

Ensaio por raios gama

Na aula anterior, você aprendeu a fazer ensaio por raios X numa chapa soldada. Constatou que durante a realização do ensaio **aparentemente** nada acontece, porque as radiações emitidas não são visíveis.

É justamente isso que torna as radiações mais perigosas: não podemos vê-las e não as sentimos. Porém, dependendo da dose e tempo de exposição, seus efeitos prejudiciais à saúde não tardam a aparecer.

Quanto menor o comprimento de onda, mais perigosas para a saúde são as radiações correspondentes. E se você voltar a analisar o espectro das radiações eletromagnéticas, apresentado na Aula 23 deste módulo, verá que as radiações X e gama podem apresentar comprimentos de onda muito pequenos.

Nesta aula, você conhecerá o equipamento utilizado no ensaio por raios gama e ficará sabendo quais são os procedimentos para a realização desse ensaio.

E como a **segurança** é um aspecto fundamental nos ensaios por radiografia industrial, esta aula abordará também os cuidados voltados para a proteção e segurança de todos os envolvidos nos trabalhos em que há emissão de radiações eletromagnéticas.

Relembrando alguns conceitos

Nas aulas anteriores sobre radiografia industrial, você ficou sabendo que:

- Os raios gama são ondas eletromagnéticas originadas por isótopos instáveis (radioativos).
- Na radiografia industrial, utilizam-se **isótopos artificiais**. Os mais usados são: cobalto 60, irídio 192, cézio 137 e túlio 170.
- Uma das unidades que mede a atividade de uma fonte é o becquerel (Bq), que equivale a uma desintegração por segundo. Usa-se também o curie (Ci). Um Ci equivale a 37 bilhões de desintegrações por segundo.

Introdução

Nossa aula

- Com as desintegrações, há um decaimento da atividade do isótopo. **Meia-vida** de um isótopo é o tempo necessário para a atividade da fonte chegar à metade do seu valor inicial.

ISÓTOPO	MEIA-VIDA
Cobalto 60	5,3 anos
Írídio 192	75 dias
Tulio 170	127 dias
Césio 137	33 anos

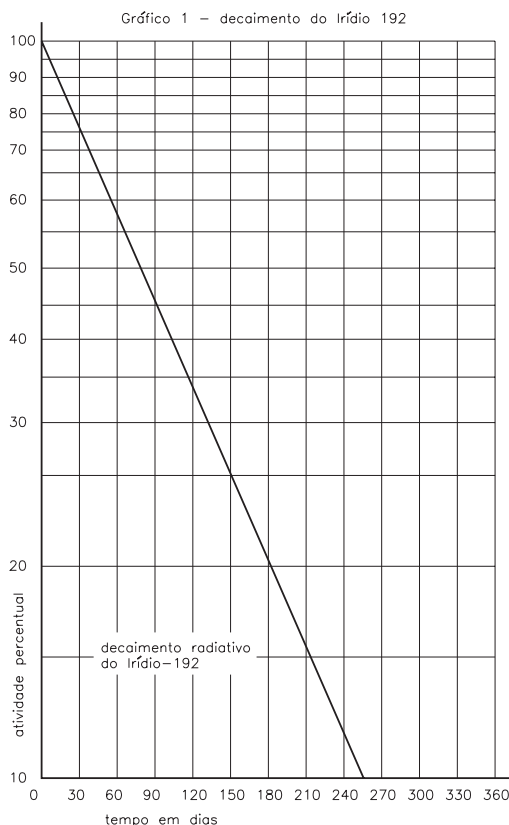
É importante saber que...

É necessário levar em conta o decaimento da atividade do isótopo, pois isso afeta as condições do ensaio.

Imagine, por exemplo, que você radiografou hoje uma solda, com boa qualidade e nitidez, utilizando uma fonte nova (máxima radiação) de irídio 192, com tempo de exposição de 6 minutos.

Se daqui a 30 dias você tiver que radiografar o mesmo tipo de peça, o que você deve fazer? É necessário manter as mesmas condições do ensaio anterior. E você sabe que a meia-vida do Írídio 192 é de 75 dias. Logo, após 30 dias, sua fonte terá reduzida a intensidade de emissão e, para compensar, o tempo de exposição deverá ser maior.

Analise o gráfico a seguir, que mostra o decaimento radioativo do Írídio 192.



O gráfico mostra que, em 30 dias, a emissão da fonte cai de 100% para 75%. Portanto, para descobrir qual o tempo de exposição após 30 dias, usando a mesma fonte, basta estabelecer uma relação inversamente proporcional pois, com a diminuição da emissão da fonte, o tempo deve ser aumentado. Então:

$$\downarrow \frac{100\%}{75\%} \uparrow \frac{6 \text{ min.}}{t \text{ min.}} \Rightarrow \frac{100\%}{75\%} = \frac{t \text{ min.}}{6 \text{ min.}} \Rightarrow t = \frac{100 \times 6}{75} \Rightarrow t = 8 \text{ minutos}$$

Portanto, para radiografar o mesmo tipo de peça 30 dias depois, o tempo de exposição deverá ser ajustado para 8 minutos.

Comparando os ensaios por raios X e raios gama

No equipamento para raios X é possível gerar ondas eletromagnéticas com diversos comprimentos de onda, ajustando-se a tensão aplicada ao equipamento.

Já os isótopos emitem radiações gama características do elemento emissor, isto é, cada isótopo tem sua emissão específica quanto à quantidade de energia e ao comprimento de onda.

A quantidade de energia emitida por um isótopo radioativo é medida em eletrovolt (eV).

No caso dos raios X, a emissão de radiação cessa quando se desliga o equipamento. A fonte de raios gama, pelo contrário, emite radiações continuamente e por isso deve ser guardada numa blindagem.

Não é necessário empregar energia elétrica para gerar raios gama. Portanto, eles podem ser usados em locais remotos, até mesmo onde não haja energia elétrica.


Os equipamentos para gamagrafia são mais simples, têm menor custo inicial e requerem menor manutenção, comparados aos de raios X.

Em geral, a gamagrafia pode ser empregada em qualquer atividade industrial em que se use os raios X. Além disso, a gamagrafia pode ser utilizada em locais e condições em que os raios X não sejam acessíveis.

A tabela a seguir mostra a equivalência entre raios X e raios gama. Esta tabela serve como referência para a escolha do isótopo, em função da espessura da peça a ser ensaiada e das características do equipamento utilizado.

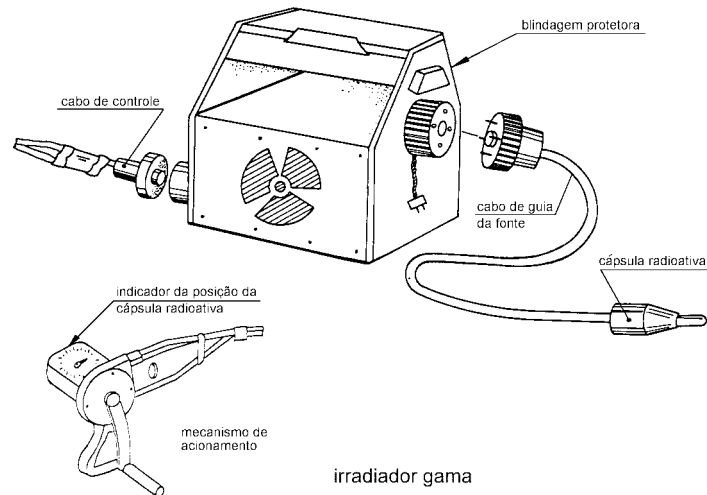
ISÓTOPO	ENERGIA Rg γ MeV (*)	EQUIVALÊNCIA RX	PENETRAÇÃO PARA AÇO (mm)
Co 60	1,17 e 1,33	2000 kV	60 a 205
Cs 137	0,66	500 kV	20 a 80
Ir 192	0,46 - 0,61	400 kV	10 a 40
Tm 170	0,084	100 kV	3 a 10

(*) MeV = megaeletrovolt

 1 eV é a energia adquirida por um elétron quando acelerado em uma diferença de potencial (DDP) de 1 Volt.

Equipamento para o ensaio por raios gama

A figura a seguir mostra a configuração simplificada de um equipamento irradiador de raios gama.



As três partes básicas que compõem os irradiadores são: **blindagem, mangote e comandos**.

A **blindagem** serve para absorver a radiação emitida continuamente pela fonte, mantendo a parte externa em padrões aceitáveis, determinados em normas internacionais. É geralmente fabricada de chumbo ou **urânio exaurido**, com estrutura externa em aço inoxidável.

O **mangote** é um tubo por onde será conduzida a fonte radioativa da blindagem até o ponto determinado para irradiação.

Os **comandos** permitem o acionamento e o controle da fonte. O controle pode ser elétrico, pneumático ou, como é mais comum, manual. Por meio desses acionamentos, leva-se a fonte radioativa para fora da blindagem, pelo mangote, expondo-a no local a ser realizado o ensaio. Após o tempo de exposição, a fonte é recolhida novamente à blindagem.

Preparando o ensaio

Os procedimentos para a gamagrafia são semelhantes aos dos raios X. Para que você possa entendê-los melhor, vamos imaginar o ensaio de uma chapa de aço soldada de topo, com as seguintes dimensões: 300 mm x 250 mm x 20 mm (espessura). Considerando o reforço no cordão de solda, a nossa espessura total será de 25 mm.

Antes de realizar o ensaio, são necessárias algumas atividades preparatórias. A primeira é determinar o **tempo de exposição**.

O tempo de exposição é determinado por um gráfico específico para cada isótopo. Este gráfico correlaciona o **fator de exposição (FE)** com a **espessura da peça** e a **densidade radiográfica** a ser obtida, fixando alguns parâmetros, como o tipo de filme, a tela intensificadora e as condições de revelação.

Urânio exaurido é o urânio que perdeu a capacidade de emitir partículas radioativas, tornando-se um átomo estável.

Entre os isótopos radioativos, o irídio, por ser metálico, pode ser fornecido em forma de pastilha, enquanto que o césio só é fornecido em pó. Isso faz com que a preferência recaia sobre o irídio, quando comparado ao césio, pois em caso de acidente com a fonte, o risco de contaminação pelo pó é muito maior. Para o nosso ensaio, o isótopo escolhido será o **irídio 192**.

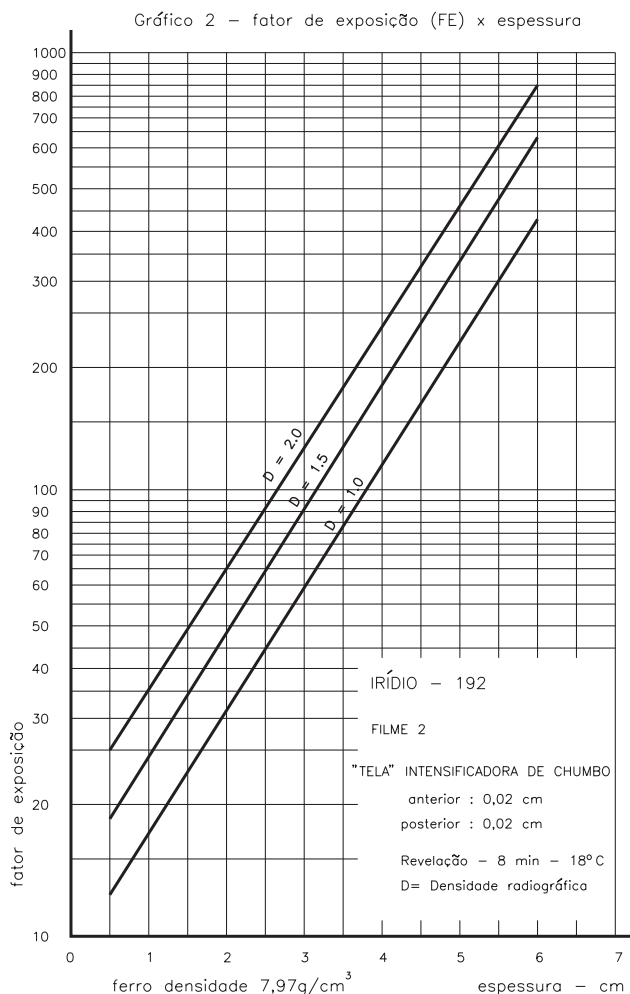
Você está lembrado que a proximidade entre a fonte e o filme produz distorções na imagem e pode causar também penumbra na chapa e que, por outro lado, o aumento da distância diminui a intensidade da fonte? Levando em consideração esses fatores, nossa fonte será colocada a **70 cm** do filme (dff), distância que tem permitido bons resultados na prática.

Os melhores índices de nitidez na chapa são obtidos com densidades variando entre 1,5 e 3,5. O mais usual é determinar a densidade entre 2,0 e 2,5. No nosso caso, a densidade radiográfica escolhida é 2,0.

Toda fonte tem uma documentação que a acompanha desde a sua produção. No nosso exemplo, a documentação informa que a fonte está com 75 dias. Uma vez que a fonte de irídio 192 tem atividade inicial de 20.000 mCi (miliCurie), é necessário determinar a atividade atual da fonte.

Volte a analisar o **Gráfico 1**. Você vai verificar que a fonte com 75 dias tem 50% de sua atividade inicial. Portanto, a emissão da nossa fonte é de 10.000 mCi.

Observe agora o **Gráfico 2** a seguir, que correlaciona o fator de exposição à espessura da peça. Analise a curva referente à densidade (D) igual a 2,0. Cruzando a espessura da peça mais o cordão de solda (25 mm) com o fator de exposição, constatamos que o valor do fator de exposição é 90.



O fator de exposição (FE) é obtido pela seguinte fórmula $FE = \frac{A \times t}{d^2}$, na qual:

- **A** é a atividade da fonte em milicurie (mCi)
- **t** é o tempo de exposição em minutos (min) e
- **d** é a distância fonte-filme (dff) em centímetros (cm)

Mas o que nos interessa saber é o tempo de exposição. Para descobri-lo, devemos isolar o **t** na fórmula anterior, como segue:

$$t = \frac{FE \times d^2}{A} \Rightarrow t = \frac{90 \times (70)^2}{10.000} \Rightarrow t = 44 \text{ min } 6 \text{ seg}$$

Portanto, no nosso exemplo o tempo de exposição será de 44 minutos e 6 segundos.

Outra providência importante, no caso de ensaio por raios gama em campo, é determinar a **distância de balizamento**, ou seja, a distância mínima permissível para a execução do ensaio, sem acarretar riscos para a população local e para os trabalhadores. O local é isolado com cordas e cartazes claros, com o símbolo normalizado e dizeres alertando sobre **perigo** e **radiação**. É terminantemente proibida a circulação de pessoas no local durante o ensaio.

O cálculo desta distância, feito em função de normas específicas, possibilita demarcar o local do ensaio e isolar a área de risco, a fim de que ninguém se exponha à radiação.

No nosso caso, de acordo com as normas específicas, vamos supor que o ensaio seja feito em um bunker de metal (aço e chumbo) ou de concreto, não sendo necessária a preocupação com a distância de balizamento.

Finalmente o ensaio

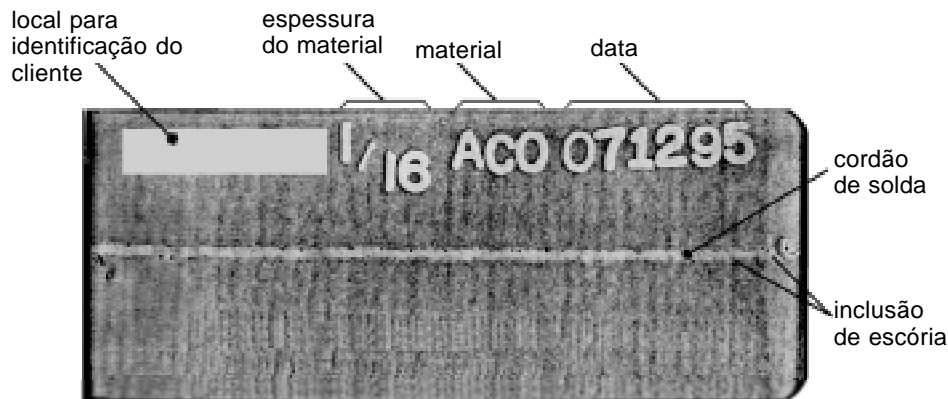
Definidos todos os parâmetros, passamos à montagem do ensaio, seguindo os mesmos procedimentos já vistos para o ensaio de raios X:

- Montar o chassi (filme, tela intensificadora e etiqueta em câmara escura).
- Colocar a peça, o chassi montado, o IQI e o irradiador na posição correta.
- Acionar o sistema de segurança (sinalização sonora e/ou luminosa).
- Acionar os comandos do equipamento para iniciar a exposição pelo tempo calculado.
- Recolher a fonte e o irradiador.
- Revelar o filme.
- Analisar o filme no negatoscópio.

Estes procedimentos já foram vistos na aula anterior, com relação aos raios X, lembra-se?

A análise da radiografia, requer conhecimentos específicos e muita prática.

Para ter uma idéia, veja o aspecto de uma radiografia de elementos soldados.



Aspectos da radiografia por raios gama

Após a análise, emite-se o laudo técnico e arquiva-se a radiografia.

E, para finalizar, estude com atenção o próximo tópico, que trata de um assunto de interesse geral: a proteção contra as radiações eletromagnéticas.

Proteção radiológica

Você já sabe que os raios X e gama causam danos às células do corpo humano e modificações genéticas. É importante saber quais são esses danos e conhecer as medidas básicas de segurança para evitá-los.

Os danos causados pelas radiações vão desde queimaduras da epiderme a alterações no sistema sanguíneo, câncer e alterações no código genético das células.

Hoje os fenômenos radioativos já são bem conhecidos, o que tornou possível estabelecer procedimentos e normas que tornam seguro o uso da radiografia industrial.

No Brasil, o órgão responsável pela determinação e execução da política de radioproteção é a **Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN**.

Dose de radiação é a quantidade de radiação recebida ao longo do tempo. A **dose máxima permissível**, isto é, a quantidade de radiação aceitável, tanto para o trabalhador como para a população em geral, foi estabelecida pelas **Normas Internacionais de Proteção Radiológica**.

Os órgãos competentes estabelecem as doses máximas de radiação que um profissional da área pode receber semanalmente, em função da exposição do corpo inteiro ou de algumas de suas partes.

Como a dosagem é acumulativa e necessita de rigoroso controle, cada pessoa que trabalha com equipamento que emita radiações deve portar, obrigatoriamente, um **dosímetro pessoal**, que permite constatar e controlar a exposição ao longo do tempo.

Esses trabalhadores são submetidos a exames médicos regulares, e o dosímetro pessoal é analisado, periodicamente, por órgãos especializados.

Dosímetro pessoal é um detetor individual de bolso, que mede as doses de radiação recebidas durante o dia de trabalho.

Considerando uma dada intensidade da radiação, seus efeitos são mais acentuados quanto maior o tempo de exposição.

Isso é o mesmo que ocorre com as radiações emitidas pelo Sol: se você se expuser ao sol alguns minutos todos os dias, certamente não lhe acontecerá nada prejudicial. Por outro lado, se resolver ficar tomando sol na praia num dia típico de verão, das 7 às 17 horas, com certeza os efeitos serão notados imediatamente.

Em outras palavras: as doses de radiação estão sempre relacionadas com o tempo de exposição.

Além do tempo de exposição, a proteção radiológica é realizada em função de mais dois outros fatores: blindagem e distância em relação à fonte.

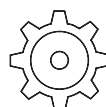
As fontes de radiação são confinadas em locais apropriados, de forma a garantir níveis aceitáveis de radiação no ambiente.

Você já sabe que a intensidade da radiação diminui na proporção inversa do quadrado da distância. Na radiografia de campo, a **distância de balizamento** deve ser rigorosamente respeitada.

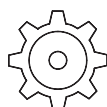
Em recintos fechados, ou com equipamentos estacionários, o local onde a peça será exposta a radiação deve ser confinado e blindado com chapas de chumbo (**bunker**), a fim de preservar níveis aceitáveis de radiação no ambiente.

Para finalizar nosso estudo sobre **END**, vale reforçar a idéia de que um ensaio não exclui o outro e sim o complementa. Por isso, quando for necessário detectar discontinuidades de peças, é importante ter bem claros os pontos positivos e as limitações dos métodos existentes.

O quadro apresentado a seguir vai ajudá-lo a fazer uma síntese comparativa das vantagens e desvantagens dos métodos estudados neste módulo. Analise-o com atenção e depois resolva os exercícios sugeridos. Desejamos que seus estudos tenham um *happy END*.



COMPARAÇÃO DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS			
EXAME RADIOGRÁFICO	EXAME POR LÍQUIDO PENETRANTE	EXAME POR PARTÍCULA MAGNÉTICA	EXAME POR ULTRA-SOM
Custo relativamente alto.	Baixo custo.	Baixo custo.	Custo relativamente alto.
Difícil utilização.	Fácil utilização.	Em alguns casos, é de fácil utilização.	Fácil utilização.
Detecta descontinuidade interna no material.	Detecta apenas descontinuidades na superfície do material.	Detecta apenas descontinuidades superficiais ou próximas à superfície.	Detecta descontinuidades internas no material.
Não requer preparo da superfície.	Exige superfície previamente preparada.	Exige superfície previamente preparada.	Exige superfície previamente preparada.
Permite registro permanente das falhas encontradas.	Dificuldade no registro das falhas encontradas.	É difícil manter um registro das falhas encontradas.	Não é possível manter um registro das falhas encontradas.
Pode ser aplicado em qualquer material.	Não pode ser aplicado em materiais porosos.	Só pode ser aplicado em materiais ferromagnéticos.	Dificuldade de aplicação em alguns materiais.
O tempo envolvido no exame é relativamente longo.	Rapidez na execução do exame.	Rapidez na execução do exame.	Rapidez na execução do exame.
Requer grau de conhecimento maior na execução e interpretação dos resultados.	Não requer grande conhecimento para sua execução e para a interpretação dos resultados.	Não requer grande nível de conhecimento para sua execução e para a interpretação dos resultados.	Requer elevado grau de conhecimento para sua execução e para a análise dos resultados.
Não detecta descontinuidades planas perpendiculares à direção da radiação.	Detecta qualquer tipo de descontinuidade, desde que seja aberta à superfície.	Detecta apenas descontinuidades perpendiculares às linhas de força do campo magnético.	Não detecta descontinuidades paralelas à direção do feixe sônico.
Exige medidas de segurança rígidas na sua execução.	Não requer medidas especiais de segurança.	Não requer medidas especiais de segurança.	Não requer medidas especiais de segurança.



Exercícios

Marque com um X a resposta correta:

Exercício 1

A proteção radiológica baseia-se em:

- a) () foco, fonte, filme;
- b) () distância da fonte, tempo de exposição, blindagem;
- c) () distância da peça à fonte, tempo de exposição da peça, blindagem;
- d) () energia emitida, tempo transcorrido, local de exposição.

Exercício 2

Assinale V se a afirmação for verdadeira ou F se for falsa:

- a) () para um equipamento colocado em recinto fechado, o conjunto fonte, peça e filme deve estar em bunker blindado;
- b) () o efeito da radiação no corpo humano não é acumulativo;
- c) () a fonte de raios X emite radiação continuamente, enquanto a radiação de raios gama cessa quando se desliga a fonte;
- d) () na gamagrafia em campo, a determinação da distância de balizamento é muito importante.

Exercício 3

Consulte o Gráfico 1 e diga qual é a atividade inicial de uma fonte de irídio 192 após 60 dias.

- a) () 100%;
- b) () 78%;
- c) () 57%;
- d) () 50%.

Exercício 4

Os irradiadores gama podem ser divididos em três partes básicas, quanto à função. São elas:

- a) () blindagem, mangote e comandos;
- b) () blindagem, indicador de posição, cabo de controle;
- c) () cápsula radioativa, mangote, indicador de posição;
- d) () indicador de posição, comandos, fonte.

Exercício 5

Qual o tempo de exposição para ensaiar uma peça soldada com 30 mm de espessura total?

Consulte o Gráfico 2 desta aula. São dados:

$d_{ff} = 80 \text{ cm}$

fonte: Ir 192 com 20.000 mCi

densidade = 1

- a) () 15 min 20 seg;
- b) () 19 min 12 seg;
- c) () 22 min 05 seg;
- d) () 10 min 10 seg.