

Informativo

## Por que é importante realizar testes de garantia de qualidade para raios-X diagnósticos

Cada ano, bilhões de exames de raios-X diagnósticos são realizados globalmente, ajudando médicos a fazer diagnósticos corretos rapidamente e salvando vidas.

No entanto, é sabido que existe um aumento do risco de câncer entre pessoas que foram expostas a altas doses de radiação. Quando se trata de níveis mais baixos, não é fácil encontrar uma relação direta entre a dose adicional e o aumento do risco de câncer, mas os cientistas afirmam que não podem excluir um possível aumento, mesmo para exposições baixas. Muitos tipos de câncer também se desenvolvem lentamente, tornando difícil estabelecer a causa raiz.

Sem dúvida, os exames de raios-X são ferramentas diagnósticas fantásticas, mas sempre se deve buscar a menor dose razoavelmente alcançável (ALARA), uma vez que não existe um nível seguro de radiação.



### Testes de garantia de qualidade de máquinas de raios-X

Em um procedimento de diagnóstico, os raios-X são usados para obter um diagnóstico. É importante garantir o desempenho ótimo da máquina de raios-X para obter boa qualidade de imagem, mas também para reduzir a exposição desnecessária à radiação de pacientes e equipe.

Para fazer isso, as máquinas de raios-X devem ser monitoradas regularmente por meio de rigorosos programas de controle de qualidade. Esses programas podem seguir diretrizes locais, padrões reconhecidos nacional ou internacionalmente, ou recomendações do fabricante. Alguns exemplos incluem a AAPM (nos Estados Unidos), IEC 60601-2-43 a IEC 60601-2-65, 61223-2 (teste de constância) e 61223-3 (teste de aceitação).

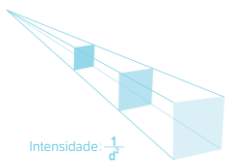
Os testes do Programa de Garantia de Qualidade (PGQ) são realizados para verificar o desempenho do equipamento em condições clínicas de rotina, seguindo protocolos estabelecidos para instalações, equipamentos e procedimentos.

No entanto, em muitos países, um número significativo de sistemas de raios-X usados em departamentos de radiologia diagnóstica não faz parte de um programa de PGQ. Isso pode ser devido à falta de orientações/regulamentações relevantes e/ou profissionais treinados em testes de garantia de qualidade.

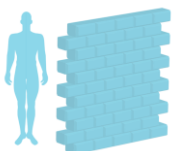
### Princípios ALARA



**Tempo:**  
Relação linear entre tempo e dose. Menos tempo, menos dose.



**Distância:**  
Aplica-se a lei do inverso do quadrado  $1/d^2$ .  
Maior distância, menos dose.



**Proteção:**  
Dispositivos passivos podem reduzir dramaticamente a exposição à radiação.

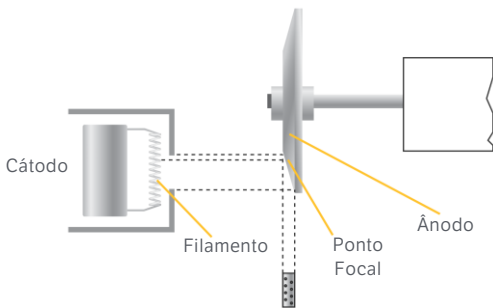
**Além da segurança do paciente e da equipe, os testes do PGQ são usados para:**

- Manutenção preditiva para evitar falhas na máquina e serviços não planejados.
- Reprodutibilidade entre imagens/exposições.
- Evitar procedimentos repetidos devido a equipamentos com mau funcionamento.
- Estender a vida útil do equipamento quando devidamente mantido.

**Funcionalidade do tubo de raios-X e saúde do equipamento**

Os testes de garantia de qualidade são realizados primeiro para estabelecer referências de medição e, em seguida, servem para descobrir possíveis disfunções ou problemas de desgaste na máquina de raio-X ao longo do tempo.

Existem vários problemas que podem ocorrer na máquina de raio-X, que os testes regulares de garantia de qualidade podem detectar em estágios iniciais. Antes de entrarmos em detalhes, vamos descrever como o tubo de raio-X funciona.



Os raios-X são produzidos dentro de um recipiente a vácuo de vidro ou metal. A razão para o vácuo é que elétrons não podem ser acelerados no ar.

O tubo de raios-X possui duas partes cruciais, o ânodo e o cátodo. O cátodo tem um ou dois fios de metal, chamados filamentos, geralmente feitos de tungstênio para resistir ao calor. Quando um filamento é aquecido por corrente elétrica, elétrons são liberados como uma nuvem ao seu redor. A diferença de potencial elétrico entre o ânodo e o cátodo faz com que esses elétrons se acelerem em direção ao ânodo. Quando os elétrons atingem o ânodo, eles transferem sua energia para fótons de raios-X, que são emitidos através de uma abertura no tubo.

Na radiografia, o ânodo é frequentemente feito de tungstênio para resistir a altas temperaturas causadas pelo impacto dos elétrons.

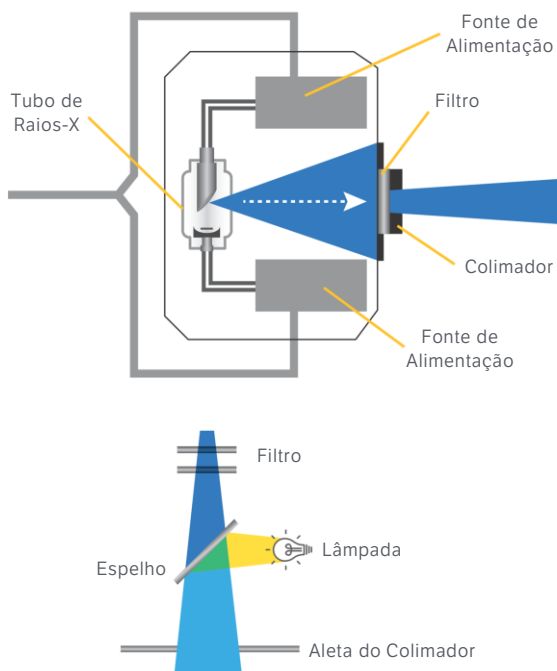


**O ângulo do ânodo varia entre diferentes máquinas de raios-X. Esse ângulo afeta:**

- O espectro de energia, uma vez que os fótons viajarão diferentes distâncias no material do ânodo. O espectro de energia afeta a qualidade dos raios-X produzidos (qualidade do feixe).
- O tamanho do ponto focal e, portanto, a resolução. Um ponto focal menor aumenta a resolução, enquanto um ponto focal maior melhora a dissipação de calor.

Uma máquina de raios-X precisa ter um dispositivo de restrição de feixe para minimizar a dose de raios-X e melhorar a qualidade da imagem. Esse dispositivo faz isso limitando o campo de raios-X ao tamanho correto para o procedimento diagnóstico e reduzindo a radiação dispersa.

O dispositivo mais comumente usado é chamado de colimador. O colimador primário está localizado na abertura do tubo de raios-X. O colimador secundário está localizado dentro de uma carcaça de colimador e possui duas séries de aletas de chumbo que podem ser ajustadas para tornar o campo de raios-X menor ou maior. Também há uma lâmpada que ilumina o campo de raios-X para mostrar seu tamanho e centro. A lâmpada deve ser posicionada de modo que o campo de raios-X e o campo de luz coincidam. O campo de luz da caixa do colimador representa a área a ser irradiada pelo feixe de raios-X.



## Desgaste do ânodo

O ânodo também sofrerá desgaste não apenas devido à vaporização. A imagem abaixo mostra um ânodo muito usado. Aquecimento e resfriamento repetidos tornaram sua superfície áspera. Este ânodo também foi exposto quando não estava girando, o que resultou em um ponto de tungstênio derretido. O intenso aquecimento desta pequena área causou uma pequena rachadura. Se o ânodo começar a girar novamente, essa rachadura pode se propagar para uma fratura completa do disco. Como resultado da superfície áspera, haverá uma mudança no espectro de saída de radiação.



## Afinamento do filamento do cátodo

Cada vez que raios-X são produzidos, o filamento é aquecido devido à corrente que flui dentro dele. Esse calor pode levar à evaporação, o que significa que os átomos desaparecem do filamento. A quantidade é extremamente pequena, mas com o tempo influenciará na espessura do filamento. Se a espessura mudar ao longo do tempo, a corrente que flui dentro dele também muda, uma vez que a resistência foi alterada. As máquinas modernas fazem um ajuste automático para isso, alterando a tensão sobre o cátodo, mas com o tempo, o filamento eventualmente se quebrará.

## Escurecimento do tubo

Outro fenômeno que pode ocorrer ao longo do tempo é o escurecimento do tubo. À medida que os átomos são vaporizados no filamento, o mesmo ocorre com os átomos do ânodo. Esses átomos serão depositados no interior do tubo de raios-X, causando o escurecimento do vidro. Isso afetará a qualidade do feixe de raios-X, uma vez que a radiação fica protegida.



## Desalinhamento do Campo de Luz e do Campo de Raios-X

Outro fator a considerar é o desalinhamento entre o campo de luz do colimador e o campo de raios-X. Uma razão para o desalinhamento pode ser se a máquina foi manuseada de forma brusca, o que poderia fazer a lâmpada interna se mover.

Se estiver desalinhado, o operador pode capturar uma imagem que não abrange completamente toda a área de interesse, o que significa que outra imagem deve ser tirada, aumentando o tempo e a dose do paciente. Há também a possibilidade de o operador tirar uma imagem muito grande, o que também resulta em uma dose desnecessariamente alta.

## Vazamento do tubo

O tubo deve estar completamente vedado, exceto para a abertura do feixe, a fim de evitar vazamentos. Problemas de projeto ou manuseio brusco podem ser razões pelas quais o tubo não está completamente fechado.

## Tamanho e forma distorcidos do ponto focal

Conforme a forma do filamento muda com o tempo, juntamente com o desgaste do ânodo, o ponto focal também será afetado. Em geral, um ponto focal pequeno é usado quando a resolução espacial é importante. Um ponto focal grande produzirá mais fótons por unidade de tempo, o que significa que um tempo de exposição mais curto é possível. Um ponto focal maior também é menos sensível ao calor, pois está distribuído por uma área maior. Medidas do tamanho do ponto focal podem ser feitas para verificar se ele corresponde ao tamanho fornecido pelo fabricante.

## Medições para a segurança do paciente

### Medição de mA

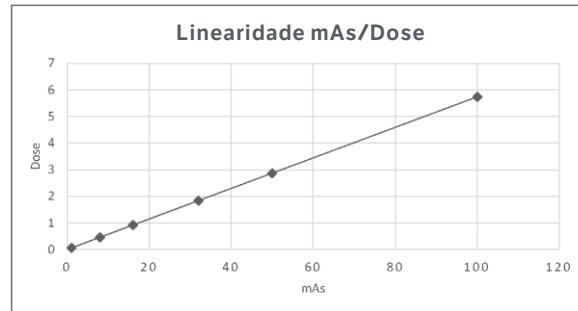
O miliampère (mA) é a corrente elétrica que flui no filamento do cátodo. Uma vez que o mA controla o número de elétrons que atingem o ânodo por segundo, ele é diretamente proporcional à quantidade de raios-X produzidos. Os miliampères segundos (mAs) são os mA multiplicados pelo tempo de exposição em segundos. O valor de mAs determina o número total de fótons entregues durante uma exposição de raios-X.

Existem principalmente duas maneiras de medir o mAs. Pode-se medi-lo de forma invasiva conectando um sensor ao circuito interno da máquina de raios-X. Fazendo isso, medirá uma corrente correspondente à mesma corrente que passa pelo filamento.

A segunda maneira é não invasiva, medindo o campo elétrico ao redor dos cabos de alta tensão que alimentam o gerador.

Há também uma terceira maneira de obter uma indicação de uma alteração no mAs, que é medir a dose da saída da máquina de raios-X. Embora mais parâmetros estejam em jogo, a dose está diretamente relacionada ao mAs.

Se o mAs estiver mudando ao longo do tempo, a qualidade da imagem de raios-X tirada também mudará. É muito provável que haja algo errado com os circuitos internos da máquina de raios-X. O afinamento do filamento pode alterar o mAs, mas isso geralmente é controlado pela própria máquina de raios-X. Outra questão pode ser uma falha na rede elétrica.

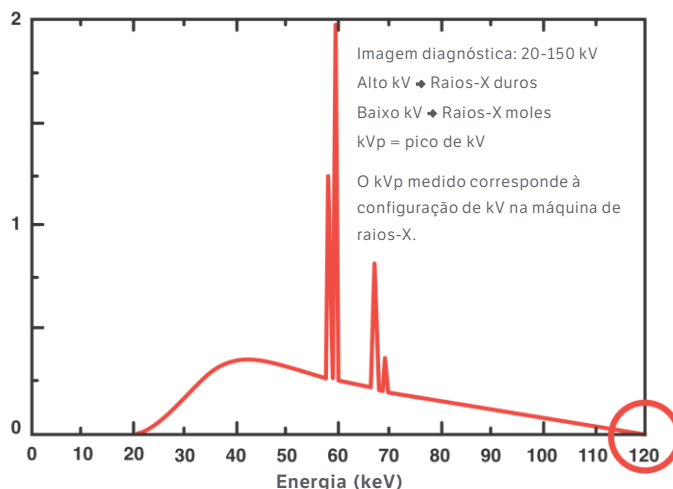


### Medição de kVp

A tensão do tubo (kV) é um parâmetro que afeta a qualidade da imagem. É o potencial do tubo e a energia dos elétrons acelerados em direção ao alvo do ânodo. Na imagem médica, o valor de kV geralmente varia de 20 a 150 kV, dependendo da modalidade de raios-X e do tipo de procedimento diagnóstico.

Uma configuração de alto kV na máquina de raios-X significa que será gerada radiação com alta frequência/comprimento de onda curto, alta energia e forte penetração. A radiação com essas características é conhecida como raios-X duros. Uma configuração de baixo kV, por outro lado, gera radiação com baixa frequência/comprimento de onda longo, baixa energia e menor penetração. A radiação com essas características é conhecida como raios-X moles.

Uma maneira de medir a kV é medir a energia dos fótons. O espectro de fótons contém energias entre 0 e o valor definido de kV. Se a máquina estiver ajustada para 120 kV, um número de fótons deve ter essa energia. Observando os fótons de energia mais alta no espectro, o kV chamado kVp (pico de kV) pode ser determinado.

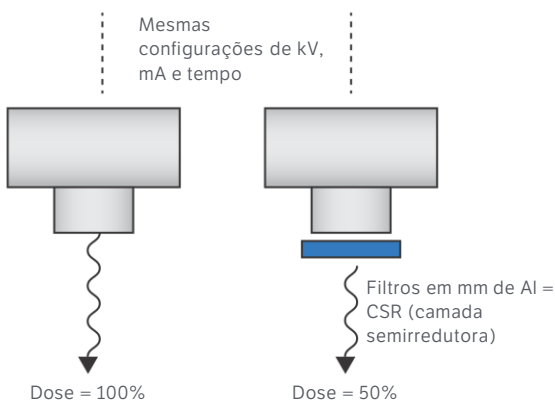


## Medição de CSR

Camada semirredutora (CSR) é um parâmetro mais abstrato que define a saída da máquina.

Uma maneira de controlar o espectro de fótons é através do uso de filtros. Ao adicionar filtros, você modificará a relação entre fótons de alta e baixa energia. A relação ideal depende da modalidade e da parte do paciente que está sendo examinada.

A CSR é definida pela quantidade de alumínio necessária para diminuir a dose em 50%.



Um maior blindagem afetará a CSR. Uma CSR baixa significa uma maior proporção de fótons de baixa energia em comparação com uma CSR alta. E uma mudança na CSR significa uma mudança na qualidade do feixe, o que afeta a qualidade da imagem de raios-X.

Existem principalmente duas maneiras de medir a CSR. O método manual envolve primeiro medir a dose e, em seguida, adicionar filtros até que a dose medida seja 50% da dose original. Isso é difícil de fazer, e a incerteza é alta. Após a introdução de sensores de estado sólido em vez de câmaras de íons, é possível obter informações suficientes do feixe de raios-X para calcular a CSR a partir de uma única exposição.

Todos os defeitos de hardware discutidos anteriormente afetarão a CSR. A vaporização do filamento e do ânodo contribuirá para a filtração. A aspereza da superfície do ânodo também pode alterar a CSR.

## Medição de dose

A dose é uma combinação de kV e mA, juntamente com CSR, e contém informações para o receptor de imagem. Se você tiver um alto mA e, portanto, muitos fótons, obterá uma dose alta. Se você tiver um alto kV, também obterá uma dose alta.

Se a informação para o receptor de imagem for perfeita, uma imagem de alta qualidade pode ser produzida, enquanto o paciente recebe uma dose mínima.

Se a informação for ruim, levará a uma qualidade de imagem ruim, à necessidade de tirar mais/novas imagens ou até mesmo a diagnósticos errados.

Uma vez que a dose é o produto de todos os outros parâmetros, qualquer defeito no hardware da máquina de raios-X provavelmente afetará a dose. Ao combinar mudanças na dose, kV, mAs e CSR, é possível tirar certas conclusões sobre o estado da máquina.

## Outras medições

Existem muitos tipos de medições de garantia de qualidade que podem ser realizadas. Exatamente quais testes são necessários variam de país para país. Mesmo que países tenham os mesmos testes, pode haver procedimentos e critérios de aceitação diferentes. Portanto, é de extrema importância estar ciente das regulamentações locais. Aqui estão alguns exemplos adicionais de testes:

### Linearidade/reprodutibilidade, consistência/constância

Reprodutibilidade significa que a saída deve ser a mesma em várias exposições com as mesmas configurações. A mesma configuração de kV deve ser testada em diferentes configurações de mA para garantir consistência.

### Luminância e Iluminância

Testes de luminância não envolvem a máquina de raios-X. Esses testes são realizados em telas ou monitores que exibem a imagem de raios-X. Se a tela estiver muito escura em determinadas áreas, há risco de interpretação incorreta da imagem. Também é preferível que uma imagem pareça a mesma em diferentes telas. Na radiologia diagnóstica, é importante medir a luminância das telas de computador e das caixas de luz para garantir que sejam suficientemente brilhantes, com bom contraste, para que todos os detalhes da imagem de raios-X possam ser exibidos. Testes de iluminância também podem ser realizados na lâmpada do colimador.

### Filtração total (FT)

Os técnicos de serviço de raios-X têm interesse em conhecer a Filtração Total (FT) da máquina de raios-X, porque filtrar fótons de baixa energia é importante para minimizar a dose.



## Tamanho do ponto focal

A verificação inicial do tamanho pode ser feita usando uma *slit camera* ou *pinhole*.

## Precisão e Reprodutibilidade do Temporizador

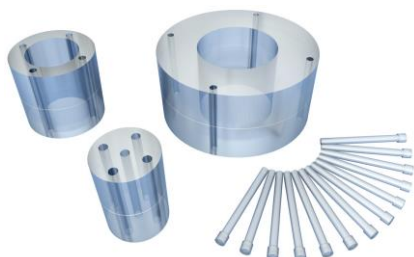
Isso é testado comparando o valor de tempo configurado na máquina com o comprimento medido da exposição. É permitida uma certa margem de desvio, mas um temporizador em bom funcionamento é importante porque afeta diretamente a dose.

## Resolução da Imagem

A resolução da imagem de raios-X pode ser testada usando padrões de teste.

## CTDI - Índice de CT Dose

O CTDI (Índice de Dose de Tomografia Computadorizada) é uma medida da dose de uma única rotação do *gantry*. O CTDI é usado para estimar a dose total para um paciente durante um procedimento de tomografia computadorizada (CT). As medições são feitas com uma câmara de ionização em forma de lápis, juntamente com um modelo que simula um paciente.



## DGM - Dose Glandular Média

A AGD é uma estimativa da dose média absorvida nos tecidos glandulares da mama durante a mamografia.

## Segurança da equipe em raios-X convencionais

Na maioria das aplicações, a equipe médica não está próxima da fonte quando uma imagem é tirada. Normalmente, eles saem da sala ou se protegem atrás de um escudo.

O paciente sempre recebe a dose mais alta durante um procedimento, mas a equipe, por outro lado, está exposta a pequenas quantidades de radiação todos os dias, e a dose acumulada ao longo dos anos pode ser bastante alta. Portanto, é importante controlar o ambiente também do ponto de vista da equipe.

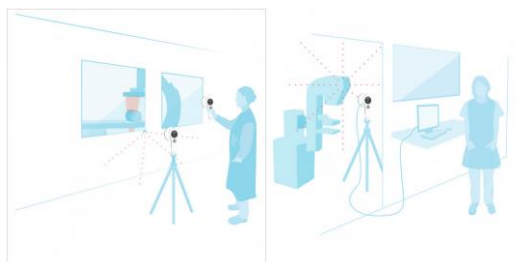


Quando uma exposição ocorre, haverá radiação espalhada por toda a sala. Se o operador estiver atrás de um escudo, ainda é importante medir a eficiência do escudo. Além disso, a geometria da sala pode criar pontos locais de radiação espalhada. Se houver um vazamento do tubo, um feixe não filtrado de alta energia se propaga na sala, criando ainda mais radiação espalhada, talvez também atrás do escudo. Em alguns países, os níveis de vazamento são regulamentados por lei para não exceder uma determinada quantidade de Gray (Gy) ou Sievert (Sv) [Roentgen (R) ou rem] por hora.

Se a equipe, ou outras pessoas, estiverem em salas ou corredores adjacentes, é importante ter paredes blindadas. Caso contrário, eles podem receber doses desnecessárias. Uma maneira comum de blindar uma parede é usar placas de chumbo. Se o escudo de chumbo estiver danificado ou se as placas foram montadas de forma inadequada na parede, a radiação pode passar através delas.

Portanto, sempre é necessário realizar medições de vazamento de parede antes da comissionamento e inicialização da sala de raios-X.

Medidores de levantamento podem ser usados para medir radiação espalhada e detectar vazamentos.





## Segurança da equipe na fluoroscopia

A fluoroscopia é um tipo especial de modalidade de raios-X na qual a equipe médica é exposta a altas doses de radiação.

A fluoroscopia é principalmente usada durante cirurgias. O cirurgião pode inserir instrumentos em um vaso sanguíneo importante, orientando-o, por exemplo, até o coração. Para conseguir fazer isso, o cirurgião deve saber onde o instrumento está.

Através de exposições pulsadas com alta frequência, é possível acompanhar em tempo real o que está acontecendo dentro do corpo.

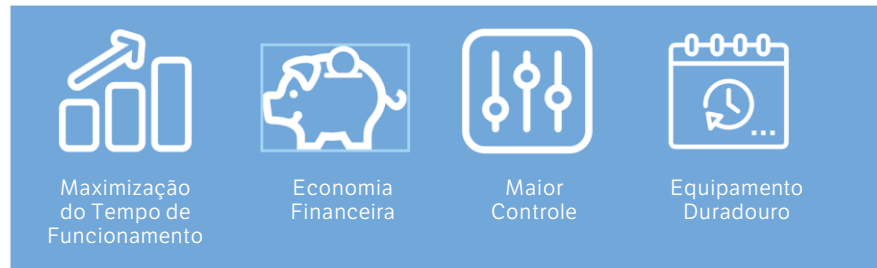
Como a exposição dura muito tempo durante a cirurgia, as energias dos fótons devem ser muito mais baixas em comparação com a radiografia convencional.

Se a máquina fornecer uma dose muito alta em relação ao necessário, a dose acumulada aumentada para a equipe ao longo dos anos pode ser significativa. Se algo estiver errado com a máquina, isso também pode representar um perigo para o paciente. Não apenas aumenta o risco de doenças de longo prazo, como o câncer, mas também pode causar danos a curto prazo, como queimaduras e tecido morto.

Vazamentos do tubo e das paredes nesses tipos de salas também são importantes, especialmente porque o tempo de exposição é longo em comparação com outras modalidades.

## Resumo

Os testes de PGQ são principalmente orientados por regulamentações para garantir a segurança do paciente e da equipe. A saída consistente da máquina de raios-X é importante para garantir uma boa qualidade de imagem, possibilitando diagnósticos corretos com doses mínimas de radiação. A saída deve corresponder às configurações da máquina.



- Maximização do Tempo de Funcionamento
- Economia Financeira
- Maior Controle
- Equipamento Duradouro

## A realização periódica de testes de garantia de qualidade é crucial para descobrir possíveis falhas na máquina de raios-X. Isso ajuda a:

- Aumentar a eficiência evitando serviços não planejados, tempo de inatividade e procedimentos de raios-X repetidos.
- Economizar dinheiro devido ao aumento da vida útil e ao planejamento de manutenção aprimorado, sem a necessidade de custosos envios rápidos de peças de reposição.

Falhas na máquina também podem levar a doses mais altas tanto para os pacientes quanto para a equipe. Evitar doses desnecessárias deve sempre ser a principal prioridade ao trabalhar, de acordo com o princípio ALARA.

Diferentes tipos de medições de garantia de qualidade podem ser realizados para garantir a segurança do paciente, como kVp, mAs, CSR e Dose.

Dose desnecessária ao paciente é administrada se:

- Houver um excesso de fótons de baixa energia que são absorvidos no corpo.
- A imagem tirada não incluir toda a área de interesse e forem necessárias mais exposições.
- A imagem tirada incluir mais do que a área de interesse.
- A qualidade da imagem for ruim e forem necessárias mais imagens.



A equipe pode ser protegida minimizando vazamentos do tubo/parede e radiação espalhada por meio de proteção adequada. Além disso, ao usar a fluoroscopia, é importante controlar o tempo e as energias dos fótons para evitar doses acumuladas excessivas a curto e longo prazo.

A RaySafe concentra-se em soluções para a sala de raios-X que ajudam a proteger os pacientes contra radiação desnecessária, auxiliam a equipe na redução da exposição à radiação e simplificam as medições em equipamentos de raios-X. Visite [www.raysafe.com](http://www.raysafe.com) para obter mais informações.

## Referências

Governo do Canadá:

- <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/radiation/diagnostic-imaging-quality-assurance-overview.html>. Artigo "Diagnostic X-Ray Imaging Quality Assurance: An Overview" also appearing in "The Canadian Journal of Medical Radiation Technology", October 1996, 27(4), pgs. 171-177.

IAEA:

- Handbook of basic quality control tests for diagnostic radiology, February 2023.

Organização Pan-Americana de Saúde:

- Quality Assurance in Radiology Facility: [https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3364](https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=3364).
- Organization, Development, Quality Assurance and Radiation Protection in Radiology Services: Imaging and Radiation Therapy, December 1997.

Normas da IEC:

- IEC 60601-2-43 to IEC 60601-2-65.
- 61223-2 (teste de constância).
- 61223-3 (teste de aceitação).



## Konex

Rua João Mafra, 424, São Paulo, Brasil  
**Para mais informações, nos contate em:**  
 +55 11 5060-5590  
 LG@konex.com.br  
 konex.com.br

## RaySafe

*We empower our everyday heroes to focus only on protecting lives.*

Unfors RaySafe AB  
 Uggledalsvägen 29  
 427 40 Billdal, Sweden  
**Para mais informações, nos contate em:**  
 +46 31 719 97 00  
 customerservice.se@raysafe.com  
 raysafe.com

©2023 RaySafe  
 Especificações sujeitas a alterações sem aviso prévio. 4/2023 22450a-en

