descarga de capacitores podem manter cargas (e o feixe de exposição) depois do tempo de exposição programado. Assim, estes sistemas podem causar risco de choque elétrico aos profissionais das técnicas radiológicas que desconectem os cabos de alta tensão enquanto existirem cargas residuais.

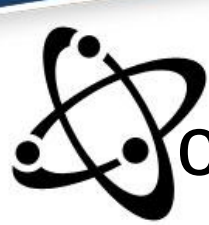




# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

- Histórico

- Desde 1913, quando Albert Salomon, Cirurgião da *Surgical Clinic of Berlin University*, utilizou a radiografia convencional para o diagnóstico do câncer de mama, notou-se que seria necessário um método diferenciado para este tipo de estudo, iniciou-se então, desde esta época um processo de estudo diferente para mama. Diversos métodos e equipamentos foram criados, com o intuito de cada vez mais, aproximar-se de um diagnóstico mais preciso.



# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

- Histórico

*Até 1969 os exames radiológicos da mama eram realizados em aparelhos projetados para os exames convencionais.*

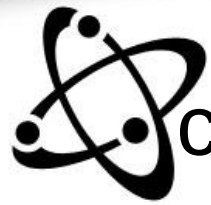


***Incidência CC***



***Incidência Lateral***

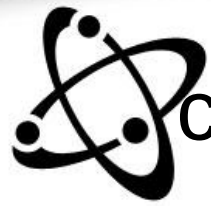
*Em 1992, foi apresentado um aparelho que passou a ser considerado o precursor da terceira e mais atual geração de mamógrafos. Estes equipamentos fabricados são utilizados até os dias de hoje.*



# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

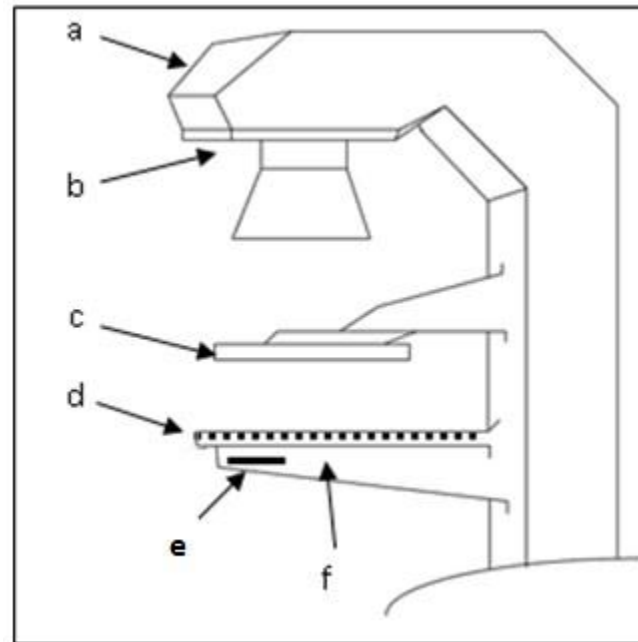
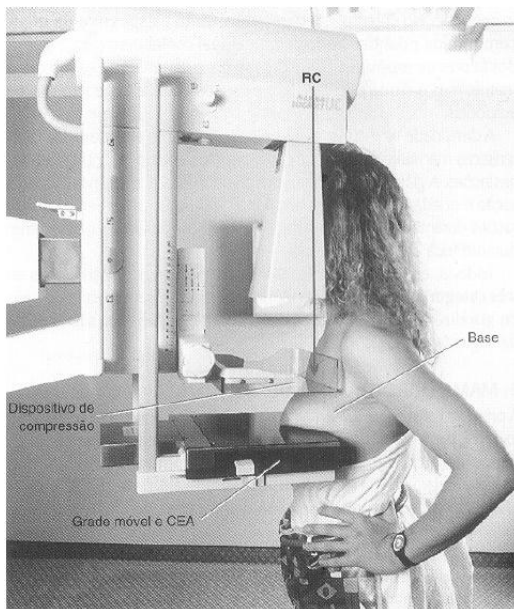
- Requisitos técnicos

- De acordo com o item 4.18 da Portaria nº 453/98 do Ministério da Saúde, os mamógrafos devem ter, no mínimo, as seguintes especificações:
  - gerador trifásico ou alta frequência;
  - tubo especificamente projetado para mamografia (com janela de berílio), filtro de molibdênio, escala de tensão em incrementos de 1 kV;
  - dispositivo de compressão firme (força de compressão entre 11 e 18kgf);
  - diafragma regulável com localização luminosa;
  - distância foco-filme não inferior a 30 cm e tamanho de ponto focal não superior a 4 mm .

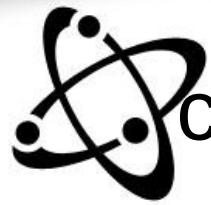


# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

- Componentes básicos

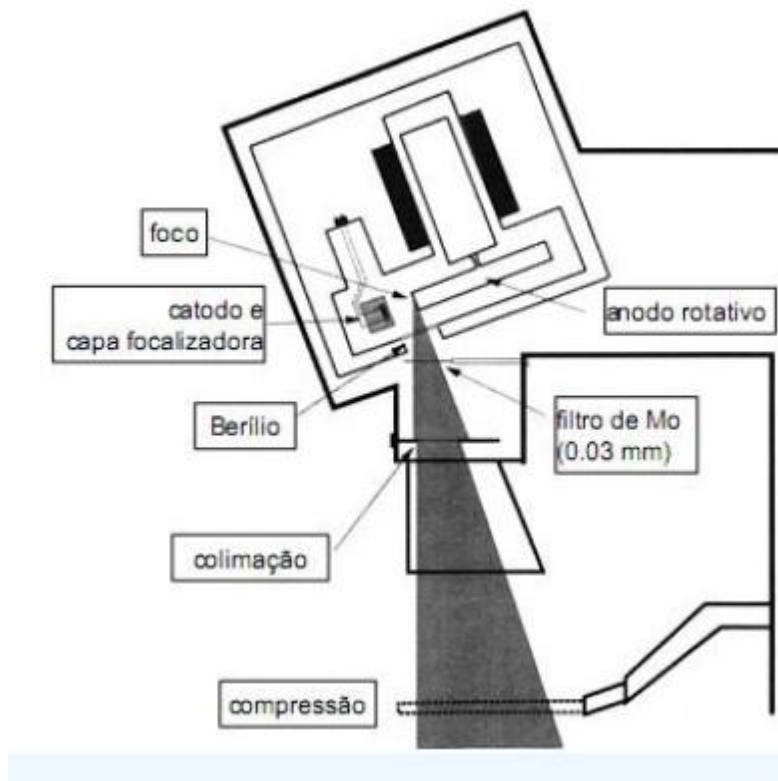


- a. Cabeçote do equipamento*
- b. Filtração (Mo ou Rh)*
- c. Compressor*
- d. Grade antidifusora*
- e. Porta chassi*
- f. Controle automático de exposição (CAE ou AEC)*

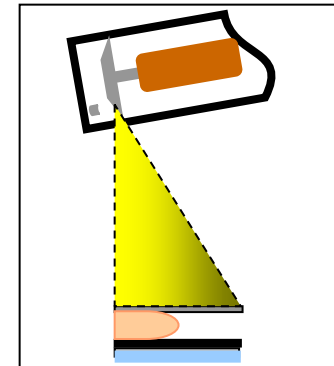


# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

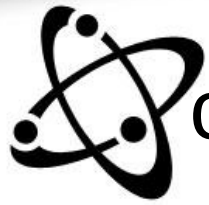
- Tubo de raios X



- Anodo:
  - ❑ Molibdênio (Mo) –  $Z = 42$
  - ❑ Ródio (Rh) –  $Z = 45$
  - ❑ Molibdênio (Mo) / Ródio (Rh)
- Catodo
  - ❑ Filamento helicoidal de tungstênio (W)

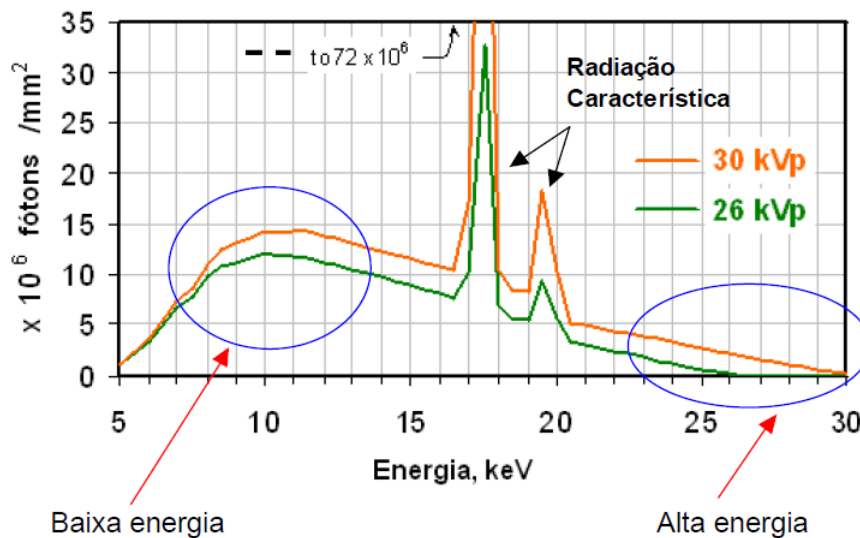




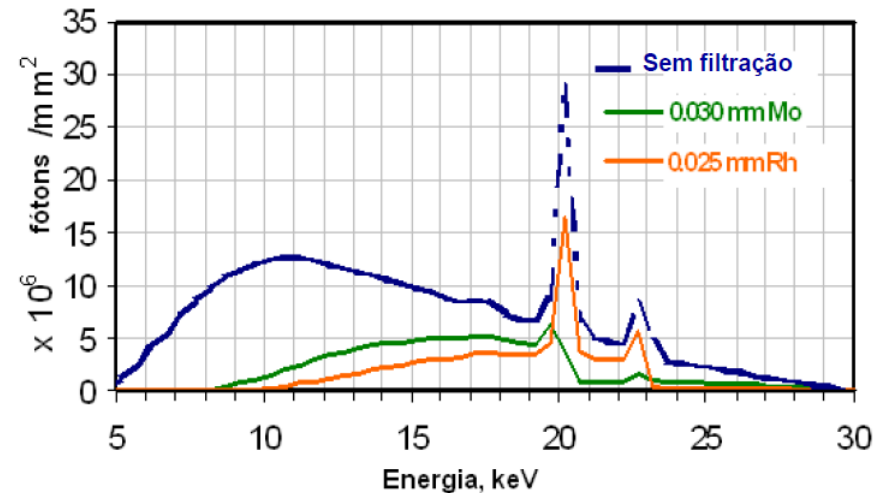


# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

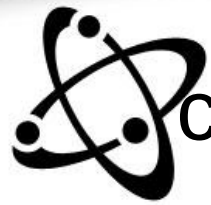
- Espectros de energia dos raios X



*Anodo de molibdênio*

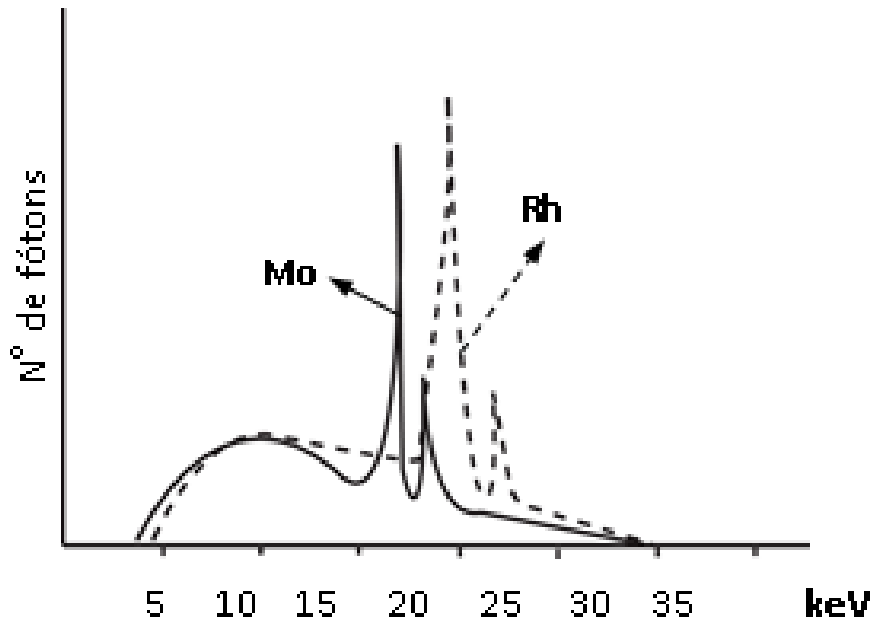


*Anodo de ródio*

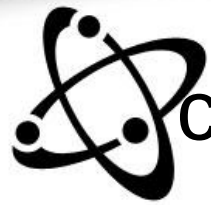


# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

- Efeitos do material anódico no feixe de raios X.

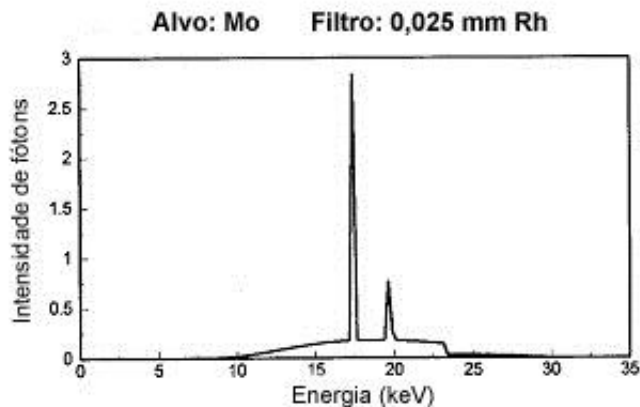
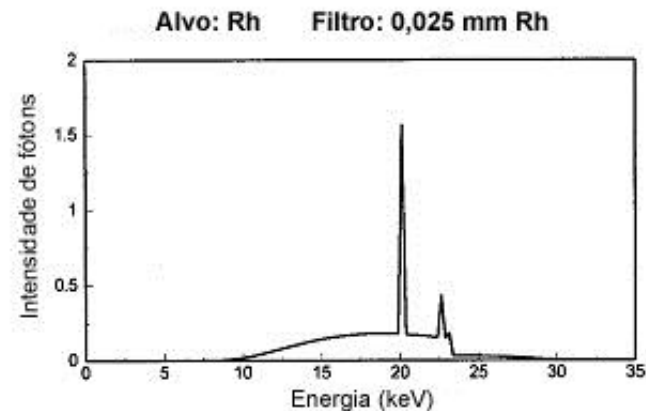
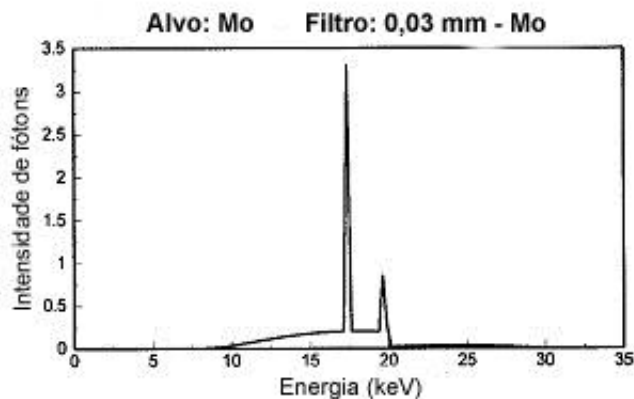


- O ródio (Rh) aumenta a energia dos raios X característicos em cerca de 3 keV;
- Os fótons de raios X quando o ânodo é de Rh penetram em tecidos mamários mais densos;
- Os raios X característica, no valor de  $\pm 20$  KeV para molibdênio (Mo) e de  $\pm 25$  keV para ródio (Rh).

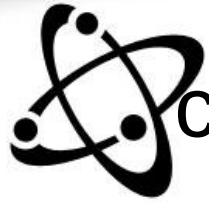


# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

- Efeitos do alvo/filtro no feixe de raios X.

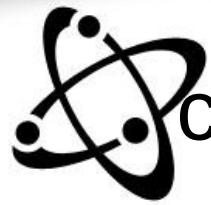


- ❑ *Materiais seletivos como o Mo e Rh, filtram fótons de energia mais alta presentes no espectro de RX contínuo que não interessa para a formação da imagem mamográfica;*
- ❑ *Redução de dose no paciente, pois os fótons de baixa energia não contribuem para a imagem.*



# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

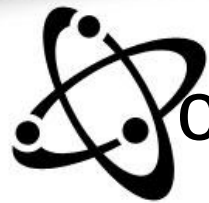
- Efeitos do alvo/filtro no feixe de raios X.
  - As *combinações alvo/filtro* de *Mo/Rh* e *Rh/Rh* requerem exposições 30% e 50% respectivamente mais baixas para obter a mesma densidade óptica (DO) que seria obtida utilizando *Mo/Mo*.
  - Para *mamas pequenas*, utilizam-se *Mo/Mo* e baixas quilo voltagens para se obter imagens com contraste maior.
  - Para *mamas espessas*, as combinações *Mo/Rh* e *Rh/Rh* são mais indicadas, pois proporcionam um contraste similar, porém com uma redução significativa da dose.



# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

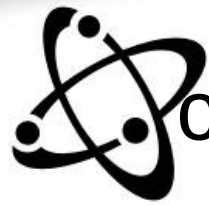
- Sobre o mamógrafo
  - É *desenhado* de modo a proporcionar um feixe de raios X tangente à parede torácica, o qual permite alcançar as estruturas mamárias próximas à parede e desta forma restringir o campo de radiação à área requerida;
  - A angulação do anodo dá origem ao efeito anódico importante para a obtenção de uma densidade óptica mais homogênea no filme, já que do lado do catodo encontra-se a parede torácica, ou seja, a região de maior espessura da mama;
  - As grades antidifusoras foram desenvolvidas para reduzir a quantidade de radiação espalhada que chega ao filme, a qual diminui o contraste na imagem. Nos mamógrafos mais modernos, as grades móveis estão incorporadas no “bucky” com mecanismo de sincronismo para fazer as linhas invisíveis na imagem.





# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

- Sobre o mamógrafo
  - Os equipamentos de mamografia modernos possuem geradores de alta frequência (25 a 100 kHz). Estes geradores são mais estáveis e exatos na reprodução das técnicas de exposição;
  - *Devido à utilização de geradores de alta frequência, consegue-se a redução do “ripple”, aumentando a produção da energia no tubo de raios X;*
  - *A redução do “ripple” proporciona a geração de fótons de maior energia, aumentando a eficiência da radiação gerada, devido à melhor estabilização da tensão (kVp) no tubo;*
  - *Desta forma, gera uma diminuição da dose decorrente da diminuição do produto corrente-tempo (mAs) para uma mesma potência aplicada no tubo/gerador (kV x mAs).*

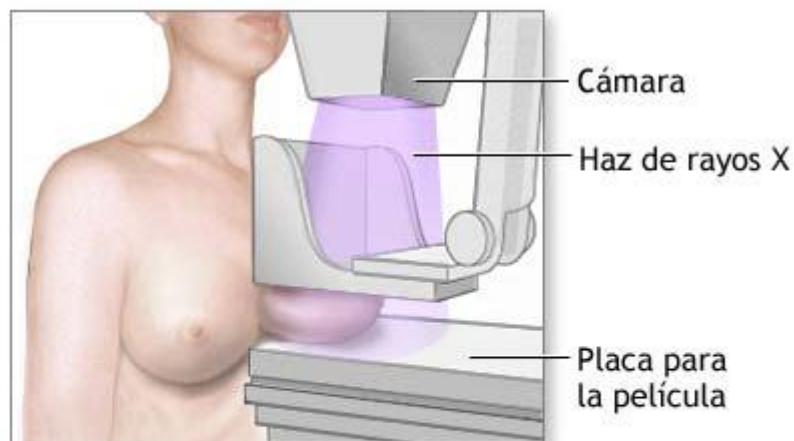


# Equipamentos de diagnóstico por Imagem com uso de radiação ionizante - Mamógrafo

- Sobre o mamógrafo
  - Possuem três modos de operação:
    - **Automático**: o aparelho seleciona a alta tensão (kV) de acordo com a espessura da mama comprimida bem como o fator mAs adequado;
    - **Semiautomático**: o operador seleciona o valor da alta tensão (kV) de acordo com a espessura da mama comprimida e o aparelho calcula o fator mAs. É usada a fórmula empírica de cálculo do fator kV e faz-se uso de valor de constante = 20;
    - **Manual**: o operador seleciona o fator kV, usando a fórmula empírica citada, bem como o fator mAs. Ex.: 25 kV – 80mAs ou 27 kV – 120mAs.

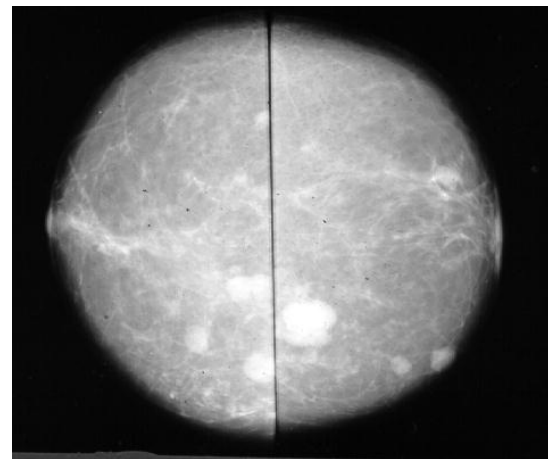


# Mamógrafo - Avaliação de qualidade



En la mamografía, se comprime cada seno en sentido horizontal y luego oblicuo mientras se toma la imagen de rayos X desde cada posición

ADAM.



❖ *Incidência craniocaudal - CC*

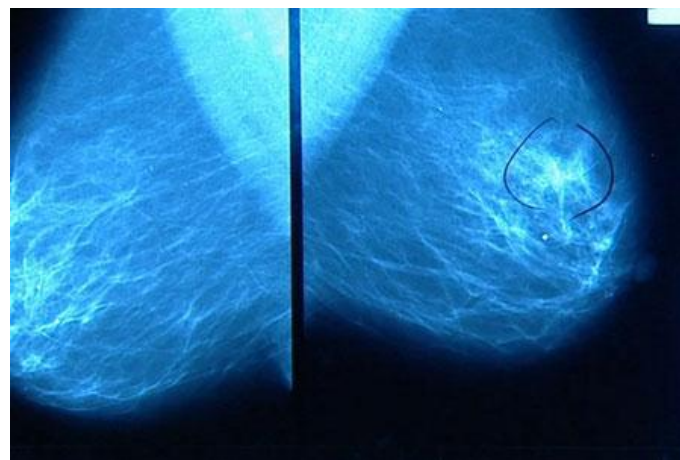


# Mamógrafo - Avaliação de qualidade

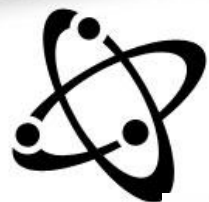


Wendolyn Hill

❖ *Incidência Médio Lateral Oblíqua - MLO*







# Mamógrafo - Avaliação de qualidade

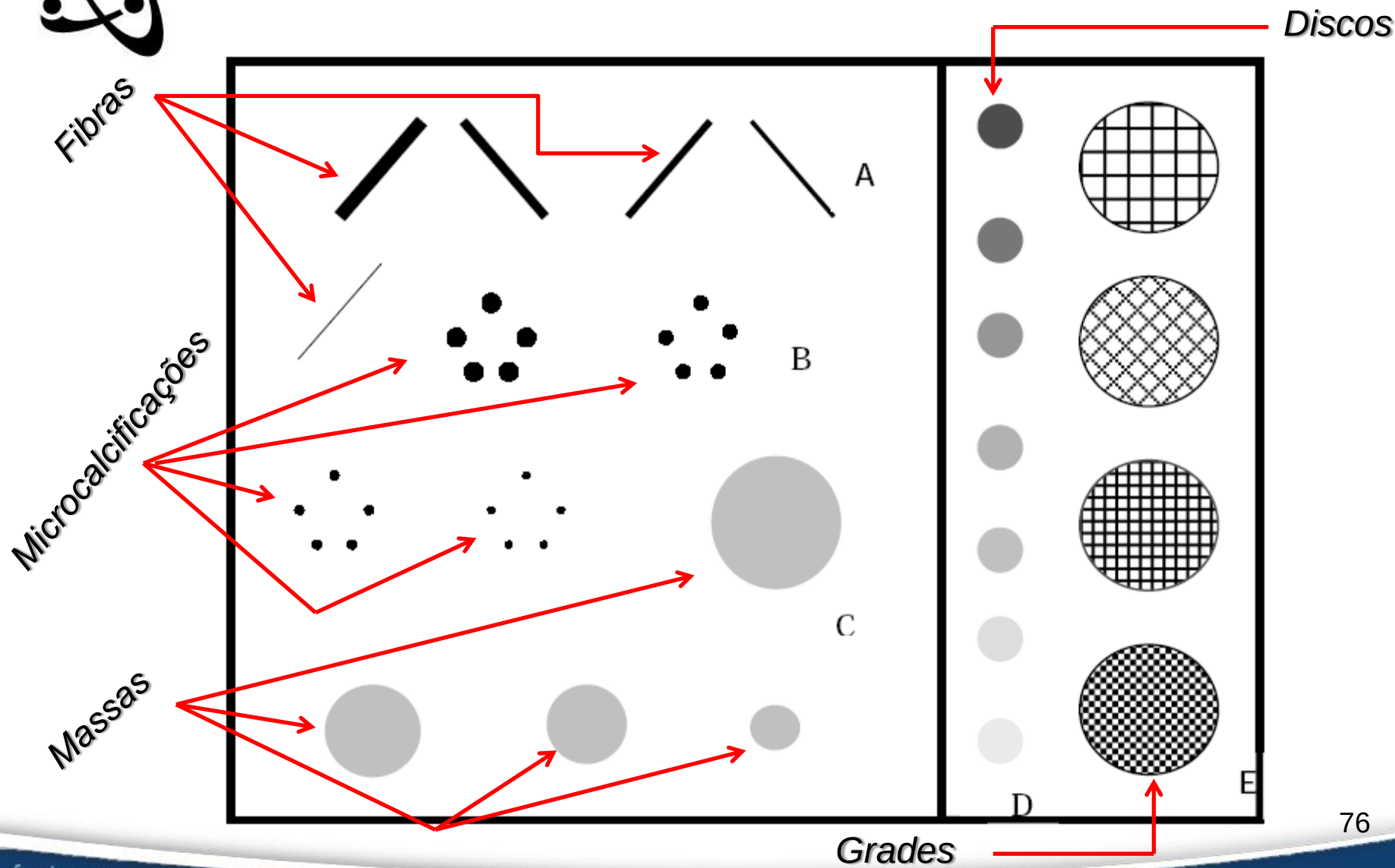


- ❖ *Simulador radiográfico de mama equivalente ao adotado pelo colégio americano de radiologia (ACR) ;*
- ❖ *A Portaria 453/98 exige avaliação mensal da qualidade da imagem por meio deste simulador (item 4.48);*
- ❖ *Ele simula uma mama comprimida entre 4 e 5 cm e possui, no interior, detalhes que produzem imagens radiograficamente semelhantes à estruturas normais e anormais presentes na mama (microcalcificações, fibras e massas tumorais).*



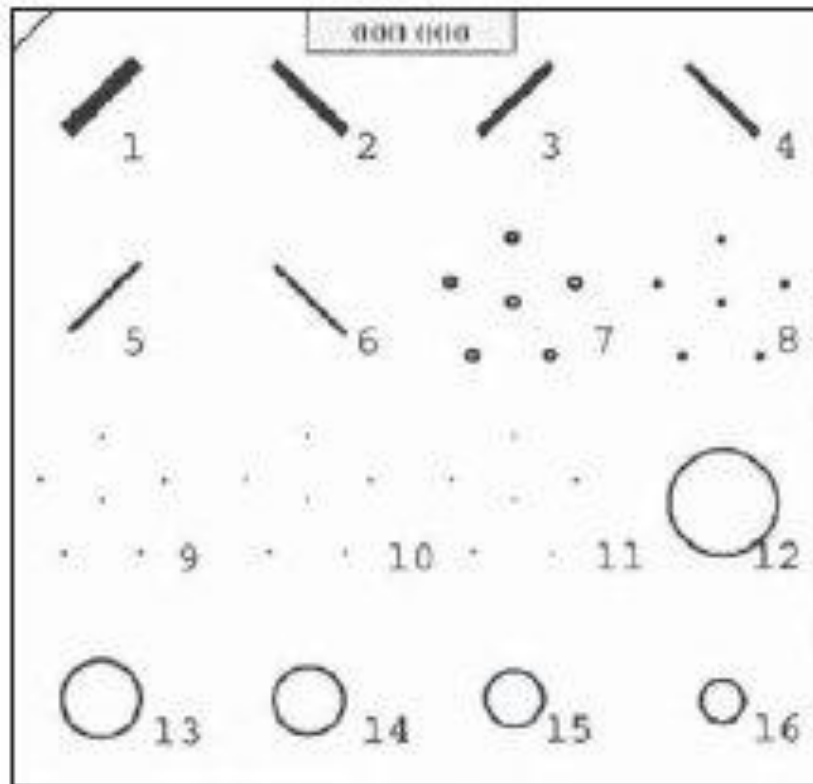


# Mamógrafo - Avaliação de qualidade





# Mamógrafo - Avaliação de qualidade



| Region materials |                                      |
|------------------|--------------------------------------|
| 1.               | 1.56 mm nylon fiber                  |
| 2.               | 1.12 mm nylon fiber                  |
| 3.               | 0.89 mm nylon fiber                  |
| 4.               | 0.75 mm nylon fiber                  |
| 5.               | 0.54 mm nylon fiber                  |
| 6.               | 0.40 mm nylon fiber                  |
| 7.               | 0.54 mm simulated microcalcification |
| 8.               | 0.40 mm simulated microcalcification |
| 9.               | 0.32 mm simulated microcalcification |
| 10.              | 0.24 mm simulated microcalcification |
| 11.              | 0.16 mm simulated microcalcification |
| 12.              | 2.00 mm tumor-like mass              |
| 13.              | 1.00 mm tumor-like mass              |
| 14.              | 0.75 mm tumor-like mass              |
| 15.              | 0.50 mm tumor-like mass              |
| 16.              | 0.25 mm tumor-like mass              |



# Mamógrafo - Avaliação de qualidade

- A Portaria 453/98, no item **4.49 – Padrões de desempenho, na letra “q”** afirma:
  - “Os sistemas de radiografia de mama devem ser capazes de identificar a imagem de uma fibra de 0,75 mm, uma microcalcificação de 0,32 mm e uma massa de 0,75 mm no fantoma, equivalente ao adotado pelo ACR\*.”
    - ACR - Colégio Americano de Radiologia



# Mamografia Digital

- Introdução

- A radiologia digital é o ramo do diagnóstico em saúde que emprega sistemas computacionais nos diversos métodos para a aquisição, transferência, armazenamento, ou simplesmente tratamento das imagens digitais adquiridas.
- O ambiente de rede comum nos serviços de diagnóstico por imagem é conhecido pela sigla RIS (*Radiology Information System*). A rede RIS apresenta melhor eficiência quando conectada ao Sistema de Informações do Hospital – HIS (Hospital Information System).
- Com o auxílio de redes de transmissão de alta velocidade ou mesmo via internet, tornou-se possível o envio de imagens para equipamentos localizados em pontos distantes do serviço de origem (tele radiologia).



# Mamografia Digital

- Conceitos básicos da imagem digital
  - O que é, e o que faz da digitalização de imagens algo tão importante?
  - A resposta está na forma com que a imagem é representada. O computador não pode guardar em sua memória ou modificar em seus circuitos uma imagem na forma analógica, que é a como o olho humano a enxerga, porque o computador trabalha com números, não podendo representar diretamente tons de cinza ou cores contínuas.
  - Para que o computador possa operar com imagens, elas precisam primeiro ser convertidas para uma grande lista de números.





# Mamografia Digital

- Conceitos básicos da imagem digital
  - Numa radiografia, as variações nas áreas claras e escuras são codificadas como um conjunto de números, por exemplo, na área clara do filme é dado o valor numérico de 0 (zero), enquanto que na área negra poderá ser atribuído algum valor alto, tal como 255. Aos níveis de cinza são atribuídos valores entre 0 e 255.
  - Para fazer essa conversão de imagem em números, a imagem é subdividida em uma grade, sendo cada um dos elementos da grade esta associado a um valor numérico da intensidade de RX. A essa grade chamamos de "imagem matriz", e cada quadrado de "pixel" (*picture element*).
  - Cada pixel carrega a informação sobre o nível de cinza que ele representa.



# Mamografia Digital

- Conceitos básicos da imagem digital
  - Na geração de imagens digitais, cores podem ser usadas para representar os tons de cinza das imagens, o que se denomina "falsa cor".
  - Em vez de atribuir um diferente valor de cinza para cada valor binário no pixel, uma diferente saturação da cor primária é usada.
  - Contudo, três cores primárias são necessárias para produzir todas as outras cores, deste modo, em imagens coloridas, cada pixel tem três componentes, uma para cada cor primária usada (tipicamente vermelho, verde e azul, ou RGB).
  - Esses métodos para imagens coloridas requerem 3 vezes mais espaço para armazenagem que os tons de cinza.



# Mamografia Digital

- Sistemas CR x DR
  - **CR** : Utiliza uma tela contendo cristais de fosforo foto estimulado ou CCD de iodeto de cézio. Um feixe de laser excita o material e luz proporcional e emitida sendo detectada eletronicamente, digitalizada e armazenada na memoria do computador na forma de um sinal digital.
  - **DR**: A energia da radiação e convertida diretamente em sinal elétrico através do detector (selênio) o que previne perdas e aumenta a eficiência do sistema.



# Mamografia Digital

- O que muda no processo?

## *Processo Convencional*

*Sensibiliza* → *Documenta* → *Verifica*

## *Processo Digital*

*Sensibiliza* → *Verifica* → *Documenta*



# Mamografia Digital

- Vantagens e desvantagens sistema CR
  - Vantagens
    - Investimento ZERO em equipamentos de mamografia e RX;
    - Digitaliza até 5 salas de RX e exames no leito;
    - Custa 1/3 do valor do DR.
  - Desvantagens
    - Pode apresentar problemas com fluxo de imagens, para geração da grafia das mesmas.







# Mamografia Digital

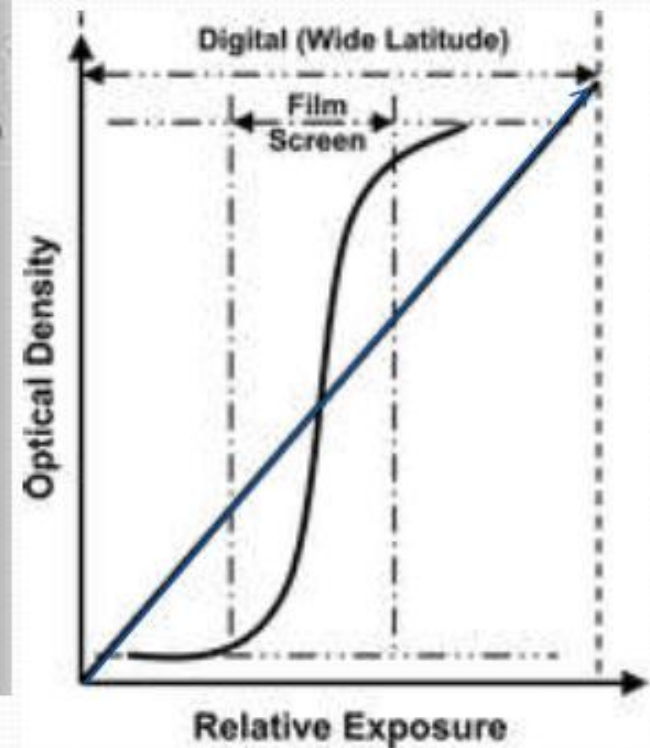
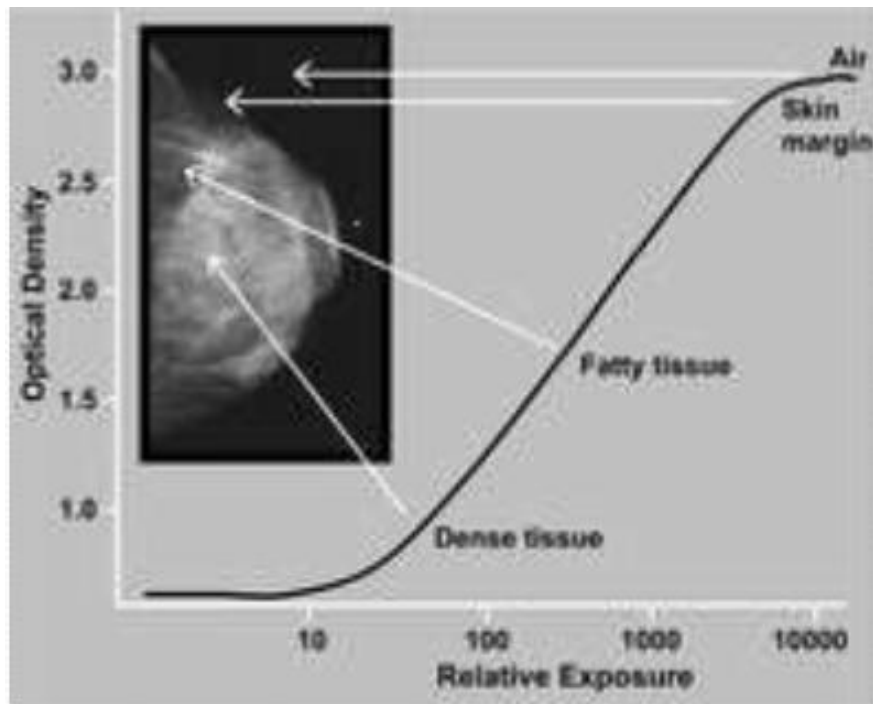
- Vantagens e desvantagens sistema DR
  - Vantagens
    - Não possui a etapa de geração de grafia nas imagens.
  - Desvantagens
    - Investimento em equipamentos de mamografia e RX;
    - Digitaliza apenas uma sala por equipamento, não digitaliza os exames de radiologia no leito;
    - Investimento alto.





# Mamografia Digital

- Curva sensitométrica





# Mamografia Digital

- Ganho com mamografia digital
  - Melhora na caracterização das lesões, com redução da dose de radiação recebida pelo paciente.
    - Consequência de uma resposta linear à intensidade da radiação incidente;
    - à redução do número de repetições de exames por imagens insatisfatórias e
    - à possibilidade de ampliação digital da imagem após a aquisição, sem necessidade de nova exposição da paciente para um complemento de ampliação.

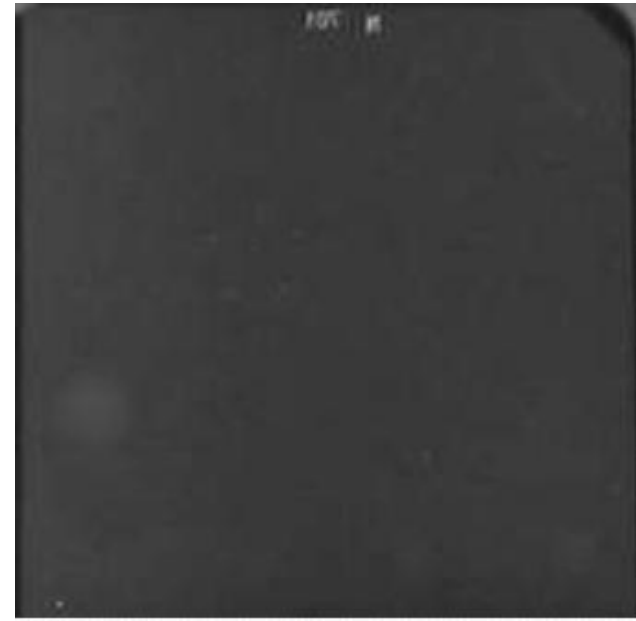


# Mamografia Digital

- Influência da variação da quantidade de fótons
  - Mamografia analógica



$\frac{1}{2}$  MAS

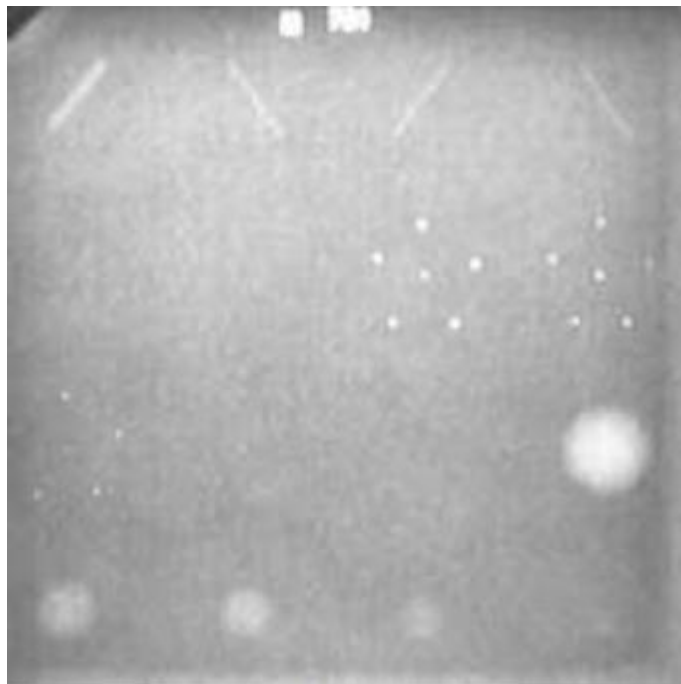


2 x MAS

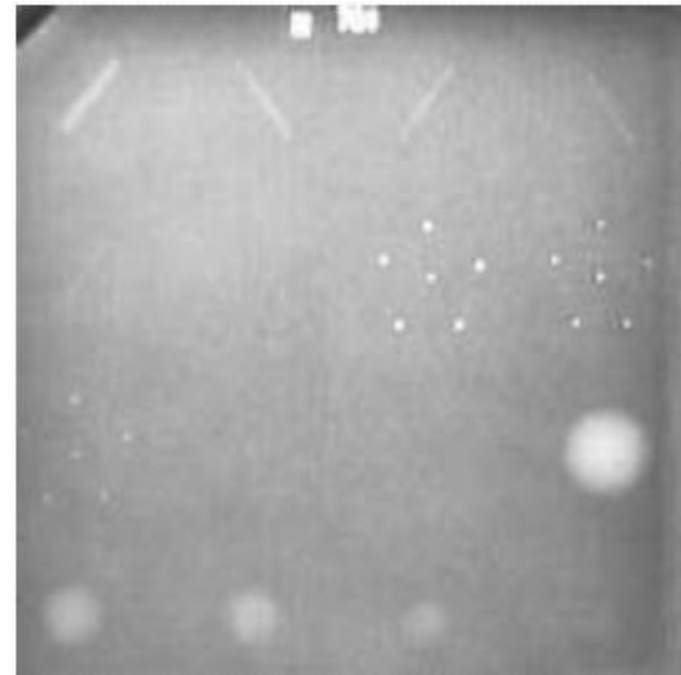


# Mamografia Digital

- Influência da variação da quantidade de fótons
  - Mamografia digital



$\frac{1}{2}$  MAS

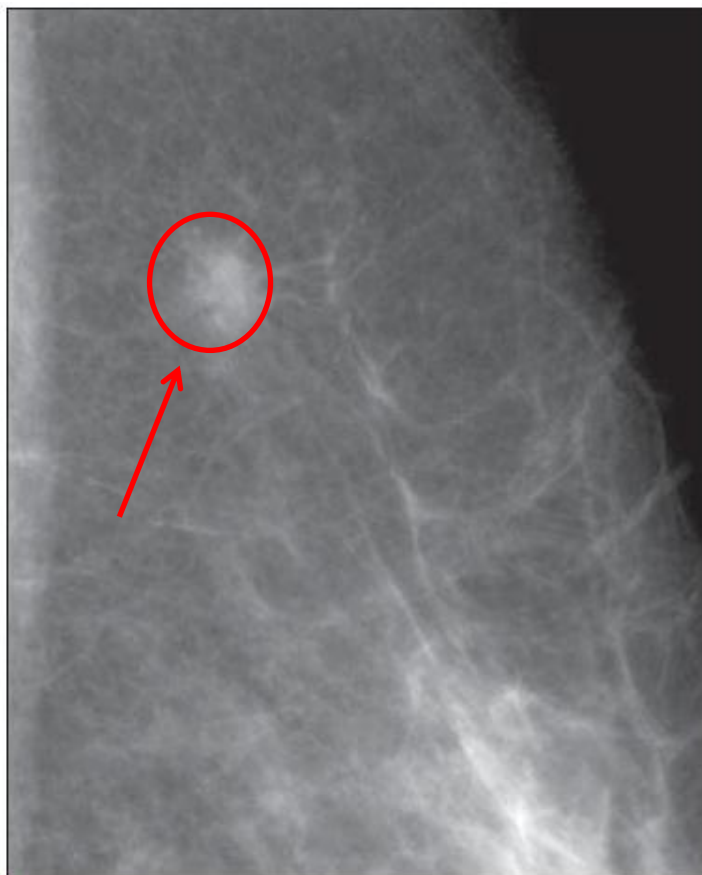


2 x MAS

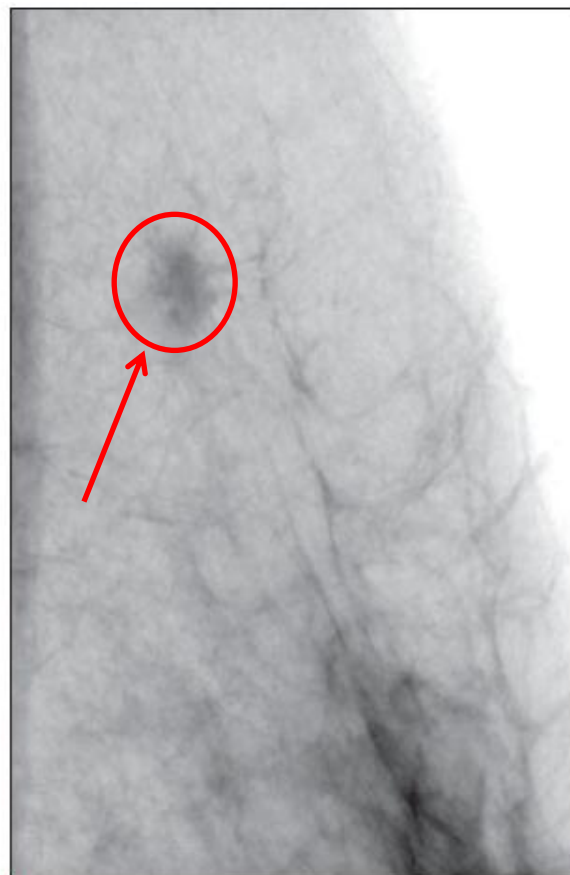
Dias, 2001



# Mamografia Digital



A



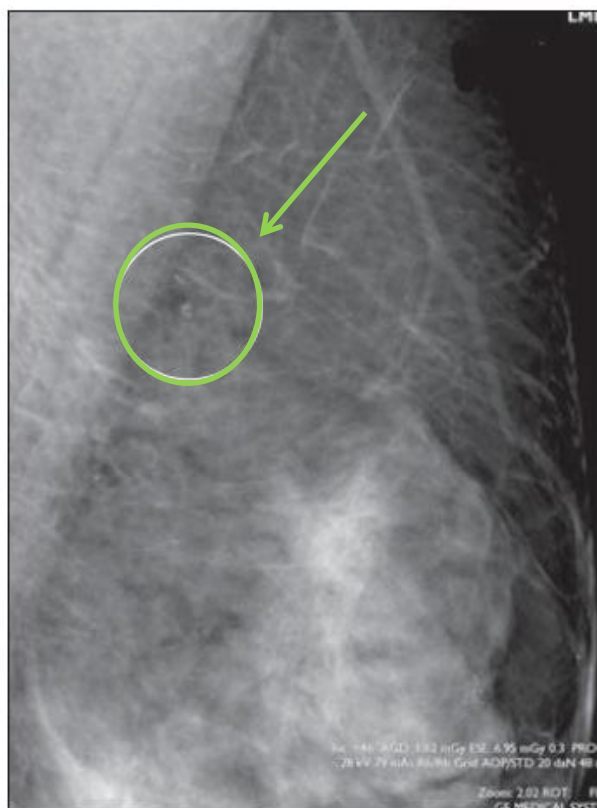
B

- *Mamografia digital demonstrando nódulo espiculado avaliado com recursos de pós processamento utilizando técnicas de ampliação ("zoom") (A) e inversão do contraste (B).*

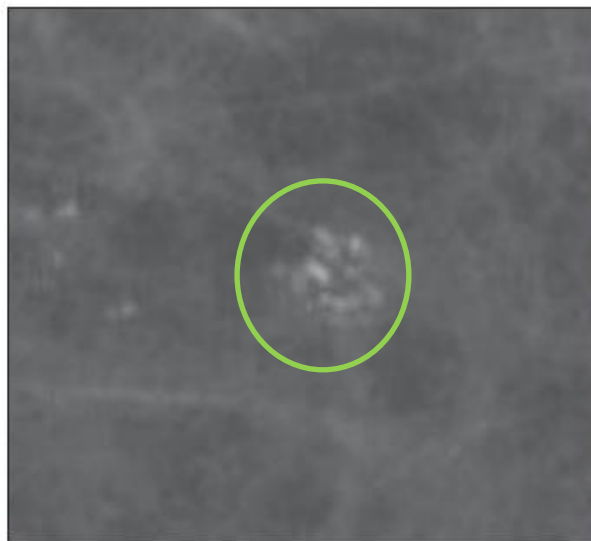




# Mamografia Digital



A



B



C

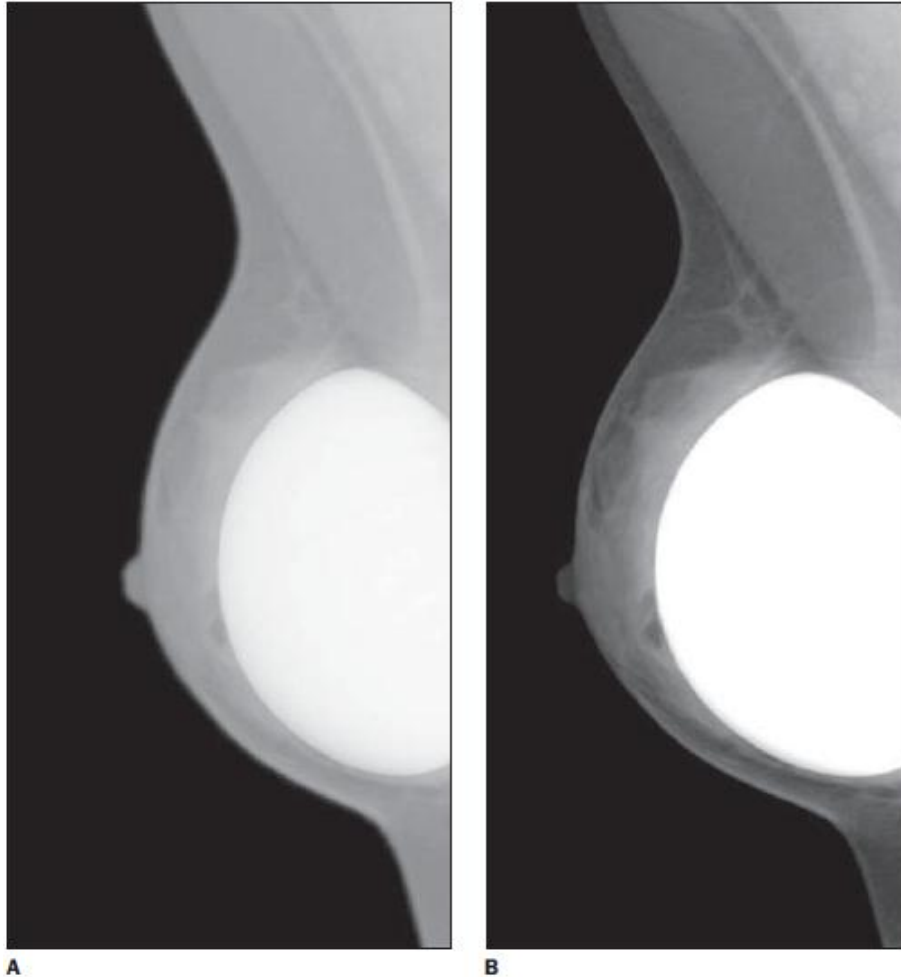
- Mamografia digital demonstrando microcalcificações agrupadas avaliadas sem recursos de pós-processamento (A) e utilizando técnicas de ampliação (“zoom”) (B) e inversão do contraste (C).*

Freitas et al, 2006

92



# Mamografia Digital



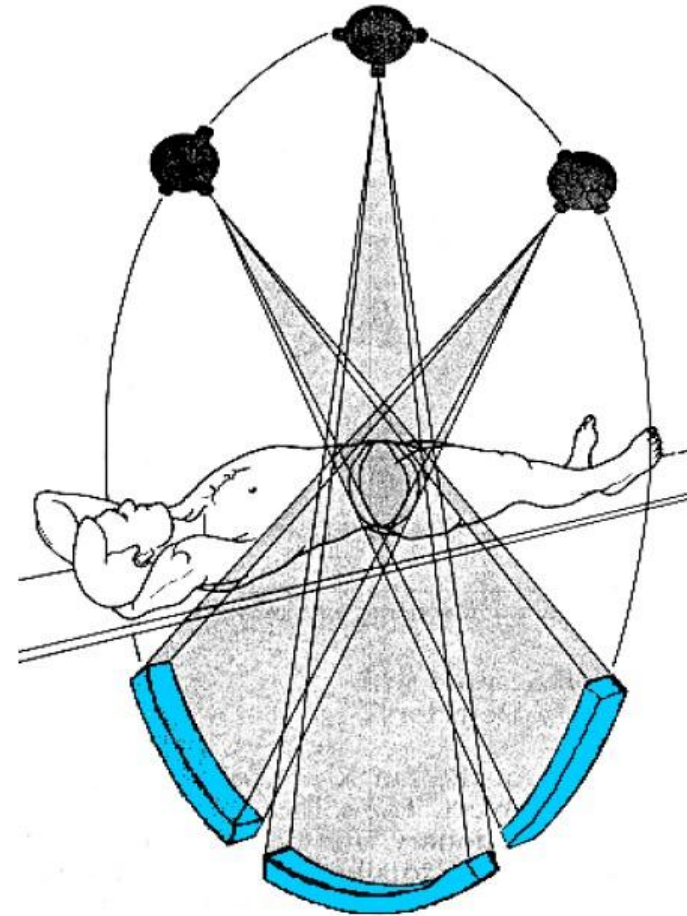
- *A habilidade de variar os parâmetros de demonstração da imagem, combinada com a maior extensão dinâmica de contraste do detector digital, permitem que a mesma imagem seja usada para examinar ambos, o implante mamário (A) e o tecido mamário adjacente (B).*

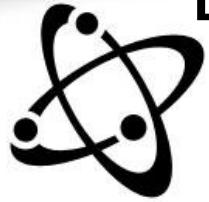


# Equipamentos de radiodiagnóstico por Imagem – Tomógrafo (TC)

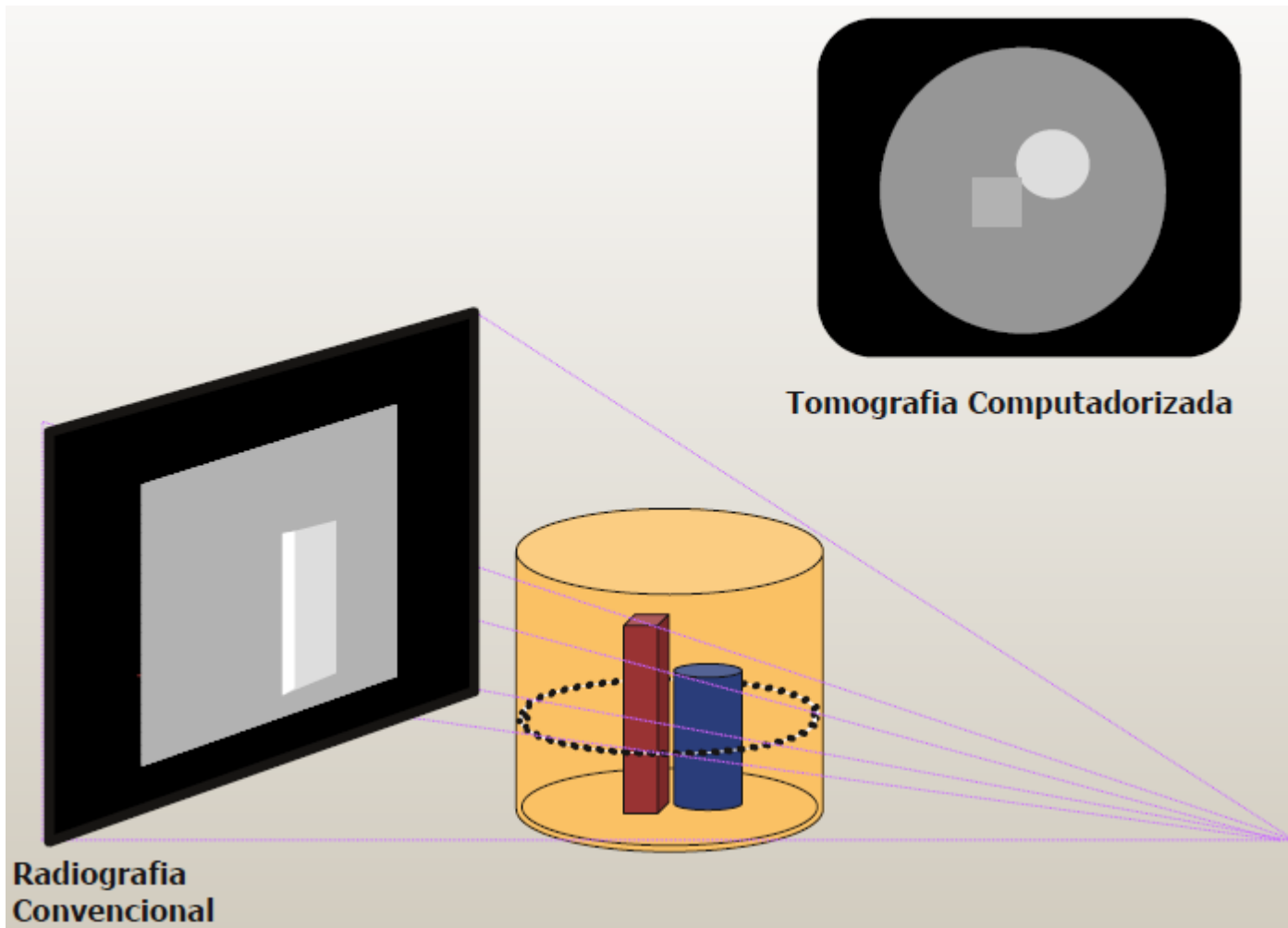
- **Princípio básico**

- Em uma imagem radiológica convencional a imagem possui um contraste relativamente baixo devido a radiação espalhada e ocorre superposição de estruturas anatômicas das regiões radiografadas;
- Em um tomógrafo o tubo de raios x gira em torno do paciente emitindo radiação e produzindo perfis de atenuação representativos da seção da estrutura analisada.



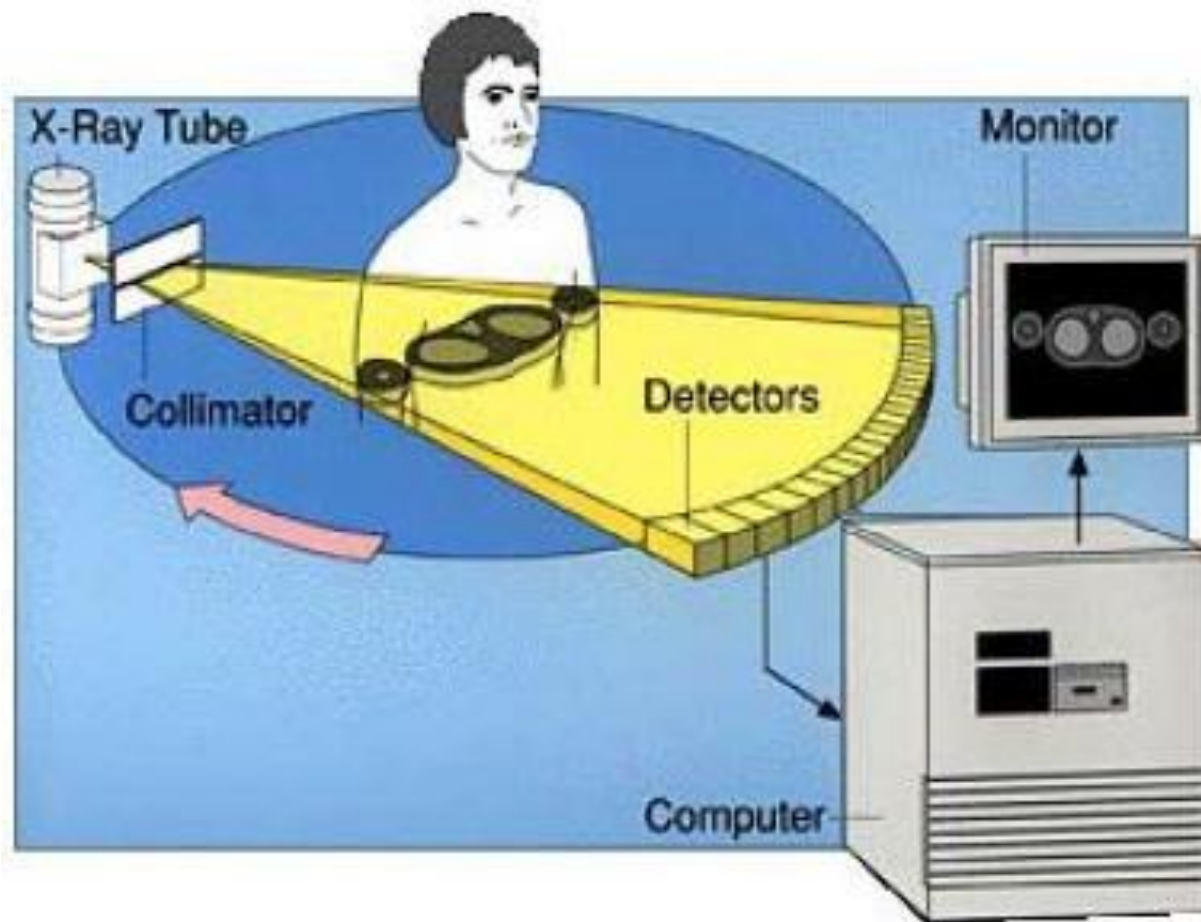


# Equipamentos de radiodiagnóstico por Imagem – Tomógrafo (TC)





# Equipamentos de radiodiagnóstico por Imagem – Tomógrafo (TC)

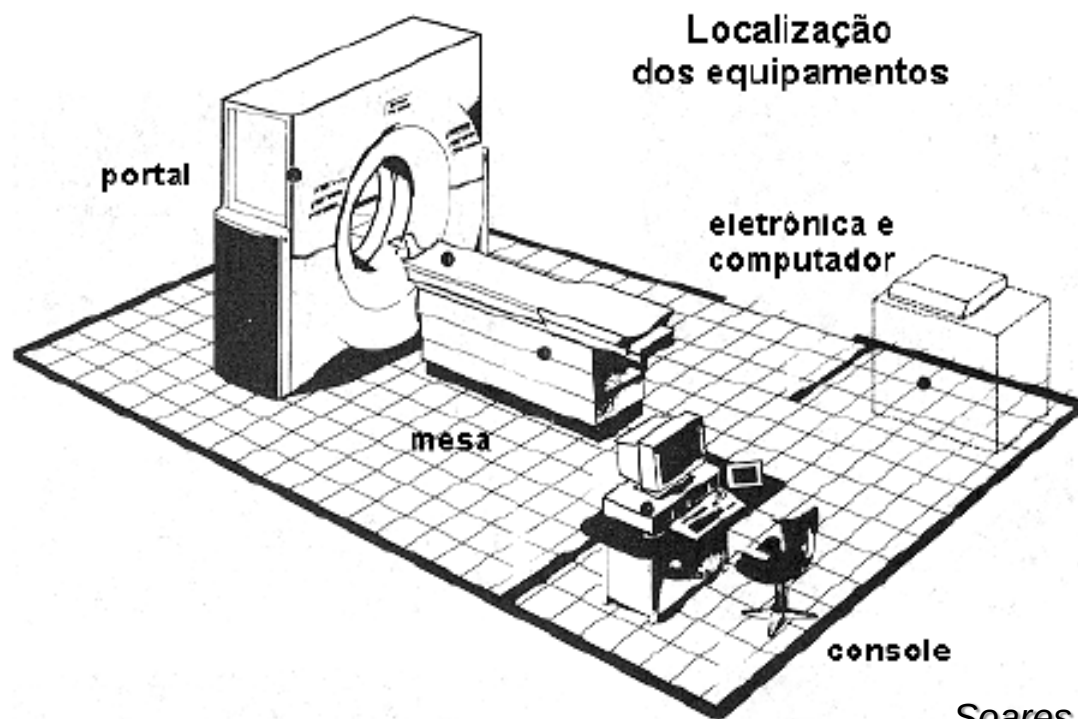




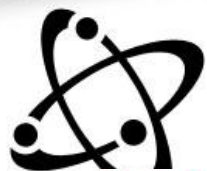


# Sistema tomográfico

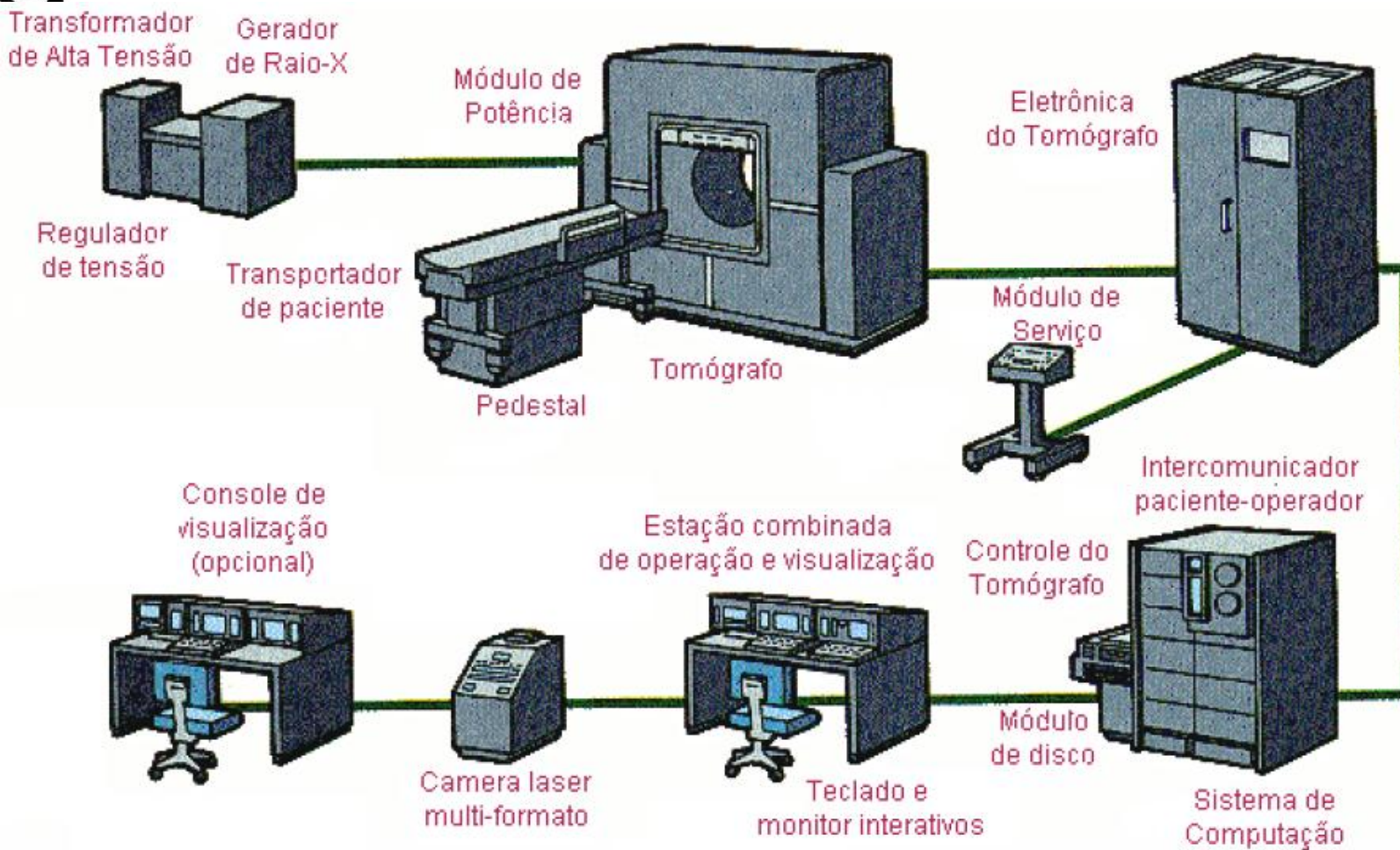
- Uma divisão básica e muito simplista de um sistema tomográfico pode ser feita em portal ou gantry, mesa, console e eletrônica associada.







# Sistema tomográfico



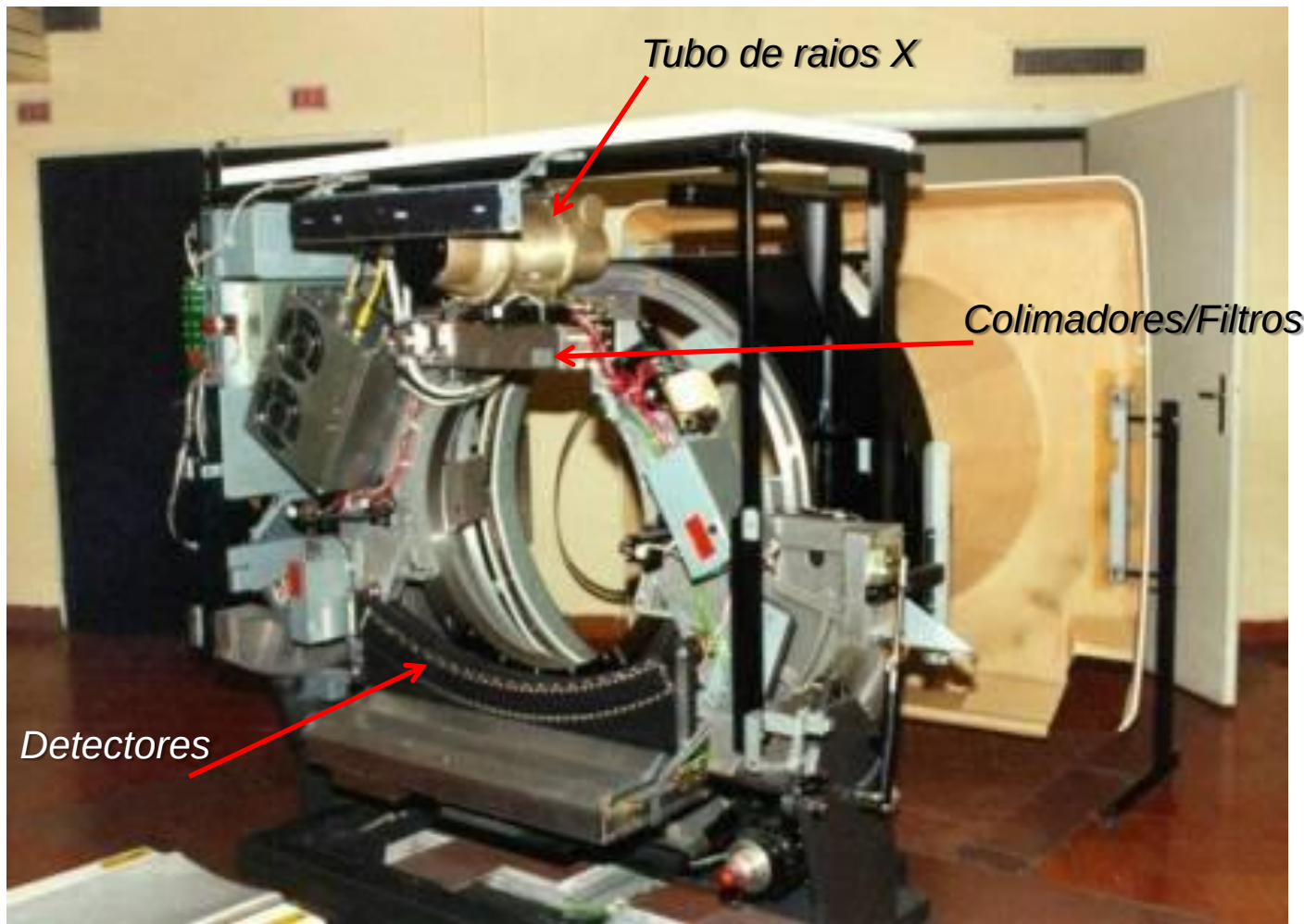


# Sistema tomográfico - Gantry

- O portal é uma estrutura mecanicamente complexa, porém de funcionamento elétrico não diferente de um equipamento de raios X convencional. Basicamente, o que encontramos por trás da cobertura do portal é um cabeçote contendo a ampola de raios X típica: ânodo giratório, refrigerado a óleo ou água, filamento simples ou duplo e pista anódica.
- Os detectores do feixe de raios X são colocados diametralmente opostos ao cabeçote e encontram-se presos à mesma estrutura mecânica para que ambos possam girar simultaneamente. Engrenagens reforçadas e motores elétricos garantem precisão e velocidade ao sistema de rotação.



# Sistema tomográfico - Gantry





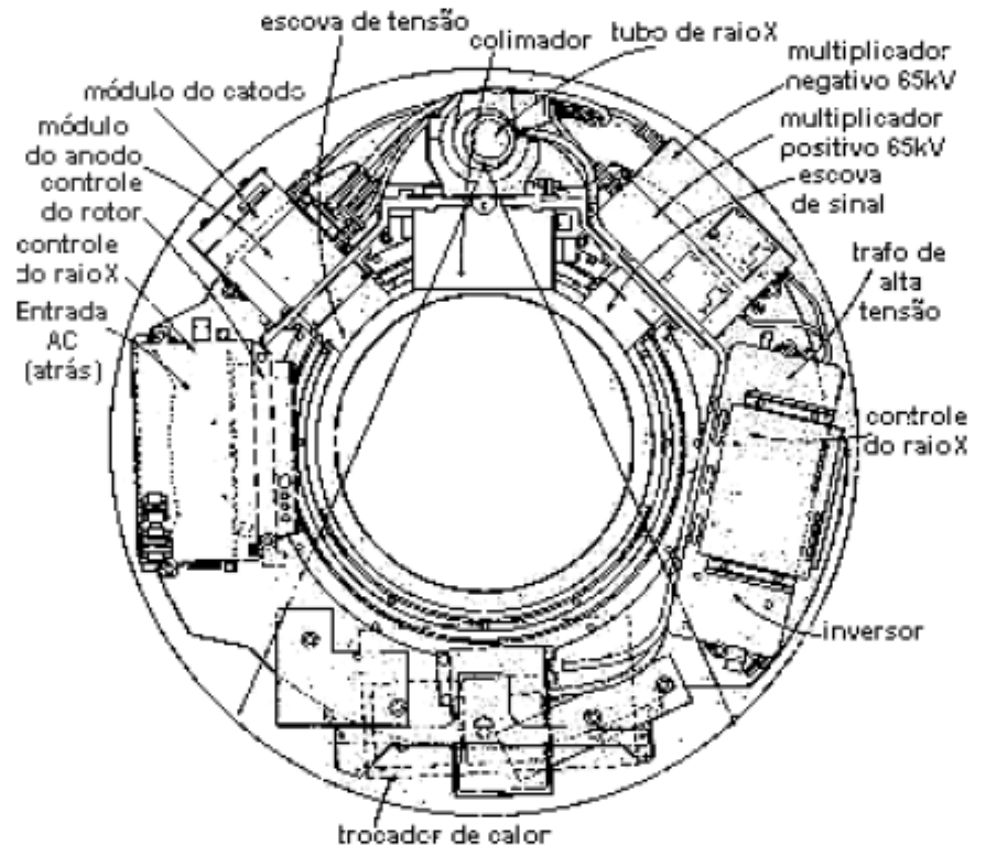
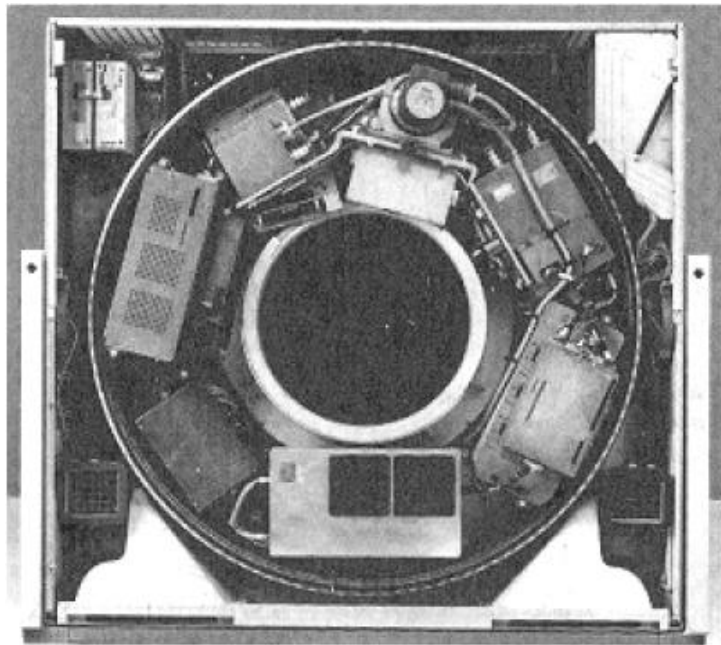
# Sistema tomográfico - Gantry

- Além do movimento interno giratório, o portal também pode inclinar-se (até  $30^\circ$ ) para frente ou para trás, permitindo cortes oblíquos na anatomia do paciente. Para isso, todo o conjunto é sustentado por dois suportes, um de cada lado, onde encontram-se motores ou pistões hidráulicos que realizam a inclinação.
- Junto aos detectores, encontram-se placas de circuitos eletrônicos que tem a função de traduzir a informação de raios X (quantidade) em sinal elétrico, amplificá-la e passá-la para os conversores analógico digitais. A seguir, a informação digitalizada é transmitida pelo portal para o computador, que fará, então, os cálculos matemáticos necessários para a reconstrução da imagem





# Sistema tomográfico - Gantry



*Visão do interior de um gantry mostrando sua complexidade.*



# Sistema tomográfico - Gantry

- O cabeçote de um tomógrafo é idêntico ao de um equipamento de raios X convencional: ampola com ânodo giratório, copo catódico, refrigeração, filtragem, etc. Porém, devido ao funcionamento constante do tubo durante um exame, existe a necessidade de um sistema de refrigeração eficiente. Vale lembrar, que no tubo de raios X, 99% da energia gerada é transformada em calor e apenas 1% é convertida em fótons.
- No tomógrafo, todo este calor é gerado durante alguns segundos de funcionamento, o que resulta numa produção de calor de 1.000 a 10.000 vezes mais do que um tubo de raios X convencional, que funciona durante tempos menores que 1 segundo.



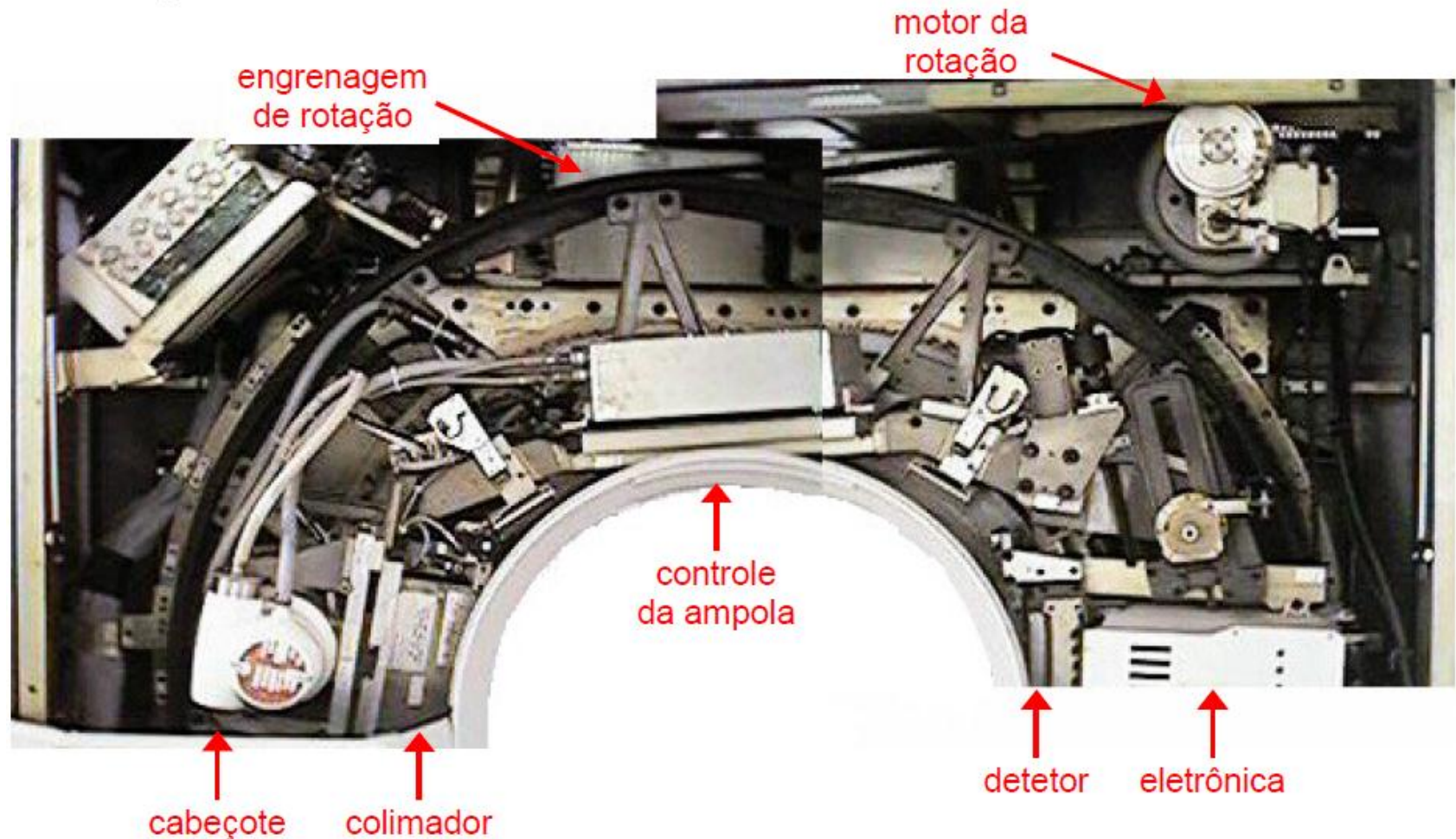


# Sistema tomográfico - Gantry

- Para haver uma melhor dissipação do grande calor gerado nas ampolas de TC, alguns ajustes foram introduzidos no desenvolvimento das mesmas:
  - a velocidade de rotação do motor do ânodo giratório é maior;
  - o vidro da ampola é mais fino e de melhor condutividade térmica;
  - e o sistema de refrigeração é muito mais sofisticado.
- Alguns fabricantes têm desenvolvido ampolas de ligas de alumínio e metais nobres em substituição ao vidro para a melhoria da condutividade térmica e também para diminuir o peso do tubo, o que é muito importante num sistema giratório.



# Sistema tomográfico - Gantry





# Sistema tomográfico - Gantry

- Os sistemas comerciais de tomografia hoje utilizam-se de *sensores de estado sólido cintiladores*, já foram usados câmara de ionização que apresentavam uma *eficiência quântica* (conversão de fótons de raios X em sinal elétrico) menor do que os detectores de estado sólido.



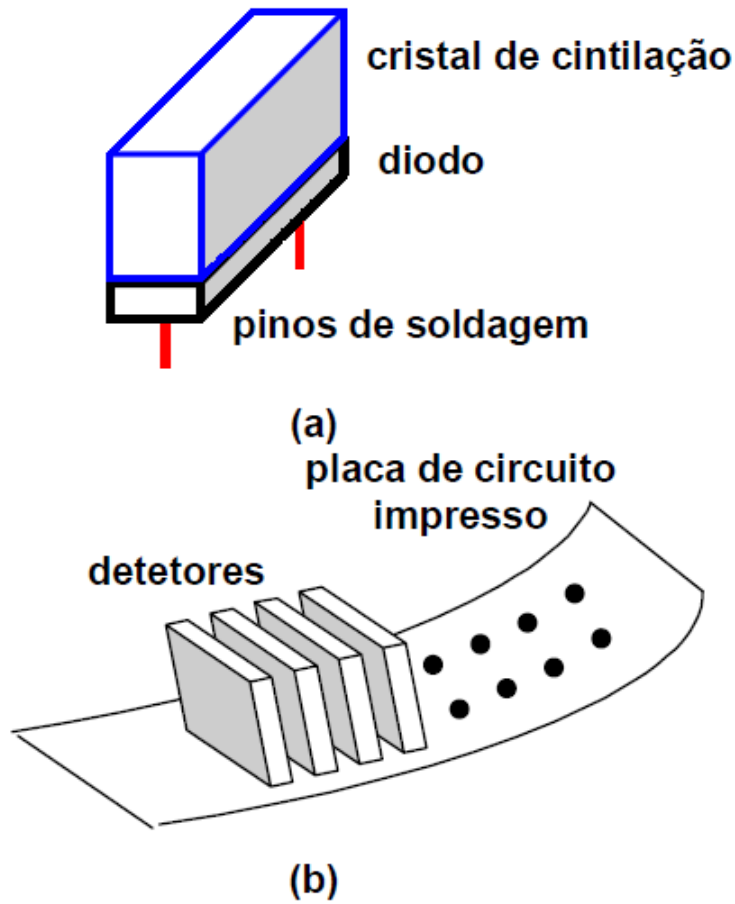
# Sistema tomográfico - Gantry

- Os sensores de estado sólido consistem em um arranjo de fotodiodos e cristais de cintilação.
- Vários tipos de materiais cintiladores já foram utilizados como iodeto de sódio (NaI), germanato de bismuto  $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$  ou BGO) com fotomultiplicadoras. Também foram usados iodeto de cézio (CsI) e o BGO sem fotomultiplicadora.
- Atualmente, tem-se preferido o Tungstato de Cadmio ( $\text{CdWO}_4$ ) pelo seu custo e eficiência e também material cerâmico (ex.: SOMATOM – modelos BALANCE ou EMOTION).

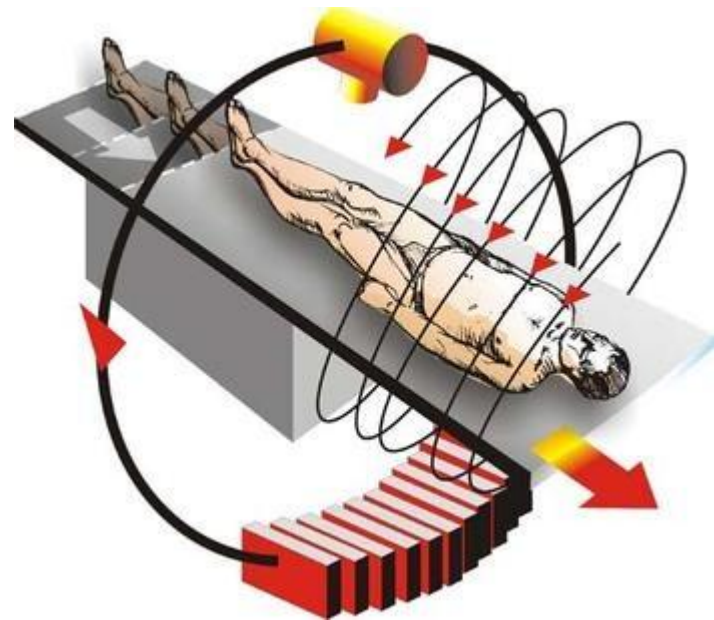




# Sistema tomográfico - Gantry

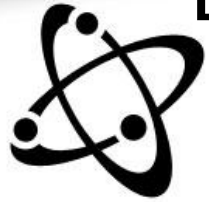


## Detectores



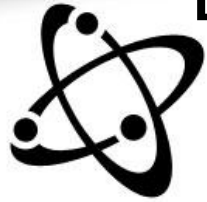
*Sensores de estado sólido: (a) detalhe da montagem do fotodiodo e do cristal de cintilação; (b) arranjo de detectores colocados lado a lado*





# Equipamentos de radiodiagnóstico por Imagem – Tomógrafo (TC)

- Obtenção da imagem tomográfica
  - O tomograma é gerado a partir de um feixe de raios X estreito e um detector montado no lado diametralmente oposto que se movem de forma síncrona.
  - Quando o conjunto cabeçote detector faz uma translação ou rotação em torno do paciente as estruturas internas do corpo atenuam o feixe de raios X de acordo com a densidade e número atômico de cada tecido.
  - Este processo é repetido várias vezes, gerando grande quantidade de dados que são armazenados e manipulados em um computador e um tomograma calculado representativo da estrutura anatômica estudada é obtido.
  - Para a formação deste tomograma 03 fases são necessárias: aquisição de dados, reconstrução da imagem e apresentação.



# Equipamentos de radiodiagnóstico por Imagem – Tomógrafo (TC)

- Fase de aquisição de dados
  - A fase de aquisição de dados é também conhecida como *fase de varredura* ou de *exploração*. Inicia-se com a exposição de uma seção da região do corpo a um feixe colimado de raios-X, na forma de um leque fino, envolvendo as suas extremidades.
  - Os fótons de radiação que atravessam a seção do corpo sem interagir atingem um conjunto de elementos detectores, no lado oposto, tendo o paciente ao centro.

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

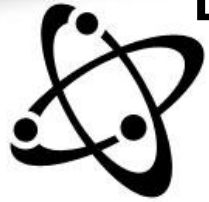
|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

D. Tecido + 1  
Ar + 0

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

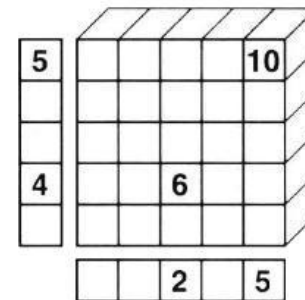
|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 4 | 2 | 4 | 5 |

E. Somar números

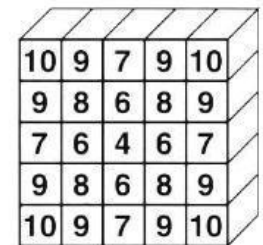


# Equipamentos de radiodiagnóstico por Imagem – Tomógrafo (TC)

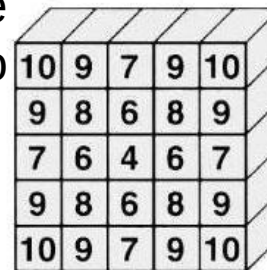
- Fase de reconstrução da imagem
  - Algoritmos matemáticos transformam os dados brutos em imagem numérica ou digital. A imagem digital é uma matriz bidimensional, em que cada elemento de matriz, denominado de pixel, recebe um valor numérico denominado de número de TC.
  - O número de TC (unidades de Hounsfield : UH) está relacionado ao coeficiente linear médio de atenuação do elemento do objeto, o voxel, que ele representa.



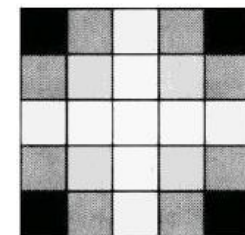
F. Combinar perfis



G. Soma

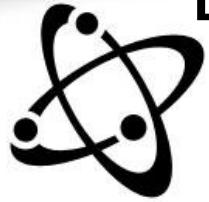


Soma



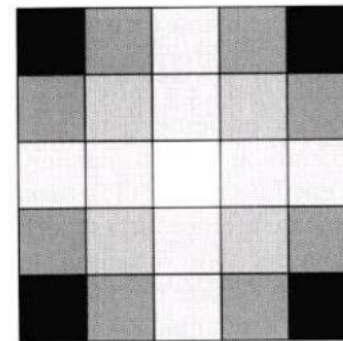
H. Escala cinza

10 = Preto  
 9 = 80% cinza  
 8 = 60% cinza  
 7 = 40% cinza  
 6 = 20% cinza  
 4 = Branco

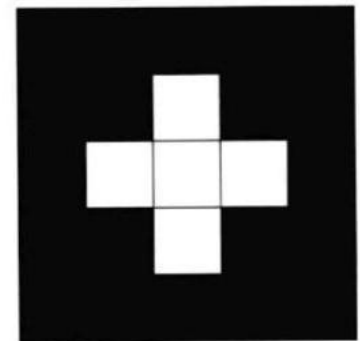


# Equipamentos de radiodiagnóstico por Imagem – Tomógrafo (TC)

- Fase de apresentação da imagem
  - A fase final é a conversão da imagem digital em uma imagem de vídeo, para que possa ser diretamente observada em um monitor de TV e, posteriormente documentada em filme.
  - Esta fase é efetuada por componentes eletrônicos que funcionam como um conversor (vídeo) digital-analógico.
  - A relação entre os valores do número de TC do pixel da matriz de reconstrução para os tons de cinza, ou de brilho, da matriz de apresentação é estabelecida pela seleção da janela.



H. Escala cinza



I. Sem cinza



# Tomógrafo Multicorte – TCMC

- Um histórico sobre o helicoidal
  - A tomografia espiral ou helicoidal foi desenvolvida no final dos anos 80, e o primeiro tomógrafo helicoidal comercial foi produzido em 1990.
  - A TC espiral permitiu a quebra de algumas limitações da TC. O tempo de exame pôde ser reduzido consideravelmente, e dados volumétricos puderam ser adquiridos.
  - Com isso, maiores áreas anatômicas puderam ser examinadas, por exemplo, em uma apneia, e diferentes estágios de perfusão puderam ser examinados em um órgão, como o fígado (fases arterial, portal e de equilíbrio).



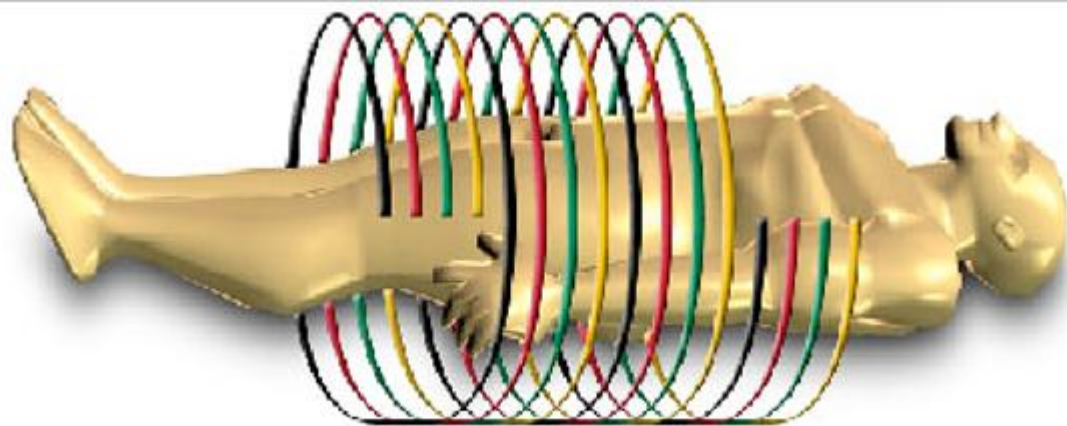
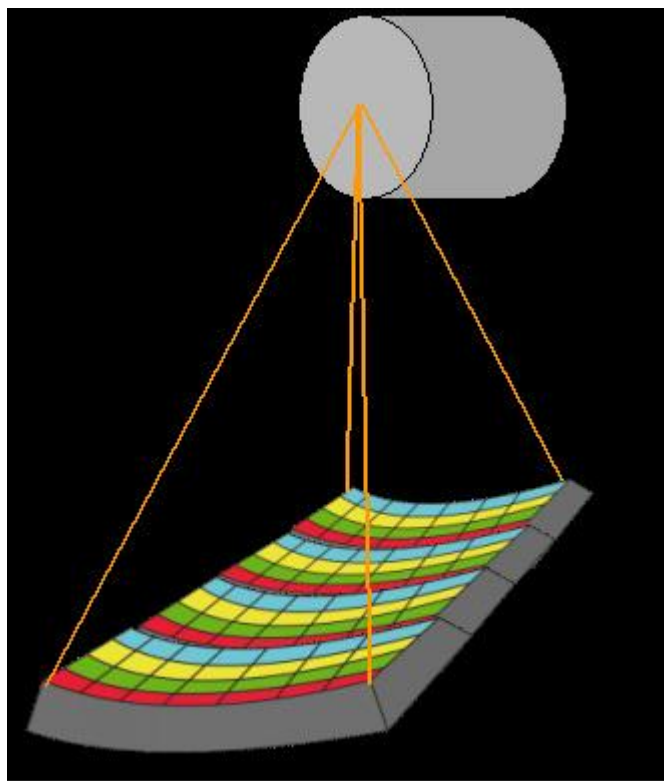


# Tomógrafo Multicorte – TCMC

- Entretanto, mesmo o método espiral não resolveu todas as limitações técnicas, e a tomografia com múltiplas fileiras de detectores (TC *multislice*) foi inventada para aumentar a velocidade de aquisição de imagem e reduzir o tempo de exame.
- A diferença básica da tomografia helicoidal simples para o multislice é a quantidade de fileiras de detectores de raios X . Enquanto a TC helicoidal possui apenas uma fileira, a TC *multislice* apresenta duas ou mais fileiras de detectores (a geração atual no mercado brasileiro e que têm registro na Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa ainda é a de 64 cortes).



# Tomógrafo Multicorte – TCMC





# Tomógrafo Multicorte – TCMC

- O advento da TC *Multislice* permitiu a aquisição de imagens de alta qualidade, com espessuras mínimas de até 0,5 mm, com reconstruções multiplanares de alta definição.
- Em razão de sua alta velocidade, é possível realizar estudo com cortes finos e longa cobertura anatômica, em pequenos espaços de tempo (segundos).
- E a aquisição de imagens finas possibilita reconstruções multiplanares bi e tridimensionais de alta qualidade, livres de artefatos.



# Tomógrafo Multicorte – TCMC

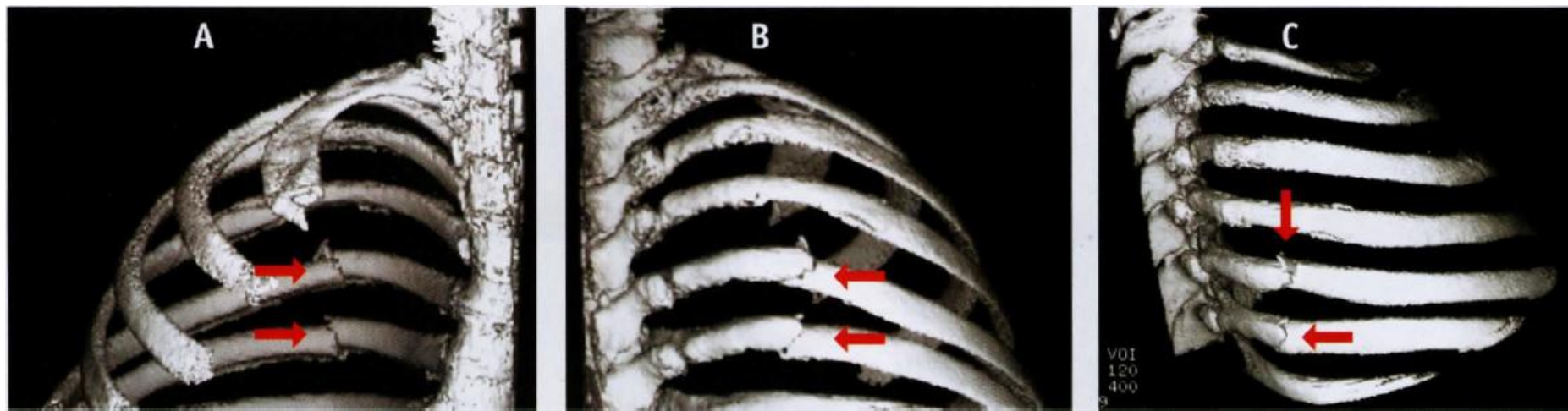


*Reconstruções tridimensionais da face por Te multislice por suspeita de fratura . A) visão frontal; B) visão oblíqua anterior; c) visão lateral. TC normal.*





# Tomógrafo Multicorte – TCMC

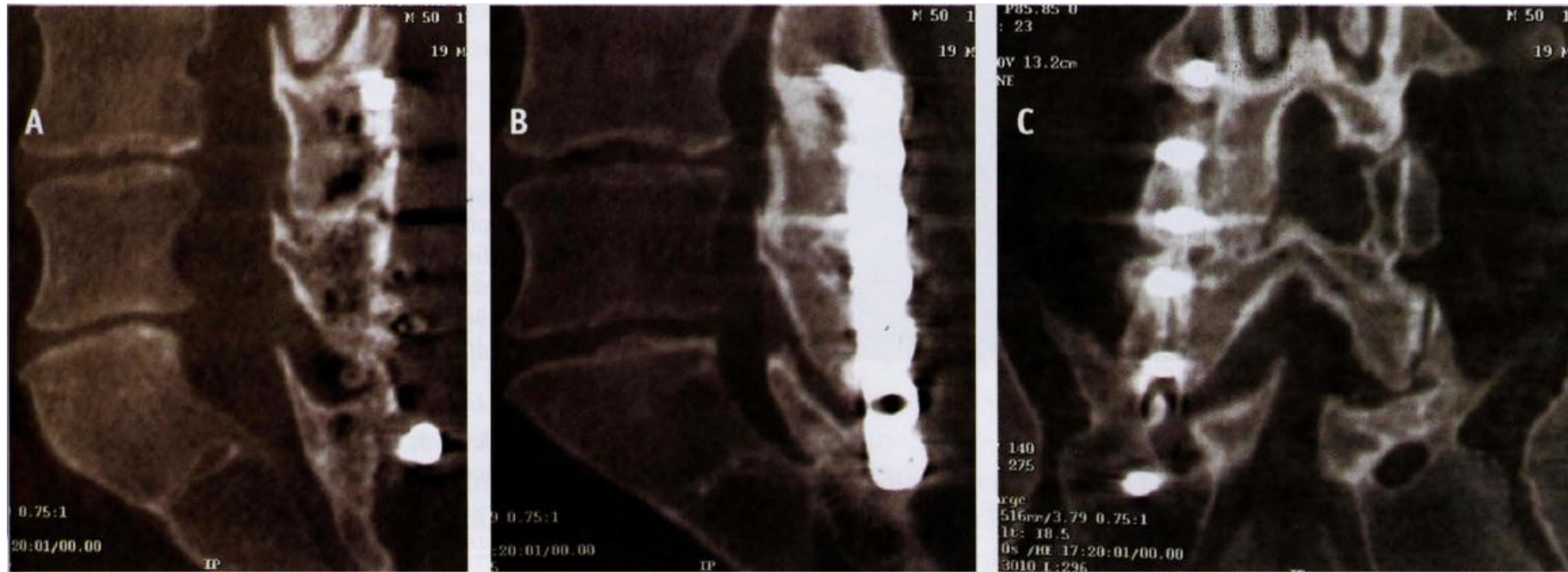


*TC multislice de arcos costais superiores evidenciando fraturas do 5.º e 6.º arcos costais à direita . A) visão frontal; B) visão posterior; C) visão lateral.*





# Tomógrafo Multicorte – TCMC



*TC multislice da coluna lombo-sacra evidenciando material metálico de artrodese posterior. Os artefatos são pequenos e praticamente não a avaliação do canal vertebral. A) corte sagital mediano; B) corte para sagital; C) corte coronal posterior.*



# Densitômetro ósseo



*Densitômetro de sítio central e  
periférico*



*Densitômetro de sítio periférico*



# Densitômetro ósseo

- De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), no mundo, 13% a 18% das mulheres e 3% a 6% dos homens, acima de 50 anos, sofrem com a osteoporose.
- No Brasil, o número de pessoas que possuem a doença chega a 10 milhões e os gastos com o tratamento e a assistência no Sistema Único de Saúde (SUS), são altos.
- Só em 2010, o SUS gastou aproximadamente R\$ 81 milhões para a atenção ao paciente portador de osteoporose e vítima de quedas e fraturas.
- ***Apenas, em 2010, foram internados 74 mil brasileiros na rede pública por fratura de fêmur.***



# Densitômetro ósseo

- A densitometria óssea é o método de diagnóstico que avalia o grau de mineralização óssea do esqueleto ou de segmentos do esqueleto e, os seus resultados, são comparados com a densidade mineral óssea (DMO) da média populacional.
- O exame de densitometria está especialmente indicado na avaliação da osteoporose, estado em que os ossos perdem cálcio, na osteopenia, estado em que ocorre redução do número de osteócitos no tecido ósseo, e nas patologias em que está presente hipercalcificação.
- A densitometria óssea é usada para:
  - Mensurar a DMO (Media de Conteúdo Mineral Ósseo em uma área)
  - Detectar perda óssea
  - Estabelecer o diagnóstico de osteoporose
  - Avaliar o risco individual de fraturas
  - Avaliar a resposta à terapia de osteoporose





# Densitômetro ósseo

- Nos últimos 20 anos houve um grande desenvolvimento de métodos para se avaliar a massa óssea. A densitometria por *DEXA* (*dual energy x-ray absorptiometry*) é a técnica mais atual, permitindo a avaliação da densidade óssea de forma rápida, não invasiva e bastante precisa.
- Esta técnica baseia-se na atenuação, pelo corpo do paciente, de um feixe de radiação de uma fonte de raio-X, com dois níveis de energia.
- Este feixe atravessa o indivíduo no sentido pósterio-anterior e é captado por um detector. O programa calcula a densidade de cada amostra a partir da radiação que alcança o detector em cada pico de energia (os valores DMO são expressos em  $\text{g/cm}^2$ ).



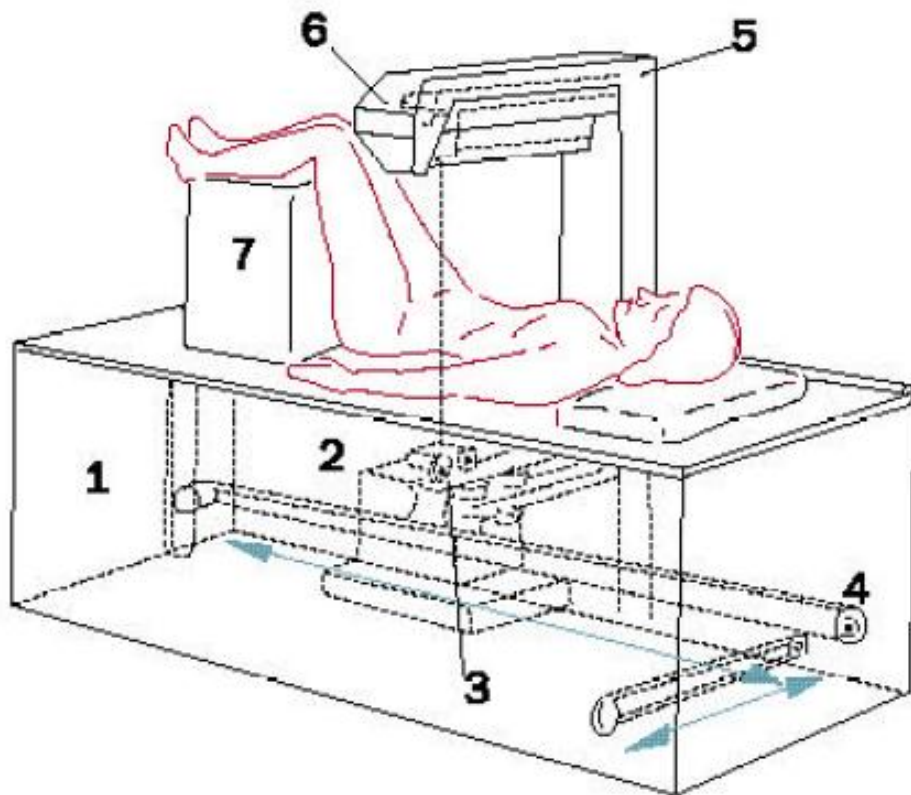


# Densitômetro ósseo

- Critérios diagnósticos para osteoporose segundo a organização mundial de saúde (OMS ou WHO)
  - **Normal**: Valores de DMO até (-1) desvio padrão da média de adultos jovens;
  - **Osteopenia**: Valores de DMO entre (-1) e (-2,5) desvios padrão da média de adultos jovens;
  - **Osteoporose**: Valores de DMO  $\leq$  a (-2,5) desvios padrão da media de adultos jovens.



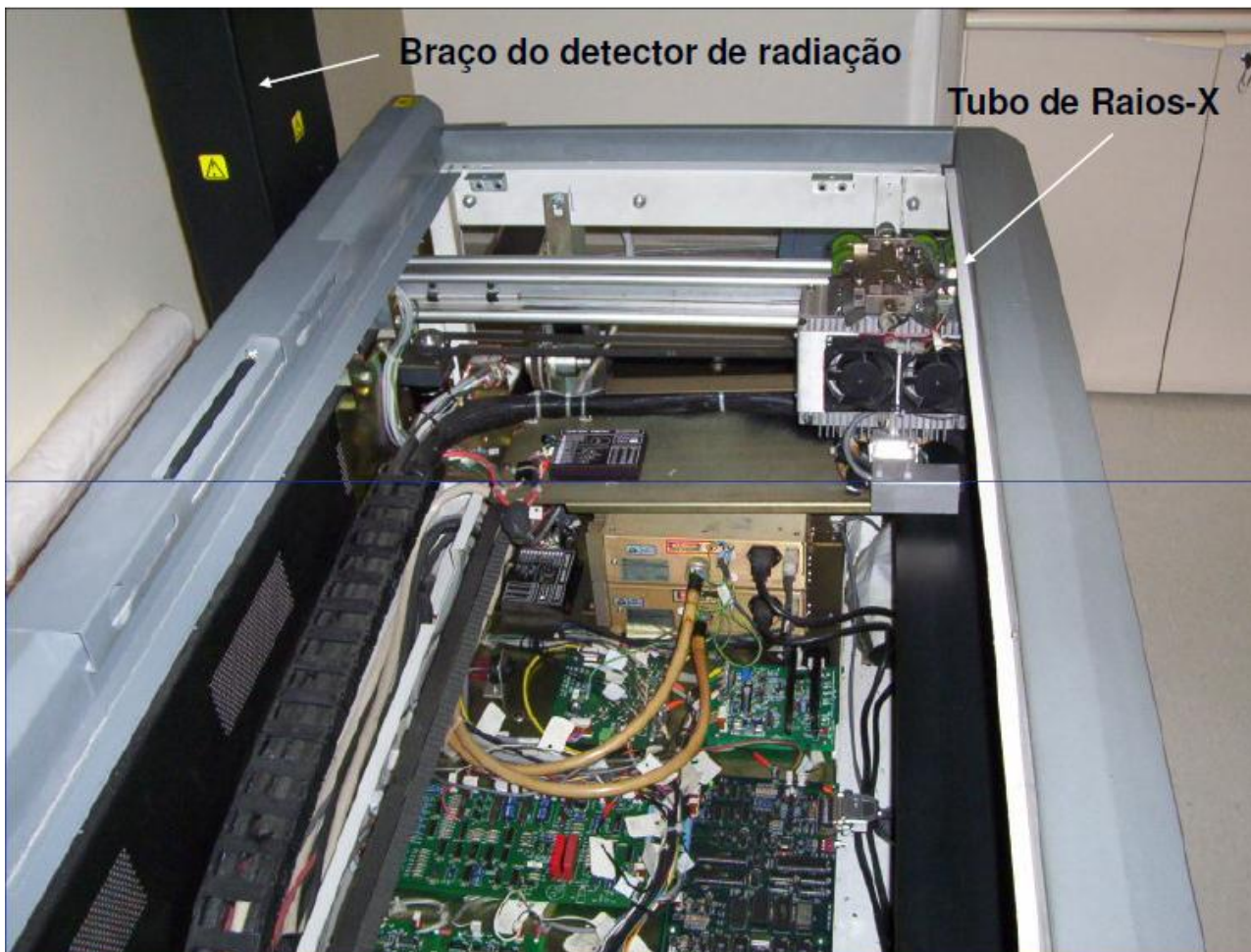
# Densitômetro ósseo



1. Mesa escaneadora
2. Tubo de raios X
3. Colimador
4. Sistema de deslocamento
5. Braço
6. Sistema de detecção
7. Suporte de espuma



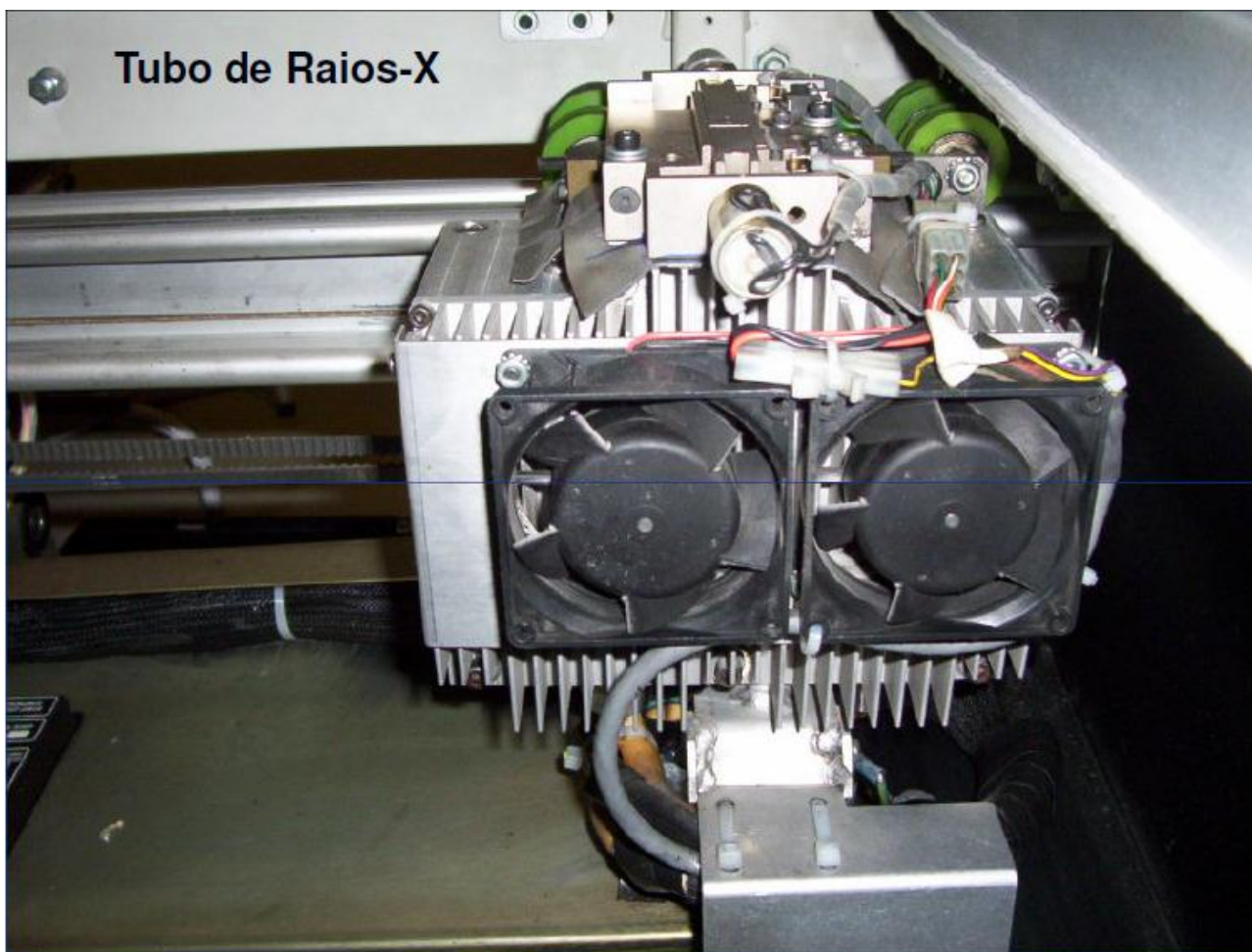
# Densitômetro ósseo





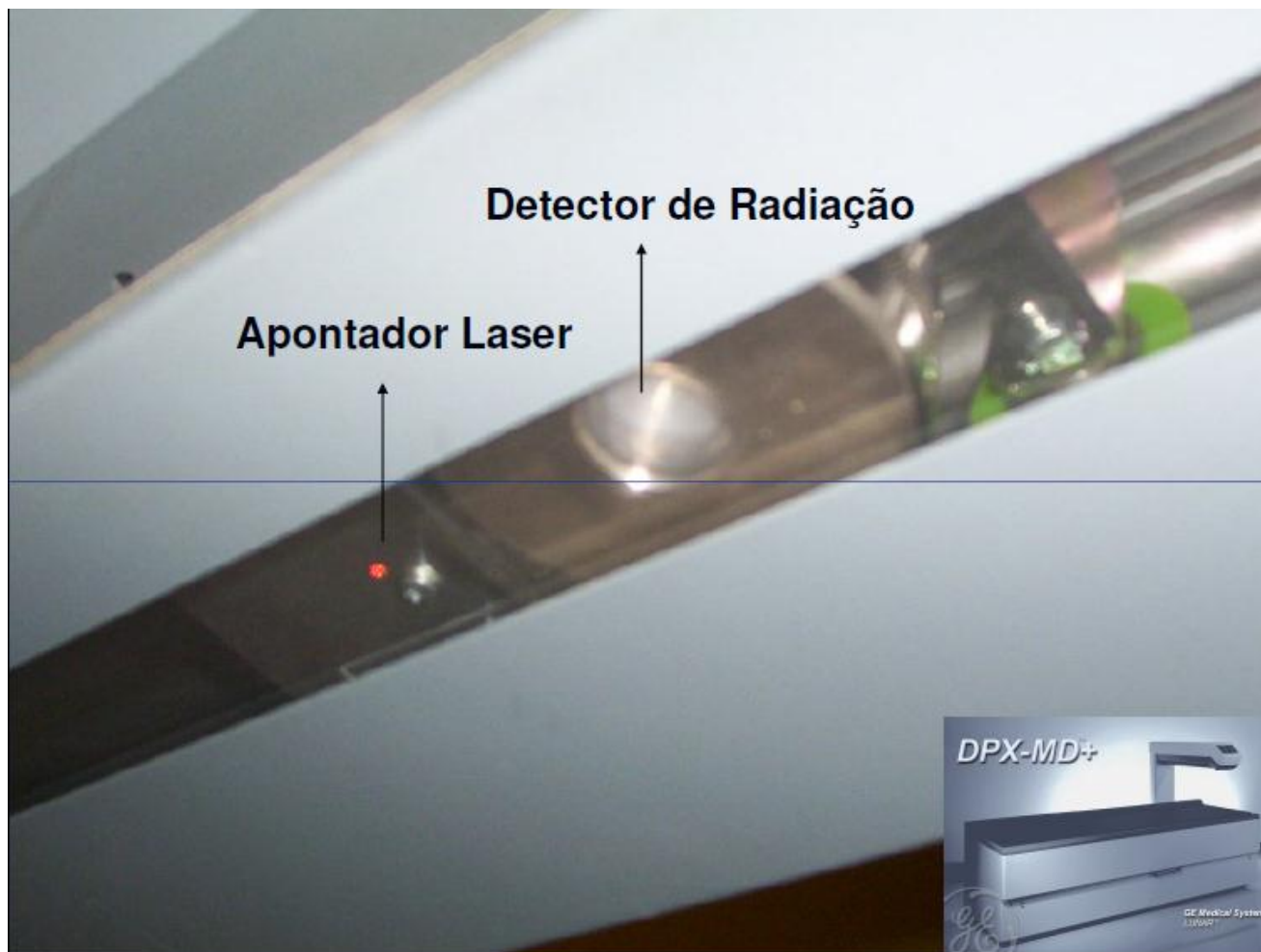


# Densitômetro ósseo





# Densitômetro ósseo

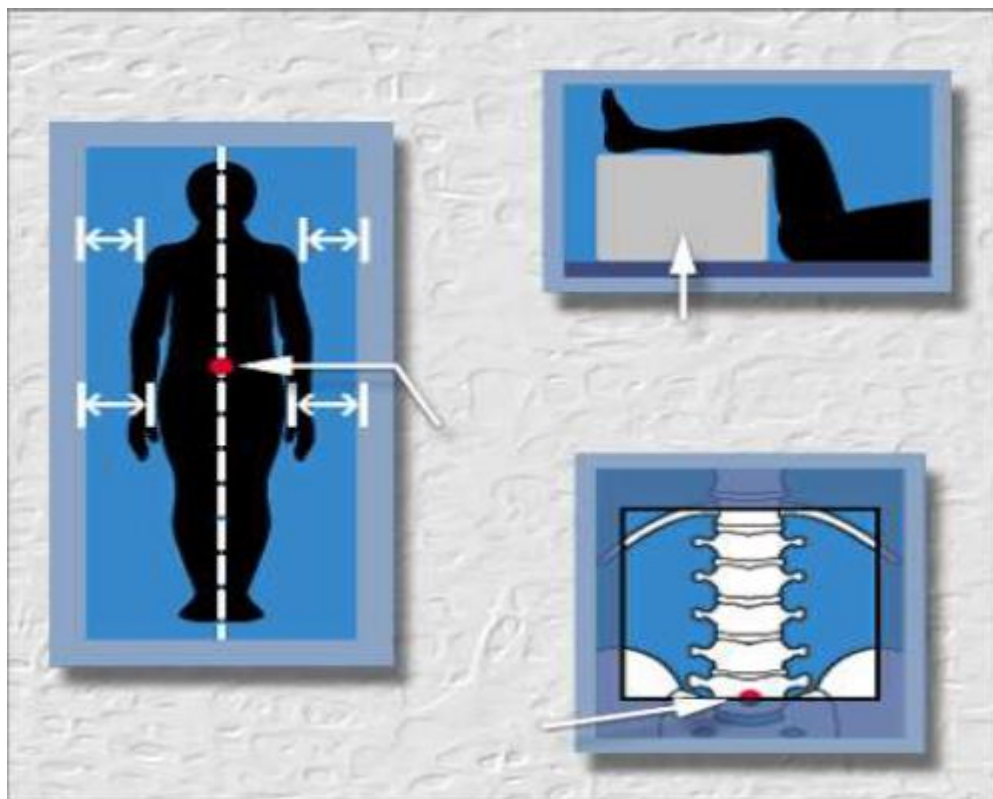






# Densitômetro ósseo

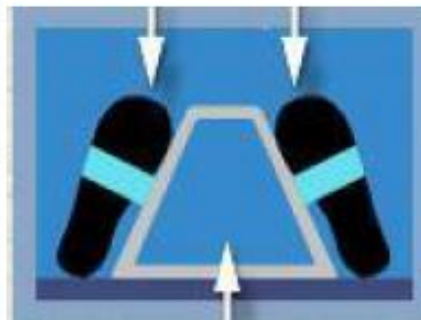
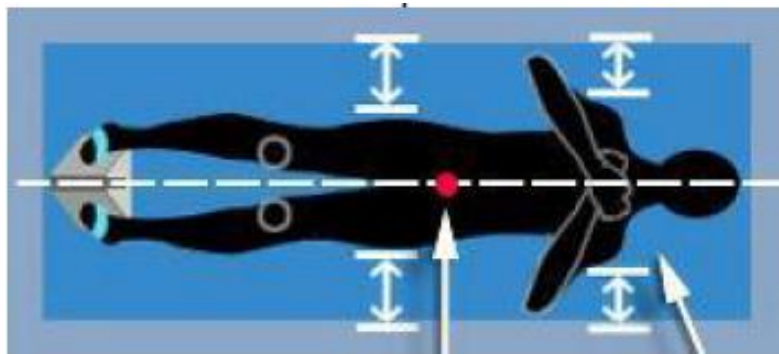
- Aquisição de informação de coluna





# Densitômetro ósseo

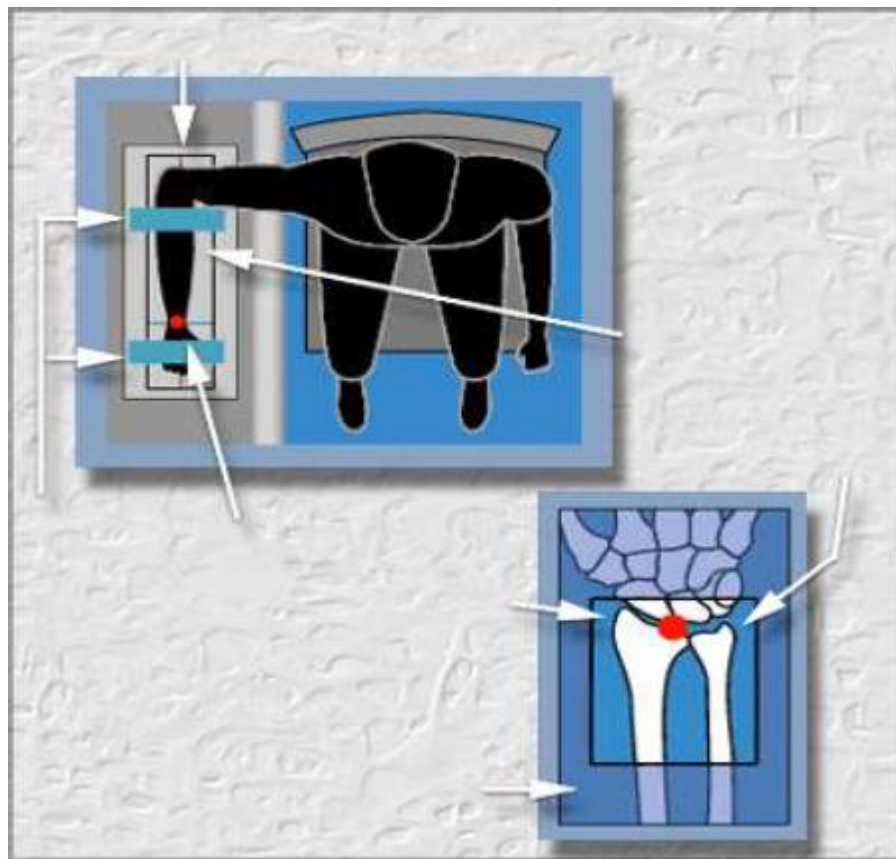
- Aquisição de informação de fêmur





# Densitômetro ósseo

- Aquisição de informação de antebraço





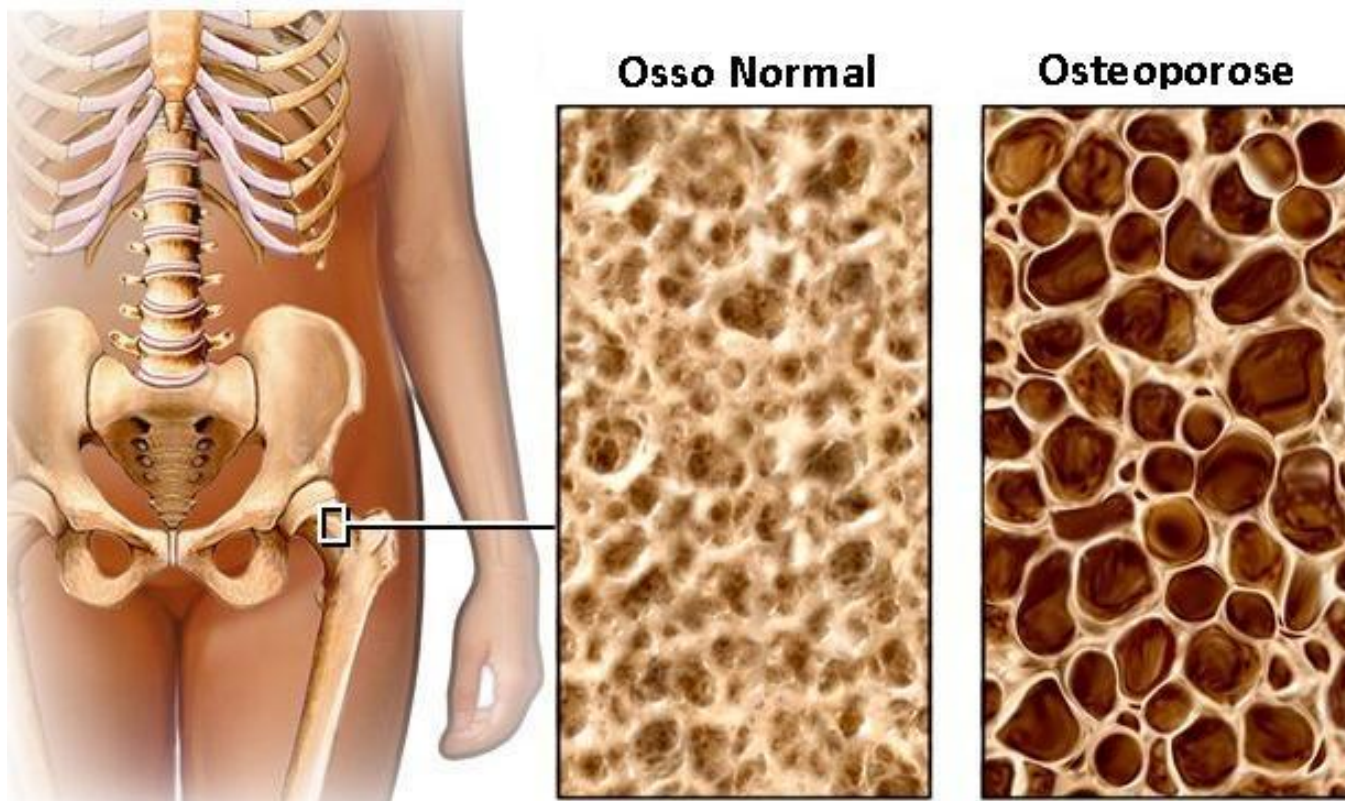
# Densitômetro ósseo

- Análise dos níveis de exposição em salas de Densitometria Óssea
  - O exame simulado foi o de corpo inteiro, com 76 kV e 0,1 mA ou 0,15 mA. Para cada sala foram definidos quatro pontos de medidas que correspondem a distâncias de 10, 20, 30 e 60 cm, respectivamente, em relação à mesa de exames.
  - Nas distâncias de 20, 30 e 60 cm os níveis de dose foram compatíveis com os valores de radiação de fundo (BG), porém a uma distância de 10 cm, Costa C. recomenda uso de monitoração individual (*dosímetro*) em trabalho apresentado no Congresso brasileiro de física médica de 2006.





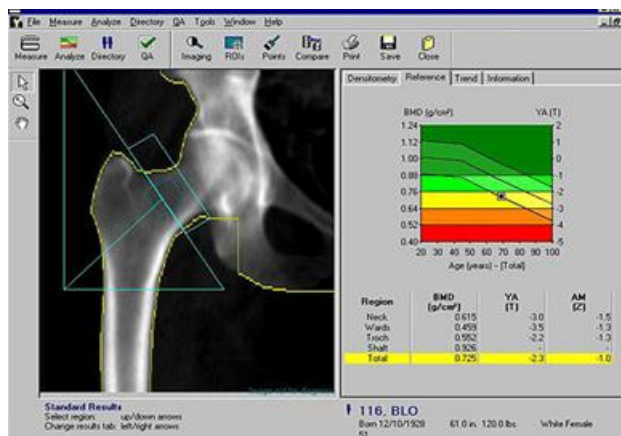
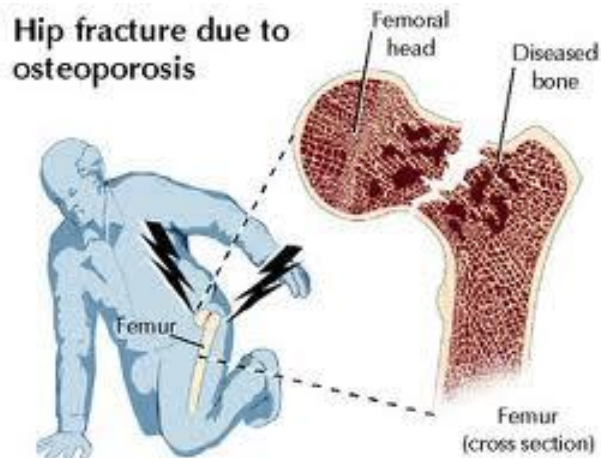
# Densitômetro ósseo







# Densitômetro ósseo





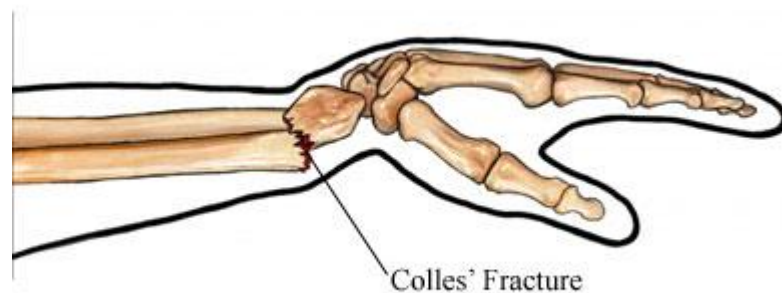
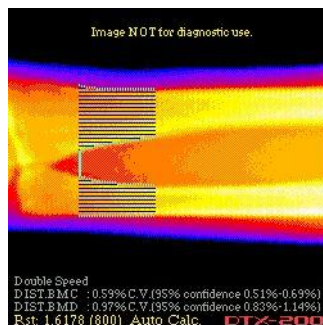
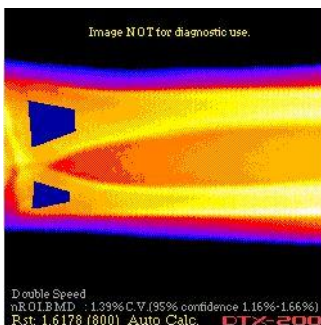
# Densitômetro ósseo



*Densitômetro de sítio periférico*



# Densitômetro ósseo





# Ultrassonografia quantitativa (USQ ou QUS)

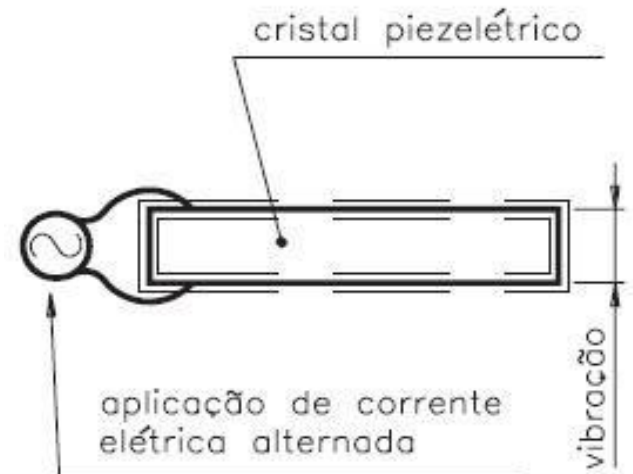
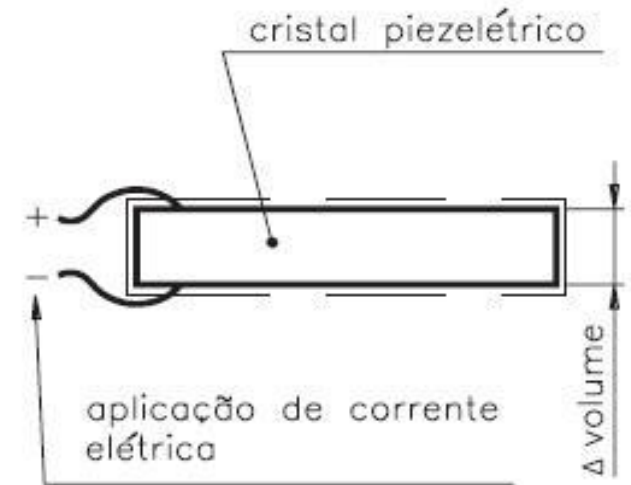
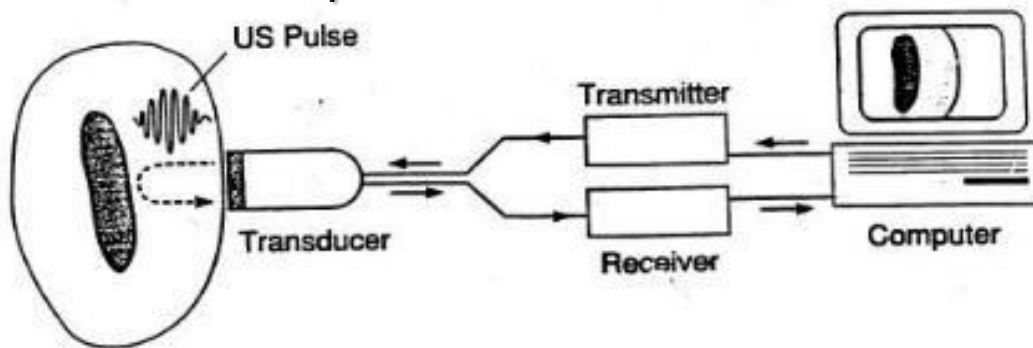






# Conceitos sobre ultrassom

- São ondas sonoras com frequências situadas acima do limite audível para o ser humano (*acima de 20 KHz*). Normalmente as frequências ultrassônicas entre 0,5 e 25 MHz são usadas para aplicações industriais.
- As ondas ultrassônicas são geradas por transdutores construídos a partir de materiais *piezoelétricos*.







# Conceitos sobre ultrassom

- O ultrassom, em geral, se propaga através de líquidos, tecidos e sólidos.
- Apresenta velocidades de propagação, compatíveis com diferentes meios, sendo essa característica inerente ao processo de interação das ondas ultrassônicas (*mecânicas*) com o meio em particular.
- O ultrassom sofre reflexão e refração nas interfaces onde ocorre uma mudança na densidade.
- O ultrassom ao se propagar em um meio e ao passar de um meio para outro, sempre sofre atenuação da intensidade do sinal, devido aos efeitos de absorção, reflexão e espalhamento.



# Ultrassonografia quantitativa (USQ ou QUS)

- A ultrassonografia quantitativa é uma técnica não-ionizante utilizada para avaliar a densidade mineral óssea em seleções de sítios periféricos.
- A USO é utilizada em sítios periféricos com cobertura mínima de tecidos moles. A seleção de sítio mais comum é o calcânhar, local altamente trabeculado de sustentação de peso.
- Um feixe de ultrassom é direcionado através do sítio especificado. A velocidade e a atenuação do som demonstram modificações à medida que ele passa através de variações nos componentes estruturais ou na densidade do tecido que está sendo avaliado.



# Triagem com densitometria

- Pacientes com indicação para avaliação da densidade mineral óssea
  - Mulheres com 65 anos ou mais;
  - Mulheres com menos de 65 anos com fatores de risco para fraturas;
  - Qualquer sexo com osteopenia radiográfica;
  - Qualquer sexo - portadores de doenças crônicas associadas à perda óssea;
  - Qualquer sexo – com incapacidade de locomoção ou uso de cadeira de rodas por mais de um ano;
  - Transplantados de órgãos sólidos ou de medula óssea;
  - Pacientes submetidos à cirurgia bariátrica;
  - Homens com falência gonadal há mais de 5 anos.



# Bibliografia Adicional

- Física das radiações – autor Soares, Flávio Augusto P. e Lopes, Henrique Batista M. – CEFET/SC. 2001
- Mamografia Digital v.s. Mamografia convencional – autor Douglas Ionelli. Publicado em [www.e-radiologia.com](http://www.e-radiologia.com)
- Manual de técnicas Mamográficas – autor Maria da Graça T. Magalhães – 2005
- Estimativa de kerma no ar na superfície de entrada em exames mamográficos – Oliveira, Larissa Conceição Gomes. Dissertação de mestrado, 2007
- Mamografia digital – autor Vanessa Dias – 2001.
- Mamografia digital: Perspectiva atual e aplicações futuras – Andréa Gonçalves de Freitas, Cláudio Kemp, Maria Helena Louveira, Sandra Maria Fujiwara, Leandro Ferracini Campos, 2006



# Bibliografia Adicional

- Tomografia computadorizada – autor Soares, Flávio Augusto P. e Lopes, Henrique Batista M. – CEFET/SC. 2000
- Tomografia computadorizada: Formação da imagem e Radioproteção – autor Marcia Terezinha Carlos. – LMNRI, IRD/CNEN. 2002
- Tomografia multislice do sistema músculo esquelético - autores André Yui Aihara, Artur da Rocha Corrêa Fernandes, Christian Munia Viertler e Jamil Natour - Rev Bras Reumatol, v. 43 , n. 6, p. 37 2-6, nov/ dez .2003
- *Densitometria óssea* – autor *Anderson Fernandes Moraes* - ATRESP - Associação de Tecnologia Radiológica do Estado de São Paulo, 2007
- Minicurso de densitometria óssea – autor Marcia Diniz. Consultado em <http://eradiologia.wordpress.com/category/densitometria-ossea/> , 2009



# Equipamentos e Manutenção em Radiodiagnóstico



*Prof. Luciano Santa Rita*

[www.lucianosantarita.pro.br](http://www.lucianosantarita.pro.br)

[tecnologo@lucianosantarita.pro.br](mailto:tecnologo@lucianosantarita.pro.br)