



## Utilização e condições de proteção radiológica de medidores nucleares no Brasil

E. F. Guimarães<sup>a</sup>; C. M. A. Lima<sup>b</sup>; F. C. A. Da Silva<sup>c,d</sup>

*<sup>a</sup>Pós-Graduação de Proteção Radiológica em Aplicações Médicas, Industriais e Nucleares, Faculdade Casa Branca, 13700-000, Casa Branca-SP, Brasil*

*<sup>b</sup>MAXIM Cursos, 22790-703, Rio de Janeiro-RJ, Brasil*

*<sup>c</sup>Faculdade Casa Branca, 13700-000, Casa Branca-SP, Brasil*

*<sup>d</sup>Instituto de Radioproteção e Dosimetria/CNEN, 22783-127, Rio de Janeiro-RJ, Brasil  
franciscodasilva13uk@gmail.com*

---

### RESUMO

As indústrias de mineração, papel celulose, petrolífera, etc., que necessitam de um controle de qualidade nos processos, utilizam os medidores nucleares com fontes radioativas seladas acopladas a um detector de radiação que geram respostas precisas e rápidas quanto ao nível, espessura, densidade e umidade de diferentes tipos de materiais. Os medidores nucleares estão classificados em fixos ou portáteis e utilizam sistemas de transmissão, retroespalhamento ou reativa. Como usam fontes radioativas com várias faixas de atividades estão classificados pela AIEA como Categorias 3 e 4, de médio e baixo riscos radiológicos, devendo, assim, possuir um nível de proteção radiológica adequado para o uso seguro na instalação. A CNEN controla aproximadamente 500 instalações autorizadas com medidores nucleares. Os IOE que manuseiam esses medidores nucleares devem ter conhecimento do risco radiológico para sua própria proteção e de indivíduos do público. Para atuação segura com os medidores nucleares, uma série de requisitos deve ser observada de acordo com cada tipo e necessidade da instalação. O presente trabalho descreve os sistemas de controle de qualidade de processo com medidores nucleares e dois dos principais aspectos de proteção radiológica que devem ser conhecidos para obter a certificação de Supervisor de Proteção Radiológica, tendo como base o programa da prova específica de certificação para medidor nuclear da CNEN.

*Palavras-chave: Medidor nuclear; proteção radiológica; certificação CNEN.*

---

---

**ABSTRACT**

The mining, cellulose paper, petroleum industries, etc., that require quality control in the processes, use nuclear gauges with sealed radioactive sources with a radiation monitor that generate accurate and rapid responses regarding level, thickness, density and humidity of different types of materials. Nuclear gauges are classified as fixed or portable and use transmission, backscatter or reactive systems. As they use radioactive sources with various ranges of activities, they are classified by the IAEA as Category 3 and 4, of medium and low radiological risks, and must therefore have a suitable level of radiation protection for safe use in the installation. CNEN controls approximately 500 authorized facilities with nuclear gauges. Radiation workers that handle these nuclear gauges should be aware of radiological risk to their own protection and to members of the public. For safe operation with nuclear gauges, a number of requirements must be observed according to each type and need of the installation. The present work describes quality control systems with nuclear gauges and two of the main aspects of radiological protection that must be known to obtain the Radiation Protection Supervisor certification, based on the CNEN's specific certification examination program for nuclear gauges.

**Keywords:** Nuclear gauges; Radiation protection; CNEN certification.

---

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria brasileira é uma das maiores usuárias das técnicas nucleares, obtendo rapidez e precisão em seus processos e o controle de seus diversos produtos, assim alcançando padrões exigidos no mercado mundial, agregando um maior nível de qualidade nas aplicações das propriedades das radiações através de dispositivos chamados medidores nucleares portadores de fontes radioativas.

Atualmente no Brasil estão autorizadas pela CNEN um total de 502 instalações que operam com medidores nucleares fixos e portáteis distribuídos em diversos setores da indústria [1].

Das indústrias que tem se beneficiado dos resultados na qualidade e constante acompanhamento em linhas de produção, estão as do ramo têxtil, alimentício, de celulose, agrícola, cimento, automobilístico, aeronaval, petroquímico, etc. Através dos medidores é possível verificar o nível, a densidade, umidade e espessura de variados materiais, usando os princípios básicos de funcionamento de transmissão direta, retroespalhamento e reatividade.

Um medidor nuclear é formado por uma blindagem com um obturador, que armazena em seu interior uma fonte radioativa encapsulada selada e um detector de radiação associado, que receberá em tempo real os dados provenientes da interação da radiação com o material ou produto inspecionado.

Estão divididos em duas categorias principais: os fixos e os portáteis. Os medidores fixos são localizados dentro de instalações de produção ou teste, não sendo necessário removê-los, pelo fato de sua função está de acordo com a planta de todo um sistema operacional. Como exemplo podem ser citados os medidores fixos de espessura e medidores de nível (figura 1).

Figura 1: Medidor de espessura e de nível



Fonte: FACAB/Maxim Industrial

Já os portáteis de utilização externa, geralmente nos setores da agricultura e construção de estradas, para medição de umidade e densidade do solo e monitoração do nível de químicos de extintores de incêndio. A figura 2 apresenta modelos de medidores portáteis.

Figura 2: Medidores nucleares portáteis



Fonte: Laboratório de Indústria – IRD/CNEN

Os meios de operação em medidores nucleares que utilizam das propriedades das radiações, se apresentam de três modos: Transmissão; Retroespalhamento e Reativos.

Na transmissão, a fonte é situada opostamente ao detector, alinhados horizontalmente coincidindo com a posição (nível) que se quer controlar. Assim, o produto no interior atinge o ponto de interesse quando ao for interceptado pelo feixe de radiação transmite ao receptor um dado traduzido pela queda drástica da intensidade do feixe que irá variar pelo maior ou menor grau de densidade da matéria [2].

O retroespalhamento, é a técnica operacional que tem emissor (fonte radioativa) e detector do mesmo lado do material a ser controlado. Ao detector é adicionado a um anteparo que visa protegê-lo do feixe primário. A radiação interage com os átomos do material, e as radiações retroespalhadas pelo mesmo, são medidas pelo detector. Com o resultado de geometria constante e densidade constante de materiais, será possível indicar respectivamente a densidade e a espessura dependendo do tipo de material.

A técnica de reatividade é utilizada quando o meio avaliado, ao interagir com um tipo específico de radiação (gama ou nêutrons), reage gerando outro tipo de radiação (geralmente X), caracterizando este meio. Sua principal aplicação é na prospecção de petróleo, distinguindo camadas petrolíferas, de aquíferos salinos por determinação de cloro e também na análise de hidrocarbonetos em rochas. Outra técnica empregada para análise de constituição de minerais e espessura de camadas de substratos de materiais distintos é através da fluorescência, produzida a partir de fonte gama e raios x de baixa energia que identificam e determinam elementos de alto, médio e baixo Z de acordo com o tipo de fonte utilizada.

Como os medidores nucleares usam diversas fontes, tais como, Césio-137, Cobalto-60, Amerício-241-Berílio, Estrôncio-90, Promécio-147, Criptônio-85, etc, com várias faixas de atividades, são classificados pela AIEA com Categoria 3 de fonte perigosa ou com Categoria 4 de fonte pouco perigosa, devendo possuir um nível de proteção radiológica adequado para o uso seguro na instalação [3].

Um medidor nuclear só pode entrar em operação se a instalação tiver Autorização da CNEN e um Supervisor de Proteção Radiológica [4]. Para a Certificação de um SPR, CNEN formula uma prova específica baseada nos aspectos técnicos de operação e de proteção radiológica aplicada [5].

O presente trabalho apresenta dois aspectos fundamentais de proteção radiológica em medidores nucleares, isto é, a manutenção com os testes de esfregaço e de fuga e as lições aprendidas com os acidentes radiológicos acontecidos que devem ser adquiridos/contemplado/conhecidos/sabidos/estudados para obter a certificação de Supervisor de Proteção Radiológica, tendo como base o programa da prova específica de certificação para medidor nuclear da CNEN.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O método utilizado no estudo foi à pesquisa qualitativa por ter sido uma investigação de nível descritivo, usando site da CNEN, normas aplicáveis a proteção radiológica na indústria e na operação com medidores nucleares e norma que trata de Certificação de Supervisores de Proteção Radiológica. Foi realizada uma atividade laboratorial para verificar a aplicabilidade com conceitos de proteção radiológica nas operações dos medidores nucleares.

Para contemplar a investigação, realizou-se a análise de diversos livros, artigos, revistas, publicações internacionais e sites eletrônicos, conforme se pode constatar nas referências bibliográficas, e buscou-se em outras fontes assuntos pertinentes ao tema explorado no estudo em questão.

Como resultado de todos esses passos é descrito tecnicamente os medidores nucleares e os principais aspectos de proteção radiológica que devem ser conhecidos para obter a certificação de Supervisor de Proteção Radiológica, tendo como base o programa da prova específica de certificação para medidor nuclear da CNEN.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os IOE que manuseiam equipamentos emissores de radiação ionizante e principalmente os que usam fontes radioativas seladas devem ter conhecimento do risco radiológico para sua própria proteção bem como de indivíduos do público.

Apresenta-se, como resultado desse trabalho dois aspectos fundamentais de proteção radiológica em medidores nucleares, isto é, a manutenção com os teste de esfregação e de fuga e as lições aprendidas com os acidentes radiológicos acontecidos, que devem ser conhecidos para obter a certificação de Supervisor de Proteção Radiológica, tendo como base o programa da prova específica de certificação para medidor nuclear da CNEN.

### **3.1. Manutenção dos medidores nucleares**

Para assegurar a eficácia do funcionamento dos medidores nucleares, é necessários verificar e apurar alguns requisitos: limpeza, mecânica, avaliação das taxas de dose e os testes de esfregação e de fuga.

Pelo fato de uso frequente e condições a que são expostos, os medidores nucleares (fixos e portáteis) sofrem deterioração em suas marcações, sinalizações, etiquetas, avisos e uma atenção maior devem ser dados ao mecanismo que controla a parte móvel. Por acúmulo de impurezas podem ocorrer problemas operacionais no obturador. Durante a limpeza, lubrificação dos medidores, a fonte radioativa deve permanecer totalmente blindada para evitar acidentes. A limpeza e manutenção devem ser realizadas de acordo com a frequência e procedimentos estabelecidos pelo manual do fabricante.

#### **3.1.1. Teste de esfregação**

A integridade de uma fonte selada deve ser assegurada através de testes rigorosos que possam comprovar a não falha no encapsulamento e também a nenhuma contaminação devido à fonte.

A periodicidade dos testes deve estar no Plano de Radioproteção da empresa com aprovação da CNEN ou poderá ser realizado, caso ocorra algum acidente que possa ter danificado a fonte radioativa ou ainda obedecer às recomendações do fabricante.

No teste do esfregação não há contato direto com a fonte. A coleta é feita através de pinças com algum material em sua extremidade similar ao tecido (úmido) que é esfregado na área onde possa haver material radioativo. Este é colocado em envelope plástico apropriado para medição.


Mesmo que não seja detectado no local, a amostra deve ser encaminhada para laboratório credenciado para uma medição de maior precisão. Havendo resultado positivo quanto à contaminação, o trabalho deve ser interrompido, notificar imediatamente a autoridade regulatória e executar os procedimentos de emergência aplicáveis.

A figura 3 apresenta um Procedimento de Teste de Esfregação através de um folheto do Laboratório de Radiometria do Instituto de Engenharia Nuclear/CNEN [6].

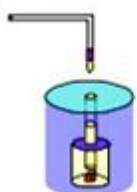
Figura 3: Procedimento de teste de esfregação

**PROCEDIMENTO**

1- Dobrar o arame em forma de "L" de modo que o braço com a haste com algodão alcance o fundo da blindagem que contém a fonte.



2- Introduzir a haste com o algodão, por meio do orifício da blindagem, até que se tenha contato com a fonte.



**NOTAS:**

- Evitar a exposição do corpo ao feixe de radiação;
- Isolar a área, se necessário;
- Permanecer o menor tempo possível com a blindagem aberta.

3- Girar a extremidade livre do arame por 360 graus, por três vezes seguidas, mantendo o contato com a fonte.

□


4- Retirar o esfregação do arame e colocá-lo no saco plástico, fechando-o em seguida.

□

**NOTAS:**

- O esfregação não deverá ter contato com qualquer objeto, superfície ou pessoa;
- Deverá haver um único esfregação por fonte e um único esfregação por saco plástico;
- Use luvas cirúrgicas descartáveis ou similar.

5- O saco plástico deverá ser colocado no envelope para amostra, juntamente com a ficha de identificação devidamente preenchida.




**NOTAS:**

- Certifique-se de que os dados da ficha realmente correspondem à fonte em que se efetuou o esfregação;
- A ficha deverá necessariamente ser preenchida.

6- Caso haja mais fontes a serem analisadas, inserir o arame em uma nova haste com algodão, utilizando a mesma extremidade da haste que no esfregação anterior e repetir as etapas de 1 a 5.

7- Guardar os envelopes para amostra dentro do envelope para remessa, com a identificação por fora do envelope, do material e das respectivas fontes verificadas, fechando-o devidamente com a parte gomada, remetendo-o ao Instituto de Engenharia Nuclear o mais rápido possível.



Fonte: <http://www.ien.gov.br/produtos/formularios/2008esfregacoprospectoinstrucoes.pdf>

### 3.1.2. Teste de Fuga

Para obtenção de informações quanto à integridade do encapsulamento de uma fonte, o teste de fuga é o mais adequado pela rapidez, segurança e pelo uso de equipamento de contagem de alta de sensibilidade a qualquer nível de radiação.

Este teste é realizado no invólucro da fonte radioativa, isto é, na blindagem usando papel de esfregação.

A realização deste teste é muito mais simples do que o de esfregação na fonte radioativa podendo ser realizado no medidor nuclear instalado.

## 3.2. Acidentes radiológicos

Os acidentes radiológicos com medidores nucleares em sua maioria ocorrem pela falta de cumprimento de procedimentos operacionais e de segurança, destacando a ausência de constante monitoração de área nos locais que operam com medidores nucleares. Três acidentes radiológicos ocorridos com medidores nucleares, sendo dois no Brasil e um no Reino Unido, foram selecionados para conhecimento dos Supervisores de Proteção Radiológica [7]:

- a) Brasil/1987: Um medidor de nível com fonte radioativa de Co-60 (3,34 GBq) utilizado em uma siderúrgica de petróleo teve a sua blindagem danificada após ser atingido por um coque incandescente. Um levantamento radiométrico foi realizado e a fonte foi resgatada sendo colocada em uma caixa blindada. Foi realizado o levantamento radiométrico na caixa onde foi armazenada e os valores encontrados de taxa de exposição a 2 m da parte externa da caixa foi de 0,06 mSv/h e na superfície externa da caixa de 0,2 mSv/h.
- b) Brasil/1989: A blindagem de um medidor de nível em uma siderúrgica com fonte de Co-60 (0,37 GBq), sofreu um sobre aquecimento, durante o processo de manutenção da câmara do sistema de apagamento do coque. Somente no quinto dia, ao realizar a retirada das fontes em uma manutenção programada, constatou-se o acidente. Este procedimento durou 20 minutos e dois técnicos ficaram expostos junto à fonte, cerca de 5 minutos. Com o serviço interrompido, foi feito levantamento radiométrico e algumas providências como retiradas



das fontes antes do resfriamento da câmara e foram fechadas as frestas para evitar a queda do coque incandescente na fonte.

- c) Reino Unido/1994: Um medidor de umidade de solo com fontes radioativas de Césio 137 e de Amerício-241-Berílio, foi atingido por um rolo compressor, amassando-o e causando dano. Houve o isolamento da área, o medidor foi recolhido por bombeiros e colocado em uma caixa com areia, procedimento incorreto podendo agravar mais o acidente. Os físicos que vistoriaram a área não encontraram contaminação e não houve ocorrência de dose. As fontes posteriormente foram levadas pelo Supervisor de Radioproteção para descarte.

Diante de acidentes radiológicos em diferentes condições, algumas lições podem ser aprendidas:

- Ao operar com medidores portáteis, manter uma supervisão de segurança constante;
- Em caso de acidente com o equipamento: evacuar a área a 2 metros, estabelecer barreiras de contingência e acionar o Supervisor de Radioproteção.
- Adotar um treinamento periódico em radioproteção para todos os operadores e responsáveis por manutenção destes equipamentos, incluindo medidas preventivas.
- Deve ser utilizado, em todas as operações, um monitor de radiação para confirmar se o obturador está fechado antes de qualquer manutenção ou transporte. No caso em que o obturador esteja com defeito, providenciar uma blindagem temporária.
- Realizar revisões rotineiras para que não haja necessidade de manutenções emergenciais.
- Antes da manutenção ou transporte, um monitor de radiação deve ser sempre utilizado para certificar se a posição do obturador encontra-se fechado. Caso esteja com problemas na mecânica, providenciar blindagem temporária.
- Fontes radioativas com prazo de vida útil alcançado devem ser inspecionadas pelo fabricante ou substituídas.

- Fontes radioativas sujeitas à deterioração, devido a condições do local onde são usadas, devem ter intervalos de tempo menores para realização de teste de fuga.

Acidentes com medidores nucleares portáteis podem acontecer em canteiros de obra, onde são atingidos por veículos pesados. Para ajudar prevenir estes acidentes no local de trabalho, algumas ações podem ser adotadas [8]:

- Comunicar a todos envolvidos direta ou indiretamente sobre a utilização de um medidor nuclear no local de trabalho.
- Tornar bem visível a área de operação do equipamento, para estacionamentos que estejam perto do local, através de luzes de perigo e estroboscópicas e se disponível estender bandeira de segurança de veículo.
- Isolamento de uma área mais extensa com fita de alta visibilidade, com a finalidade de garantir uma reação mais rápida, caso algum veículo se aproxime em direção ao operador e o medidor.
- Após a utilização do medidor, guarda-lo em seu recipiente e levar para local seguro.

#### **4. CONCLUSÃO**

Para a atuação segura com os medidores nucleares, uma série de requisitos deve ser observada de acordo com cada tipo e necessidade da instalação.

Levando em conta o risco radiológico proveniente das fontes radioativas nos medidores nucleares é de extrema importância o conhecimento das características e os danos que podem causar a todos que estejam envolvidos direta ou indiretamente no manuseio de tais equipamentos, se não houver controle.

Para isso, o profissional deverá ter conhecimentos em proteção radiológica e segurança aplicados aos medidores nucleares abrangendo tanto a parte teórica como a prática.

Os dois aspectos abordados nesse trabalho, a manutenção com os testes de esfregação e de fuga e as lições aprendidas com os acidentes radiológicos acontecidos são considerados fundamentais para a obtenção da Certificação de Supervisor de Proteção Radiológica.

## REFERÊNCIAS

- [1] Comissão Nacional de Energia Nuclear. **Instalações Autorizadas**. Disponível em: <[www.cnen.gov.br/instalacoes-autorizadas](http://www.cnen.gov.br/instalacoes-autorizadas)>. Último acesso: 20 Fev. 2018, 2018.
- [2] SILVA, A.T; FERREIRA, E.F. **Medidores Nucleares nos Processos Químicos**. BAYER S/A. Disponível em: [www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/\\_.../29057299.pdf](http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_.../29057299.pdf). Acesso em: 12 de março de 2016, 2016
- [3] International Atomic Energy Agency. Categorization of radioactive sources. **IAEA-TECDOC-1344**. Vienna, 2003.
- [4] Comissão Nacional de Energia Nuclear. Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica. **CNEN, NN 3.01**. Brasil. 2014.
- [5] Comissão Nacional de Energia Nuclear. Certificação da Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica. **CNEN NN 7.01**. Brasil. 2013.
- [6] Instituto de Energia Nuclear. Teste de esfregação-Instruções. IEN. Disponível em: <http://www.ien.gov.br/produtos/formularios/2008esfregacopropectoinstrucoes.pdf>. Acesso em 24 de fevereiro de 2016.
- [7] SANTIAGO, A.A; SILVA, S.C; PINTO, S.B.F. **Avaliação Radiológica de Medidor Nuclear de Densidade de Solo**. Monografia TCC/IRD, 2012.
- [8] Canadian Nuclear Safety Commission. Preventing Portable Gauge Accidents. **DNSR Newsletter: CNSC**, 2011.