

**Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD**

**Radioproteção e Segurança de Fontes Seladas**

**Plano de Proteção Radiológica Aplicado à Radiografia Industrial**

**Salomão Marques de Oliveira**

**Rio de Janeiro  
2013**

**Salomão Marques de Oliveira**

**Plano de Proteção Radiológica Aplicado a Radiografia Industrial**

Trabalho de conclusão do curso de Especialização em Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas apresentado ao Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD.

Orientador: D. Sc. João Carlos Leocadio

**Rio de Janeiro  
10/2013**

### **Ficha Catalográfica**

OLIVEIRA, Salomão Marques.

Plano de Proteção Radiológica Aplicado à Radiografia Industrial -  
2013.

52 f. : il. color. ; 29cm.

Orientador: D. Sc. João Carlos Leocadio.

Trabalho de Conclusão de Curso (Lato-Sensu) – Instituto de  
Radioproteção e Dosimetria, – IRD.

1. Plano de Proteção Radiológica. 2. Radiografia Industrial.  
3. Radioproteção. I. Leocadio, João Carlos. II. Instituto de  
Radioproteção e Dosimetria – IRD, Proteção Radiológica e  
Segurança de Fontes Radioativas. III. Plano de Proteção  
Radiológica Aplicado à Radiografia Industrial.

**Salomão Marques de Oliveira**

**Plano de Proteção Radiológica Aplicado a Radiografia Industrial**

Trabalho de conclusão do curso de Especialização em Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas apresentado ao Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD.

Orientador: D. Sc. João Carlos Leocadio

Aprovada em 04 de Outubro de 2013

**BANCA EXAMINADORA**

---

D. Sc. João Carlos Leocádio

---

D. Sc. Manuel Jacinto Martins Lourenço

---

Prof.<sup>a</sup> Adriana Teixeira Ramalho

À minha mãe, Maria José Marques.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me proporcionar a oportunidade de estar junto e aprender com profissionais de enorme conhecimento técnico, referências no Brasil e em todo o mundo.

Ao Programa de Especialização do IRD/CNEN, pelos conhecimentos técnico-científicos ministrados.

A todos que colaboraram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho, aos meus colegas de turma e especialmente ao Dr. João Carlos Leocádio, meu orientador, pelas contribuições e apoio fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

A minha mãe, que sempre me apoiou durante toda minha vida acadêmica e me ajudou de forma fundamental para que eu pudesse dar continuidade aos meus estudos.

"O que é escrito sem esforço em geral é lido sem prazer."  
(Samuel Johnson)

## RESUMO

A radiografia industrial é uma técnica que utiliza radiação ionizante para verificar a integridade de diversos equipamentos industriais, seja em processo de fabricação, montagem ou manutenção. Dentre as áreas de aplicação da radiação ionizante, a radiografia industrial é considerada de alto risco devido a ocorrência de acidentes radiológicos. Devido a este fato, a segurança e proteção radiológica vêm recebendo cada vez mais destaque por parte dos órgãos reguladores e instalações autorizadas. Para alcançar o bom funcionamento de um serviço de radiografia industrial sem comprometer a saúde dos profissionais e público envolvidos, faz-se necessário adotar uma série de medidas que visam à proteção radiológica, essas medidas constituem o Plano de Proteção Radiológica (PPR). Este trabalho aborda os principais aspectos para a elaboração de um PPR adequado, além de medidas de radioproteção para o bom funcionamento de um serviço de radiografia industrial.

**Palavras-chave:** Radiografia industrial, plano de proteção radiológica, radioproteção.

## ABSTRACT

Industrial radiography is a technique which utilizes ionizing radiation to verify the integrity of various industrial equipment, it is in the process of manufacturing, assembly and maintenance. Among the areas of application of ionizing radiation, industrial radiography is considered high risk due to radiological accidents. Due to this fact, safety and radiological protection have been receiving increasingly highlighted by the regulatory authorities and authorized installations. To achieve the proper functioning of an industrial radiography service without compromising the health of the public and professionals involved, it is necessary to adopt a series of measures to radiological protection, these measures constitute the Radiological Protection Plan (RPP). This document discusses the main aspects for the development of a RPP appropriate, and also measures of radiation protection for good operation of a industrial radiography.

**Keywords:** Industrial radiography, radiation protection plan, radioprotection

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Gerador de raios X industrial. (GE ERESKO MF4).....	4
Figura 2	Aparelho de Gamagrafia .....	5
Figura 3	Características das fontes radioativas industriais .....	5
Figura 4	Exemplo de instalação de operação tipo II. ( <i>bunker</i> ).....	10
Figura 5	Medidor de radiação do tipo Geiger Muller. (Thermo Eberline E600) .....	20
Figura 6	Monitor de radiação portátil com alarme sonoro .....	20
Figura 7	Irradiador Gammamat SE. (Capacidade – 4.44 TBq de Se-75).....	22
Figura 8	Monitor de radiação portátil com selo de calibração. ....	24
Figura 9	Irradiador Gammamat TI-F com placa de identificação. ....	26
Figura 10	Inspeção do irradiador e cabos com a utilização de gabarito de teste.....	27
Figura 11	Exemplo de poço blindado de armazenagem de fontes, com cadeados e sinalização. ....	33
Figura 12	Exemplo de isolamento de área.....	38
Figura 13	Dosímetro integrador de dose de leitura direta. ....	40
Figura 14	Modelo de placa de aviso para transportes rodoviários. ....	43
Figura 15	Rótulos utilizados nos transportes de material radioativo em radiografia industrial.....	44

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Principais radioisótopos utilizados em gamagrafia industrial.....	6
Quadro 2	Requisitos de Capacidade Operacional.....	11
Quadro 3	Níveis de registro e investigação.....	42

## ABREVIATURAS E SIGLAS

AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
END	Ensaio Não Destrutivo
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
IOE	Indivíduos Ocupacionalmente Expostos
IP	Indivíduos do Público
IT	Índice de Transporte
MOPP	Movimentação Operacional de Produtos Perigosos
MRN	Nível de Radiação Máximo
PARAE	Plano de Área Restrita com Autorização Específica
PPR	Plano de Proteção Radiológica
RAS	Relatório de Análise de Segurança
RFAS	Relatório Final de Análise de Segurança
RPAS	Relatório de Preliminar de Análise de Segurança
SE	Situações de Emergência
SPR	Supervisor de Proteção Radiológica
SR	Serviço de Radioproteção
TLD	Dosímetros Termoluminescentes

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1	OBJETIVO .....	2
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b> .....	3
2.1	EQUIPAMENTOS DE RAIOS X.....	3
2.2	EQUIPAMENTOS DE GAMAGRAFIA .....	4
2.3	FONTES DE GAMAGRAFIA .....	5
2.4	REQUERIMENTOS E AUTORIZAÇÕES .....	6
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	8
<b>4.</b>	<b>PLANO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIOGRAFIA INDUSTRIAL</b> .....	8
4.1	CONTROLES ADMINISTRATIVOS .....	9
4.1.1	Identificação e Responsabilidades .....	9
4.1.1.1	Identificação da Empresa e das Instalações .....	9
4.1.1.2	Responsabilidades .....	12
4.1.2	Programa de Registros e Controle de Documentação .....	13
4.1.3	Notificações e Relatórios a CNEN.....	17
4.1.4	Inspeções da CNEN .....	18
4.2	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO DE RADIOPROTEÇÃO .....	18
4.2.1	Relação dos IOE.....	19
4.2.2	Medidores e Monitores de Radiação .....	19
4.2.3	Irradiadores de Gamagrafia e Acessórios.....	21
4.2.4	Kit de Emergência .....	22
4.2.5	Outros Equipamentos .....	23
4.3	PROGRAMA DE CONTROLE DOS EQUIPAMENTOS DO SERVIÇO DE RADIOPROTEÇÃO .....	23
4.3.1	Medidores e Monitores de Radiação .....	24
4.3.1.1	Calibração dos Medidores e Monitores de Radiação .....	24
4.3.1.2	Aferição dos Medidores e Monitores de Radiação .....	25
4.3.2	Aparelho de Gamagrafia .....	25
4.3.2.1	Controle .....	25
4.3.2.2	Inspeção.....	26

4.3.2.3	Teste de Fuga nos Irradiadores (Somente para Co-60) .....	28
4.3.2.4	Segurança dos Irradiadores .....	28
4.4	<b>PROGRAMA DE CONTROLE DAS FONTES E APARELHOS DE RAIOS X .....</b>	<b>29</b>
4.4.1	Inventário das Fontes Radioativas.....	29
4.4.2	Inventário dos Aparelhos de Raios X.....	30
4.4.3	Segurança .....	31
4.5	<b>PROGRAMA DE CONTROLE E SEGURANÇA DE ÁREAS .....</b>	<b>32</b>
4.5.1	Proteção Física .....	32
4.5.2	Programa de Monitoração de Área.....	33
4.5.2.1	Avaliação e Classificação das Áreas da Instalação .....	34
4.5.2.2	Sinalização das Áreas Supervisionadas e Controladas .....	35
4.5.2.3	Procedimento Para Monitoração de Áreas .....	36
4.5.2.4	Controle de Acesso às Áreas Restritas.....	36
4.5.2.4.1	Controle de Visitantes .....	37
4.5.3	Sistema de Isolamento.....	37
4.6	<b>PROGRAMA DE TREINAMENTO E RECICLAGEM DOS IOE .....</b>	<b>38</b>
4.7	<b>PROGRAMA DE MONITORAÇÃO INDIVIDUAL .....</b>	<b>39</b>
4.7.1	Avaliação de Doses .....	41
4.8	<b>PROGRAMA DE TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO .....</b>	<b>42</b>
4.8.1	Rotulação e Índice de Transporte.....	43
4.8.2	Requisitos de Transporte.....	44
4.9	<b>PROGRAMA DE EMERGÊNCIA.....</b>	<b>45</b>
4.9.1	Comunicação e Notificação em Situações de Emergência .....	46
4.9.2	Atendimento Médicos dos IOE.....	46
4.9.3	Categorização dos Tipos de Situações de Emergência .....	47
4.10	<b>PROGRAMA DE GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS .....</b>	<b>50</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>50</b>
5.1	CONCLUSÕES.....	50
5.2	RECOMENDAÇÕES .....	50
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>52</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os Ensaio Não Destrutivos (END) são técnicas que investigam a integridade dos materiais sem destruí-los ou introduzir quaisquer alterações nas suas características, sendo indispensáveis para o controle da qualidade de produtos industriais. A radiografia industrial é uma técnica que utiliza radiação ionizante, sendo uma das mais utilizadas na realização dos END. As radiografias industriais podem ser realizadas em diversos locais, incluindo recintos blindados (*bunkers*) e locais de campo aberto, como áreas urbanas ou áreas remotas e desabitadas.

O fato de utilizar uma energia que apresenta um alto risco para à saúde, tanto dos profissionais, quanto das pessoas do público, merece um destaque especial quando a discussão envolve a segurança do homem. Desde a descoberta dos efeitos danosos da radiação, vários estudos já foram realizados e hoje em dia já se conhece os efeitos causados por altas doses de radiação em diversos órgãos do corpo humano, tornando possível o estabelecimento de limiares de doses, podendo assim evitar o surgimento dos efeitos determinísticos, que é resultado da morte celular do tecido afetado pela radiação.

Apesar dos diversos estudos sobre o tema, ainda não é possível quantificar os danos causados por exposições a baixas doses de radioatividade, que podem surgir ao longo dos anos através da mutação celular, sendo chamados de efeitos estocásticos. Os danos causados à saúde humana pela exposição a determinadas doses de radiação podem ser irreversíveis, os efeitos podem estar relacionados com a dose recebida em casos de efeitos determinísticos, ou pela probabilidade de ocorrência de efeitos estocásticos, que se tornam maiores com a quantidade de dose recebida.

Devido a esse fato, notou-se no mundo científico uma necessidade de regulação e controle no uso de fontes radioativas e a questão da radioproteção tem sido tema pra muitas discussões por parte de organizações nacionais e internacionais, sejam elas governamentais ou não. Estas preocupações possivelmente são reflexos dos acidentes radiológicos ocorridos em usinas nucleares, como em Chernobyl, e em empresas que trabalham com material radioativo, principalmente nas décadas de 80 e 90. O acervo de documentos e relatórios técnicos da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA) discorre sobre o este tema, recomendando

práticas necessárias para minimizar os riscos de acidentes associados com o uso da radiação ionizante.

A radioproteção como finalidade fornecer condições seguras para atividades que envolvam radiações ionizantes, adotando medidas de prevenção e controle das exposições, cabendo aos profissionais terem pleno conhecimento do assunto e adotar medidas de radioproteção sempre que sejam aplicáveis.

A radiografia industrial destaca-se pelo alto risco de ocorrência de acidentes radiológicos, sendo responsável por aproximadamente metade dos acidentes já registrados AIEA. Em consequência desse quadro, cuidados específicos relacionados à radioproteção devem ser tomados, sendo necessário desenvolver meios e implementar ações que contribuam para reduzir os erros humanos que levam a exposição à radiação ionizante, bem como minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes, garantindo que as práticas sejam efetuadas em totais condições de segurança.

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) é o órgão que regulamenta as atividades com radiação ionizante, que estabelece através de normas os requisitos para a proteção radiológica das pessoas em relação à exposição à radiação ionizante. A CNEN vem atuando com o propósito de melhorar as condições de trabalho e de promover um ambiente mais adequado e seguro para os profissionais que se expõem ocupacionalmente à radiação ionizante.

## **1.1 OBJETIVOS**

O objetivo global do presente trabalho é elaborar um guia para Supervisores de Proteção Radiológica (SPR) na criação de um Plano de Proteção Radiológica (PPR) adequado para o funcionamento seguro das instalações de radiografia. Para tanto seguiremos os seguintes objetivos específicos:

- Estudo da situação atual de radiografia industrial no país;
- Estudar as os regulamentos técnicos; e
- Recomendações das Agências Internacionais.

Este trabalho aborda os principais requisitos operacionais e administrativos necessários para atender as especificações exigidas pela CNEN.

## **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

A radiografia é um método usado para inspeção não destrutiva que se baseia na absorção diferenciada da radiação penetrante pela peça que está sendo inspecionada, podendo ser realizada por equipamentos geradores de radiação X ou irradiadores de gamagrafia com fontes radioativas. Devido às diferenças na densidade e variações na espessura do material, ou mesmo diferenças nas características de absorção causadas por variações na composição do material, diferentes regiões de uma peça absorverão quantidades diferentes da radiação penetrante. Essa absorção diferenciada da radiação poderá ser detectada através de um filme, ou medida por detectores eletrônicos de radiação. Essa variação na quantidade de radiação absorvida, detectada através de um meio, irá nos indicar, entre outras coisas, a existência de uma falha interna ou defeito no material.

A radiografia industrial é então usada para detectar variação de uma região de um determinado material que apresenta uma diferença em espessura ou densidade comparada com uma região vizinha, em outras palavras, a radiografia é um método capaz de detectar com boa sensibilidade defeitos volumétricos. Isto quer dizer que a capacidade do processo de detectar defeitos com pequenas espessuras em planos perpendiculares ao feixe, como trinca dependerá da técnica de ensaio realizado. Defeitos volumétricos como vazios e inclusões que apresentam uma espessura variável em todas as direções serão facilmente detectados desde que não sejam muito pequenos em relação à espessura da peça.

### **2.1 EQUIPAMENTOS DE RAIOS X**

Os equipamentos de raios X industriais tem o funcionamento a partir de tubos catódicos, os tamanhos das ampolas ou tubos são em função da tensão máxima de operação do aparelho. Dividem-se geralmente em dois componentes, o painel de controle e o cabeçote ou unidade geradora, separados por longos cabos que podem variar em média de 20 m a 30 m.

O painel de controle consiste em uma caixa onde estão alojados todos os controles, indicadores, chaves e medidores, além de conter todo o equipamento do circuito gerador de alta voltagem. E através do painel de controle que se fazem os ajustes de voltagem e amperagem, além de comando de acionamento do aparelho.

No cabeçote está alojada a ampola e os dispositivos de refrigeração, a conexão entre o painel de controle e o cabeçote se faz através de cabos especiais de alta tensão. Os ensaios realizados com aparelhos de raios X são comumente usados em peças finas ou ligas metálicas leves.



Figura 1 – Gerador de raios X industrial. (GE ERESKO MF4)

## 2.2 EQUIPAMENTOS DE GAMAGRAFIA

As fontes usadas em gamagrafia requerem cuidados especiais de segurança, pois emitem radiação constantemente. Portanto é necessário um equipamento que forneça uma blindagem contra as radiações emitidas da fonte quando a mesma não está sendo usada. De mesma forma é necessário dotar essa blindagem de um sistema que permita retirar a fonte de seu interior para que a radiografia seja feita, esse equipamento denomina-se: irradiador de gamagrafia.

Os aparelhos de gamagrafia compõem-se basicamente de uma blindagem (irradiador), uma fonte radioativa e um dispositivo para expor a fonte. A blindagem deste material, geralmente é construída por chumbo ou urânio exaurido em um compartimento de aço. As fontes radioativas podem ser fornecidas com diversas atividades e cada elemento radioativo possui uma energia de radiação própria, assim cada blindagem é dimensionada para conter um elemento radioativo específico, com uma atividade máxima determinada.



Figura 2 – Aparelho de Gamagrafia.

### 2.3 FONTES DE GAMAGRAFIA

As fontes radioativas são constituídas de certa quantidade de um isótopo radioativo. Para o uso industrial as fontes são encapsuladas de maneira que não há dispersão ou fuga do material radioativo, com o emprego de um pequeno invólucro chamado de porta-fonte.



Figura 3 – Características das fontes radioativas industriais.

A gamagrafia utiliza radioisótopo com energias diferentes de acordo com a espessura do material a ser analisado. Os principais radioisótopos utilizados pela indústria são e suas respectivas aplicações estão representadas no Quadro 1.

<b>Radioisótopo</b>	<b>Energia Gama (keV)</b>	<b>Meia-Vida</b>	<b>Faixa adequada de espessura de aço, objeto do ensaio (mm)</b>
Co-60	1.173 e 1.332	5,3 anos	60 – 150
Ir-192	296 – 604	74 dias	10 – 80
Se-75	10,5 – 279	120 dias	4 – 30

Quadro 1 – Principais radioisótopos utilizados em gamagrafia industrial.

Segundo AQUINO (2009), no Brasil, cerca de 88% dos irradiadores de gamagrafia utilizam fontes de Ir-192, 10% utilizam fontes de Se-75 e apenas 2% utilizam fontes de Co-60.

## **2.4 REQUERIMENTOS E AUTORIZAÇÕES**

A Norma CNEN 3.01 estabelece que toda ação envolvendo práticas com material radioativo ou fontes radioativas associadas a essas práticas devem atender a requisitos específicos e só podem ser realizadas em conformidade com os requisitos estabelecidos, a não ser que essas práticas resultem em exposição excluída de controle regulatório, ou que a fonte esteja isenta ou dispensada desse controle.

Para a realização de uma prática, todas as ações e etapas envolvidas devem ser consideradas, desde a escolha do local, avaliação de exposições normais e eventuais, risco relativo associado das fontes radioativas até o descomissionamento ou o fim do controle institucional da instalação. Os controles aplicados pela CNEN são proporcionais aos riscos radiológicos que representam as fontes e materiais utilizados em cada prática. A partir da potencialidade de danos significativos causados à saúde tanto dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) quanto os Indivíduos do Público (IP) ou a potencialidade de propagar contaminações, a CNEN determina os requisitos de segurança na produção, transporte, armazenamento, uso,

manutenção, retirada e transferência de fontes, preparação para emergências e fechamento de instalações.

Toda pessoa física ou jurídica com a intenção de realizar qualquer ação relacionada a práticas ou fontes associadas a essas práticas, deve submeter previamente ao início de suas atividades requerimento à CNEN para obtenção das devidas licenças, autorizações ou quaisquer outros atos administrativos pertinentes, de acordo com normas aplicáveis da CNEN.

As informações a serem prestadas à CNEN, relativas ao processo de licenciamento de instalações radiativas, devem ser encaminhadas por meio de requerimentos, conforme formulários específicos com informações detalhadas sobre o uso das fontes, disposições de proteção radiológica, disposições para a segurança físicas e radiológica das fontes, avaliação das exposições potenciais, gerenciamento de rejeitos e situações e emergência. Os formulários são disponibilizados pela CNEN em seu próprio website ([www.cnen.gov.br](http://www.cnen.gov.br)).

A Resolução CNEN N°112 estabelece que para o licenciamento de instalações de radiografia industrial, devem enviados a CNEN formulários com os seguintes requerimentos:

- Autorização para Construção;
- Autorização para Aquisição de Fonte ou Equipamento Gerador de Radiação Ionizante;
- Autorização para Operação, Renovação da Autorização para Operação e Alteração de Autorização para Operação;
- Autorização para Retirada de Operação (em caso de descomissionamento).

### **3. METODOLOGIA**

Para a elaboração do guia neste trabalho, foi realizado um estudo da situação atual em radiografia industrial no país através da coleta de informações de profissionais experientes e especializados na área, foi utilizado um PPR previamente elaborado e aprovado pela CNEN e também foram utilizadas as seguintes normas:

- CNEN-NE-3.02 – Serviços de Radioproteção, 1988.
- CNEN-NE-5.01 – Transporte de Materiais Radioativos, 1988.
- CNEN-NE-6.05 – Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas, 1985.
- CNEN-NN-3.01 – Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, 2011.
- CNEN-NN-6.04 – Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica Para Serviços de Radiografia Industrial, 2013.
- CNEN-NN-7.02 – Registro de Operadores de Radiografia Industrial, 2013.

### **4. PLANO DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA EM RADIORAFIA INDUSTRIAL**

O Plano de Proteção Radiológica (PPR) é um documento que estabelece o sistema de radioproteção a ser implantado pelo Serviço de Radioproteção (SR). Ele contém toda a informação relevante para o trabalho com radiação ionizante em radiografia industrial com segurança e nele são inclusas informações necessárias não apenas aos IOE, mas também ao pessoal não operacional, que também devem seguir as informações descritas. Nele são descritos os responsáveis pela instalação, os métodos de trabalho em situações de rotina, os equipamentos utilizados até as formas de atuação em situações de emergência. O PPR trata sobre o risco físico das radiações ionizantes e para a sua elaboração serão necessárias diversas informações que estão contidas nas normas de radioproteção da CNEN.

O PPR deve ser elaborado e implementado de forma a estar em conformidade com os demais requisitos de segurança da instalação, devendo atender aos princípios básicos de proteção radiológica que são a Justificação, Otimização e Limitação de dose. (CNEN-NN-3.01, 2011)

## **4.1 CONTROLES ADMINISTRATIVOS**

Na elaboração do PPR, o titular da instalação deve descrever informações com relação aos requisitos administrativos da instalação, além de criar um programa de controle administrativo relativo à proteção radiológica. A empresa deve apresentar de forma clara itens que descrevam a organização da instalação de radiografia industrial, discriminando a documentação e os registros de controle e verificação que integram o sistema de garantia da qualidade implementado.

### **4.1.1 Identificação e Responsabilidades**

#### **4.1.1.1 Identificação da Empresa e das Instalações**

O titular deve apresentar o nome da organização, Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ), endereço, a sua atividade principal e a justificativa para a utilização de radiações ionizantes.

Deve estar contidas no PPR informações como os endereços das instalações bem como o tipo da instalação, que podem ser classificadas como:

- I. Instalações para armazenamento de fontes radioativas (Tipo I e II);
  - Instalação tipo I – sede ou escritório da empresa proprietária da fonte de radiografia gama, cuja área de armazenamento está localizada em recintos fechados, com blindagem permanente especialmente projetada para atender à capacidade instalada de fontes radioativas, com autorização para construção emitida pela CNEN;
  - Instalação tipo II – instalação cuja área de armazenamento está localizada em dependências de terceiros, onde é armazenada temporariamente a quantidade máxima de 4 equipamentos de radiografia gama por local de armazenamento.
  
- II. Instalações para operação com fontes de radiação (Operação tipo I, II, III e IV):
  - Operação tipo I – instalação cuja área de operação está localizada em recinto isolado, com proteção física adequada, onde são realizadas operações com equipamentos

geradores de radiação ionizante auto-blindados, sem a necessidade de projeto aprovado pela CNEN, devendo ser apresentada documentação técnica do equipamento;

- Operação tipo II – instalação cuja área de operação está localizada em recintos fechados, com blindagem permanente (*bunker*), especialmente projetada para atender às respectivas situações operacionais, com projeto aprovado pela CNEN;
- Operação tipo III – instalação cuja área de operação está localizada em espaço isolado ou cercado, com proteção específica para cada eventual situação, sem a necessidade de projeto aprovado pela CNEN; e
- Operação tipo IV – instalação cuja área de operação está localizada em espaço isolado ou cercado de áreas habitadas ou vias públicas, em zonas urbanas, suburbanas ou rurais, com proteção específica para cada eventual situação, com a necessidade de procedimentos específicos de proteção radiológica, devendo possuir autorização específica, com medidas previstas no Plano de Área Restrita com Autorização Específica (PARAE) da CNEN, sem o qual os serviços não poderão ser iniciados.



Figura 4 – Exemplo de instalação de operação tipo II (*bunker*). (LEOCADIO, 2007, p.7)

Cada tipo de instalação de operação requer uma atenção especial quando se trata dos riscos radiológicos associados, a quantidade de equipamentos e de IOE envolvidos devem ser proporcionais aos riscos, visando minimiza-los. Tendo em vista aumentar a segurança nos

diferentes tipos de instalações, a CNEN estabelece a capacidade operacional mínima de equipamentos e pessoal para uma dada instalação, que deve atender a critérios contidos no Quadro 2.

TIPO DE INSTALAÇÃO DE OPERAÇÃO	REQUISITOS MÍNIMOS PARA A INSTALAÇÃO DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL		
	IOE	EQUIPAMENTOS DE ROTINA	EQUIPAMENTOS DE EMERGÊNCIA
I	1 SPR sem exclusividade (limitado a quatro Instalações de Radiografia Industrial) e 1 Operador (I ou II) por turno por Instalação de Radiografia Industrial	1 medidor de radiação e 1 monitor individual de leitura direta com alarme sonoro (bip), com opcional de integrador de dose, por equipamento de raios-X	N.A.
	1 IOE por equipamento de instalação de operação		
II	2 SPR, sendo um exclusivo da instalação, por Instalação de Radiografia Industrial	1 medidor de radiação por fonte de radiação e 1 monitor individual de leitura direta com alarme sonoro (bip), com opcional de integrador de dose, por IOE	1 medidor de radiação (100mSv/h) por Unidade Federativa e materiais e equipamentos do kit de emergência descritos
	2 Operadores (I ou II) por instalação de operação		
III	2 SPR exclusivos por Instalação de Radiografia Industrial	1 medidor de radiação por fonte de radiação e 1 monitor individual de leitura direta com alarme sonoro (bip), com opcional de integrador de dose, por IOE	1 medidor de radiação (100mSv/h) por Unidade Federativa e materiais e equipamentos do kit de emergência descritos
	2 Operadores, sendo pelo menos um Operador II, por instalação de operação		
IV	2 SPR exclusivos por Instalação de Radiografia Industrial	1 medidor de radiação por fonte de radiação e 1 monitor individual de leitura direta com alarme sonoro (bip), com opcional de integrador de dose, por IOE	1 medidor de radiação (100mSv/h) por Unidade Federativa, 1 monitor individual de leitura direta com alarme sonoro (bip), com opcional de integrador de dose, por IOE e materiais equipamentos do kit de emergência descritos
	2 Operadores II por instalação de operação		

Quadro 2 – Requisitos de Capacidade Operacional.

O SR deve possuir, quando necessário, todas as instalações para:

- I. Acomodação, higiene e guarda de vestimentas do pessoal – como banheiros, armários, refeitório.
- II. Aferição, ajuste e guarda de equipamentos – como almoxarifado e depósito de equipamentos.
- III. Pronta comunicação, elaboração e arquivamento de documentos e registros – como um escritório.

#### **4.1.1.2 Responsabilidades**

Devem ser discriminados os titulares da organização, os Supervisores de Proteção Radiológica (SPR) e suas respectivas responsabilidades bem definidas. O titular deve ser o responsável pela proteção radiológica das pessoas que trabalham direta ou indiretamente nos serviços que envolvem fontes radioativas, bem como de todos aqueles que adentram nas áreas de trabalho, seja por qualquer motivo, porém pode delegar suas funções aos SPR, mantendo ainda assim as suas responsabilidades no que se diz respeito à radioproteção e o sistema de garantia de qualidade.

Os operadores de radiografia industrial também devem ter as suas responsabilidades bem definidas, devendo seguir medidas para a manutenção do sistema de proteção radiológica da instalação, essas responsabilidades devem estar descritas no PPR.

Os Operadores de Radiografia Industrial I devem:

- I. Operar com segurança os aparelhos de gamagrafia e aparelhos de raios X;
- II. Zelar pela segurança e proteção física das fontes e dos irradiadores de gamagrafia e aparelhos de raios X;
- III. Utilizar monitores individuais e medidores de radiação de área durante o trabalho com radiação;
- IV. Cumprir os requisitos das resoluções da CNEN e do PPR da instalação em que estiver trabalhando; e
- V. Levar imediatamente ao conhecimento do Operador de Radiografia Industrial II ou do SPR quaisquer deficiências observadas nos dispositivos de segurança e de monitoração, bem como quaisquer condições de perigo de que venha a tomar conhecimento.

Os Operadores de Radiografia Industrial II devem:

- I. Ser os responsáveis pela segurança e proteção radiológica das operações de radiografia industrial nas frentes de trabalho;
- II. Operar com segurança os irradiadores de gamagrafia e aparelhos de raios X;
- III. Zelar pela segurança e proteção física das fontes e dos irradiadores de gamagrafia e aparelhos de raios X;
- IV. Utilizar monitores individuais e medidores de radiação de área durante o trabalho com radiação;
- V. Assumir o controle inicial e aplicar as ações previstas nos procedimentos de situações de emergência;
- VI. Cumprir os requisitos das Resoluções da CNEN e do PPR da instalação em que estiver trabalhando e;
- VII. Levar imediatamente ao conhecimento do Supervisor de Proteção Radiológica quaisquer deficiências observadas nos dispositivos de segurança e de monitoração, bem como quaisquer condições de perigo de que venha a tomar conhecimento.

#### **4.1.2 Programa de Registros e Controle de Documentação**

Por questões de radioproteção, vários procedimentos desde o licenciamento até depois do encerramento das atividades com radiação ionizante devem ser realizados, tais procedimentos necessitam obrigatoriamente ser documentados e arquivados. O SR deve estabelecer e manter atualizado um sistema centralizado de registros, onde devem ser conservados e mantidos uma série de documentos e registros relativos à proteção radiológica pelos prazos que forem exigidos pela CNEN, este sistema deve estar localizado na sede da instalação.

Os registros devem estar devidamente rubricados, classificados e arquivados em local seguro. O acesso aos registros e documentos do SR é restrito às pessoas autorizadas pelo supervisor de radioproteção, à Direção da instalação e aos inspetores da CNEN.

Os seguintes documentos deverão ser mantidos na sede:

I. Autorização para operação;

A autorização para operação expedida pela CNEN comprova que o projeto da instalação e a capacidade operacional mínima requerida para uma dada instalação atendeu aos critérios de estrutura de armazenamento, equipamentos e pessoal compatíveis com as suas necessidades em termos de proteção radiológica.

II. Controle de monitoração individual;

As doses mensais recebidas pelos IOE devem ser registradas e arquivadas em fichas individuais, contendo os respectivos dados pessoais, as datas de admissão na instituição e as doses acumuladas, incluindo as anteriores às admissões, devendo ser mantidos resumo dessas informações nas instalações em operação. Os trabalhadores de áreas restritas devem receber, periodicamente ou sempre que necessário, os respectivos dados radiológicos.

III. Controle médico;

O SR deve prover supervisão médica adequada a todos os trabalhadores da instalação e deve registrar individualmente os exames médicos de todos os IOE, que passarão por exames médicos admissionais – para verificar se o trabalhador está em condições de saúde física e mental para iniciar a sua ocupação, periódicos, demissionais e especiais em caso de acidente, em que trabalhadores que tenham recebido doses superiores aos limites estabelecidos.

A periodicidade e demais critérios dos exames médicos são estabelecidos pela legislação vigente na área de saúde ocupacional.

Nenhum trabalhador deve ser empregado ou continuar empregado em atividade envolvendo exposições, contrariamente ao parecer médico ou do supervisor de radioproteção.

#### IV. Registros dos equipamentos de radioproteção;

Os equipamentos de radioproteção são essenciais na manutenção da segurança radiológica e é muito importante tê-los em quantidade adequada ao serviço, provendo de manutenção regular desses equipamentos. O SR deve registrar informações relativas aos instrumentos de medição como:

- Identificação e finalidade – fabricante, modelo, tipo, número de série;
- Manuais de descrição, operação e manutenção;
- Identificação dos responsáveis pela operação, inspeção, aferição, ajuste e manutenção;
- Locais de emprego e armazenamento;
- Certificação e procedimentos de calibração – número do certificado de calibração e laboratório de calibração;
- Operação rotineira, inspeções e manutenções – operador usuário, datas, tempo e locais de uso, troca de baterias; e
- Irregularidades ocorridas – defeitos, funcionamento irregular e etc.

#### V. Registro dos ensaios de fuga;

Deve ser prevista a elaboração de procedimentos para os ensaios de fuga para as fontes de Co-60, a serem realizados a cada 12 meses para fontes acima de 370 GBq (10 Ci) e a cada 24 meses para fontes abaixo dessa atividade, mantendo arquivados os respectivos registros.

#### VI. Registro de controle de fontes de radiação;

O programa de controle das fontes de radiação deve considerar a potencialidade dos riscos associados e deve ter rigorosidade proporcional a esses riscos. O SR deve registrar informações relativas ao controle das fontes de radiação da instalação como:

- Identificação, descrição e finalidades – radioisótopo, atividade (com data), respectivo irradiador, localização;
- Procedimentos relativos ao uso, sinalização, manuseio, controle, transporte e armazenamento;
- Identificação dos responsáveis pela segurança e pessoas autorizadas ao uso das fontes;
- Relatórios das inspeções; e
- Identificação dos instrumentos de medidas associadas ao controle da fonte.

## VII. Registro de monitoramento

É de extrema importância, no ponto de vista de proteção radiológica, verificar as condições trabalho e os níveis de exposição em cada instalação ou operações que possam envolver exposições. A verificação dos níveis de exposição é feita através de monitoramento de instalações de armazenamento, instalações de operação, equipamentos de radiografia gama e veículos de transporte.

## VIII. Registro de treinamento;

Os IOE deverão receber treinamento operacional e de reciclagem periodicamente, os exames individuais feitos para avaliação do aproveitamento nos cursos de proteção radiológica ministrados deverão ser arquivados juntamente com declaração assinada pelo SPR.

O SR deve registrar informações relativas ao treinamento dos IOE como:

- Programa de treinamento e recursos didáticos – livros, apostilas e cronograma do programa;
- Identificação dos responsáveis pelo treinamento – SPR;
- Relação dos trabalhadores treinados e respectivos pareceres sobre o treinamento recebido; e
- Procedimentos de avaliação e resultados – métodos de avaliação e respectivas notas;

## IX. Relatório de emergência;

Qualquer acidente ou situação de emergência deve ser registrado no mesmo dia da ocorrência, devendo todas as comunicações e relatórios ser arquivados, juntamente com os resultados das investigações realizadas.

## X. Registro de transporte;

Devem ser mantidos registros relativos à movimentação das fontes, dos rejeitos radioativos e levantamentos radiométricos do veículo de transporte.

## XI. Registro de auditorias.

As auditorias devem seguir as orientações da instrução de trabalho da organização e devem ser realizadas periodicamente, dependendo das instalações. Serão avaliados itens importantes com relação à radioproteção através de autoavaliação e de auditorias independentes.

As instalações de operação do tipo III e IV deverão manter cópia de toda documentação e registro de que trata sobre o inventário de fontes, equipamentos e quadro de pessoal, relativos à instalação local, além dos registros de autorização para operação, controle de monitoração individual, certificados de calibração de medidores e monitores de radiação, registro de aferição dos medidores e monitores de radiação e registro de transporte.

### **4.1.3 Notificações e Relatórios à CNEN**

Em função dos potenciais riscos associados ao uso de radiação ionizante, é de exigência da CNEN que além de arquivar os registros das ações que implicam a radioproteção, a organização deve contar estrutura para pronta comunicação entre pessoas apropriadas da instalação com instituições externas relevantes para o caso de notificações e tomada de decisões em emergências. A organização também deve comunicar de forma periódica ou até mesmo imediata a CNEN os eventos que envolvam situações administrativas, de incidentes ou questões operacionais específicas.

O SR da organização deve:

- I. Comunicar mensalmente a localização exata de cada instalação, nome do responsável pela instalação, cronograma de serviço e período (diurno ou noturno);
- II. Comunicar prontamente o início de operação de qualquer nova instalação e o encerramento das que estavam operando;
- III. Comunicar prontamente o desligamento de IOE, mantendo os seus históricos de dose e comprovantes de treinamento;
- IV. Comunicar mensalmente a localização exata de cada instalação em áreas habitadas e vias públicas, cronograma de serviço e evolução da obra;

- V. Notificar imediatamente a ocorrência de qualquer acidente ou situação de emergência, sob o ponto de vista de proteção radiológica, relacionados com as atividades de radiografia industrial e apresentar um relatório elaborado pelo SPR, no prazo máximo de 5 dias úteis após a notificação imediata.

Deve ser apresentado um relatório no prazo máximo de 24 horas após a notificação imediata, na ocorrência de perda ou roubo de fonte de radiação, ou em caso de recebimento de doses equivalentes superiores a:

- Dose equivalente efetiva superior a 0,25 Sv;
- Dose equivalente na pele superior a 2,50 Sv; e
- Dose equivalente nas mãos e antebraços ou pés e tornozelos superior a 2,50 Sv.

Devendo ser apresentado um relatório suplementar descrevendo completamente o tratamento dado à ocorrência do relatório inicial, no prazo máximo de 30 dias após notificação imediata.

#### **4.1.4 Inspeções da CNEN**

A Direção da instalação deve garantir aos inspetores da CNEN, quando requisitada, livre acesso aos arquivos, registros, pessoal, instalações e equipamentos do SR, e a todas as áreas da instalação, além de fornecer aos inspetores da CNEN todas as informações e colaboração consideradas relevantes para os objetivos das inspeções.

## **4.2 DESCRIÇÃO DO SERVIÇO DE RADIOPROTEÇÃO**

O SR deve ter materiais e equipamentos auxiliares de rotina disponível para utilização imediata e pessoal qualificado em quantidade suficiente em função das suas necessidades. Também deve possuir equipamentos substitutivos e peças de reposição para os equipamentos considerados indispensáveis à radioproteção dos trabalhadores, esses itens devem ser especificados no PPR.

A instalação deve possuir um efetivo de 30% de equipamentos de reserva com as mesmas características exigidas pela CNEN, para substituição imediata, quando necessário, além de possuir medidores de radiação para casos de acidente ou situações de emergência, conforme disposto nesta resolução.

Devem estar inclusos no mínimo equipamentos e materiais como cordas, sinais luminosos, placas de sinalização, blindagens e gabaritos de testes dos engates, Equipamentos de Proteção Individual (EPI), além dos medidores e monitores de área e individuais.

#### **4.2.1 Relação dos IOE**

O pessoal lotado no SR deve ser constituído por um supervisor de radioproteção, por um número apropriado de técnicos de nível superior ou médio, e por auxiliares devidamente qualificados para o exercício das suas funções específicas.

O titular deve informar a relação do grupo de indivíduos que fazem parte do SR, as informações dos IOE devem conter:

- Identificação – deve ser descrito o nome completo de cada IOE e seus respectivos registros na CNEN.
- Formação – os operadores de radiografia industrial I e II devem ter no mínimo diploma de ensino médio.
- Função – deve ser descritas as funções e responsabilidades dos IOE em cada instalação da organização.
- Jornada de Trabalho – deve ser descrita funções associadas a fontes de radiação com as respectivas áreas de trabalho, horário e período de trabalho.

A participação de SPR na composição de equipe de operadores de radiografia industrial é proibida.

#### **4.2.2 Medidores e Monitores de Radiação**

A instalação deve possuir monitores individuais de leitura indireta, como Dosímetros Termoluminescentes (TLD) ou dosímetros de filme radiográfico, medidores individuais e medidores de radiação portáteis que estejam em bom estado de conservação, devidamente calibrados e que tenham capacidade de medir no mínimo taxas de dose entre 1  $\mu\text{Sv/h}$  e 10  $\text{mSv/h}$ , em exposições de rotina e que sejam calibrados para taxa de exposição de raios-x e gama.

Os monitores e medidores de radiação devem ser devidamente identificados com dados do fabricante (tipo, fabricante, modelo, número de série), número do certificado e laboratório de calibração.



Figura 5 – Medidor de radiação do tipo Geiger Muller. (Thermo Eberline E600)



Figura 6 – Monitor de radiação portátil com alarme sonoro. (ECOTEST Terra-P MKS-05)

O número de monitores e medidores individuais e monitores de radiação a serem fornecidos pela instalação devem ser compatíveis com o seu inventário de fontes. Devem estar disponíveis pelo menos:

- I. 1 monitor permanentemente ligado, com alarme sonoro e visual, nas instalações de armazenamento tipo I e operação tipo II;
- II. Ao menos 1 medidor com capacidade de leitura taxas de dose entre 1  $\mu\text{Sv/h}$  e 10  $\text{mSv/h}$ , em todas as instalações de operação;
- III. Medidor individual de leitura indireta para todos os IOE;
- IV. Ao menos 1 medidor de radiação portátil com escala de 10  $\text{mSv/h}$  a 100  $\text{mSv/h}$ , no Estado da Federação onde estiver sendo realizada a operação de radiografia industrial, para casos de acidente, ou em número maior em situações de emergência
- V. Monitor individual de leitura direta com alarme sonoro (bip), com opcional de integrador de dose, para cada IOE.

#### **4.2.3 Irradiadores de Gamagrafia e Assessórios**

Os irradiadores de gamagrafia devem ser devidamente identificados, contendo informações como aplicação, fabricante, tipo, modelo, número de série, certificado de embalado e capacidade de blindagem. A capacidade de blindagem do irradiador deve ser proporcional à energia e atividade da fonte que será utilizada.

Além dos irradiadores, devem ser identificados os seus respectivos acessórios, como:

- Cabo de telecomando.
- Manivela de comando
- Porta fonte
- Engates do cabo de comando e do porta fonte
- Colimadores
- Painel de comando (para aparelhos de raios X)



Figura 7 – Irradiador Gammamat SE. (Capacidade – 4.44 TBq de Se-75)

#### 4.2.4 Kit de Emergência

O SR deve ter equipamentos disponíveis para serem utilizados em caso de situação de emergência visando diminuir a exposição dos envolvidos. O kit de emergência conter no mínimo equipamentos como:

- Containers de chumbo – embalagem do tipo B(U), usada para armazenamento temporário ou transporte de fonte.
- Recipiente com blindagem de chumbo – usada em situações de emergência para armazenamento provisório de fontes.
- Placas ou Calhas de Chumbo – blindagem que pode ser colocada sobre a fonte para diminuir níveis de dose em situações normais e/ou de emergência.
- Pinça de Resgate – dispositivo com 1 a 2 m de comprimento, com articulação na extremidade para resgate de porta-fontes em situações de emergência.
- Caixa de ferramentas – para transporte de alicate, chave de fenda, arco de serra com serra, funil e martelo, utilizados em situações de emergência e em pequenas manutenções.

#### **4.2.5 Outros Equipamentos**

O SR deve ter a disposição e em quantidades suficientes materiais e equipamentos que possam ajudar na segurança física e radiológica dos IOE.

- EPI – capacetes, botas, luvas, óculos, máscaras e etc.
- Cordas – para isolamento de áreas
- Placas de sinalização – para sinalizar pontos chave do isolamento de área
- Funil (emergência)
- Outros equipamentos utilizados.

#### **4.3 PROGRAMA DE CONTROLE DOS EQUIPAMENTOS DO SERVIÇO DE RADIOPROTEÇÃO**

O PPR deve prover de um programa de controle de equipamentos compreendendo a sinalização, inspeção, calibração, aferição, ajuste e manutenção dos instrumentos para a medição de radiações ionizantes e equipamentos destinados à proteção de trabalhadores. Os procedimentos e parâmetros de operação e manutenção devem estar em conformidade com os manuais dos fabricantes.

O SR deve estabelecer e executar um programa de inspeções dos seus equipamentos visando à verificação dos seguintes aspectos:

- Condições físicas, condições de funcionamento;
- Condições de instalação e segurança;
- Procedimentos de uso e de armazenamento.

Os equipamentos de proteção radiológica devem sofrer ações de manutenção preventiva periódica e as medidas corretivas de todos os seus equipamentos, sempre que necessário.

Os trabalhadores devem ser instruídos a comunicar ao SR, qualquer irregularidade com equipamentos de radioproteção.

### 4.3.1 Medidores e Monitores de Radiação

#### 4.3.1.1 Calibração dos Medidores e Monitores de Radiação

Todos os medidores e monitores de radiação deverão ser calibrados regularmente por um laboratório de metrologia acreditado pela CNEN, depois de feita a calibração, os medidores e monitores recebem um certificado de calibração que certifica o perfeito funcionamento do aparelho que tem validade determinada, devendo ser renovada toda vez que necessário.

Os monitores individuais de leitura direta com alarme sonoro, com opcional de integrador de dose e os medidores de radiação fixos devem ser calibrados a cada dois anos.

Deve ser sempre efetuada nova calibração de instrumentos de medição após a ocorrência de defeitos, consertos, reparos ou indicação de funcionamento irregular.

Para o caso de canetas dosimétricas, o prazo de calibração pode variar de acordo com a necessidade da instalação.



Figura 8 – Monitor de radiação portátil com selo de calibração.

#### **4.3.1.2 Aferição dos Medidores e Monitores de Radiação**

Além dos certificados de calibração, aferições e ações de manutenção preventiva devem ser realizadas periodicamente e seus registros também deverão ser arquivados.

Deverá ser descrito o procedimento e a periodicidade adotados nas aferições.

A aferição dos monitores e medidores é realizada com o intuito de verificar o bom funcionamento dos aparelhos de medição, deve ser realizada periodicamente de acordo com a necessidade da instalação. O teste de aferição é realizado através da utilização dos instrumentos de medição a uma determinada distância de uma fonte de aferição, que deverá ser um procedimento padrão. A aferição é realizada logo após recebimento do aparelho de medição de um laboratório de calibração ou em situações específicas rotineiras. O resultado da medição variação dos valores indicados nessa aferição não pode ultrapassar 20% de variação dos resultados dos laboratórios de calibração.

#### **4.3.2 Aparelho de Gamagrafia**

##### **4.3.2.1 Controle**

O irradiador de radiografia gama e seus acessórios devem possuir certificado de vistoria fornecido por instituição acreditada pela CNEN, dentro do prazo de validade.

A vistoria deve ser realizada num prazo máximo de 24 meses para irradiadores com fontes de Ir-192 e Se-75 e de 60 meses para irradiadores com fontes de Co-60.

O irradiador deve ter placa de identificação que deve ser verificada regularmente, a fim de assegurar a legibilidade dos números de modelo e de série, do nome da empresa proprietária, do símbolo internacional de presença de radiação, do radioisótopo utilizado, da capacidade máxima do irradiador em becquerel e dos dizeres: “RADIOATIVO”.

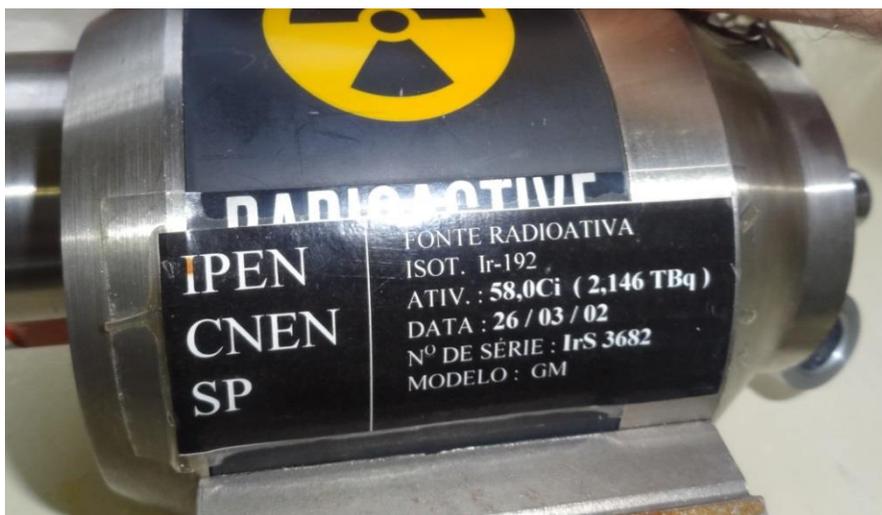


Figura 9 – Irradiador Gammamat TI-F com placa de identificação.

Os irradiadores de gamagrafia devem ser submetidos à vistoria sempre que forem recarregados com novas fontes, quando apresentar problemas operacionais ou quando ocorrer um incidente que implique em dúvida quanto à integridade irradiador.

Quando recarregado, o irradiador deve ser monitorado e nova fonte deve ser identificada por placa contendo informações como o símbolo do radionuclídeo, número de identificação da fonte selada, atividade da fonte, e data da atividade inicial da fonte.

A troca de fontes radioativas deve ser realizada em instalação reconhecida pela CNEN para esse fim.

#### 4.3.2.2 Inspeção

- I. Irradiadores – os seguintes itens dos irradiadores devem ser verificados:
- Identificação;
  - Tampas nas extremidades;
  - Alça para transporte;
  - Sistema de travamento;
  - Indicador da posição da fonte no irradiador;
  - Sistema de acoplamento com o controle remoto e tubo guia;
  - Estado geral de conservação do conjunto irradiador-controle remoto-tubo guia;
  - Estado de conservação do canal interno (teste de fuga);

- Engate do cabo de comando (gabarito de teste);
- Compatibilidade dos comprimentos do cabo de comando e tubo guia;
- Eficiência da blindagem.

II. Cabo Telecomando – os itens inspecionados são:

- Estado geral da mangueira externa;
- Alavanca de acionamento;
- Suporte ou tripé do cabo telecomando;
- Engrenagem de acionamento;
- Engate macho do cabo telecomando;
- Luva de acoplamento do cabo com irradiador; e
- Marcação com o número do irradiador.

III. Tubo Guia – os pontos críticos e que devem ser inspecionados são:

- Engate de acoplamento com irradiador;
- Estado da mangueira externa; e
- Estado do bico dianteiro do tubo guia.



Figura 10 – Inspeção do irradiador e cabos com a utilização de gabarito de teste.

#### **4.3.2.3 Teste de Fuga nos Irradiadores (Somente para Co-60)**

Deve ser prevista a elaboração de procedimentos para os ensaios de fuga para as fontes de Co-60, a serem realizados a cada 12 meses para fontes acima de 370 GBq (10 Ci) e a cada 24 meses para fontes abaixo dessa atividade, mantendo arquivados os respectivos registros.

O teste é realizado através de um esfregaço na superfície da fonte radioativa, este esfregaço será analisado em um laboratório de metrologia acreditado pela CNEN ou até mesmo na própria instalação. Os resultados da medição do esfregaço não deverão ultrapassar 2 vezes o valor do background local, não caracterizando assim uma fuga de material radioativo.

#### **4.3.2.4 Segurança dos Irradiadores**

Nas instalações de radiografia industrial, os aparelhos de gamagrafia devem ser guardados em local que satisfaça aos seguintes requisitos:

- I. Estar localizado em área supervisionada;
- II. Ser suficientemente blindado, de modo a garantir que os níveis de radiação em locais externos, normalmente acessíveis, estejam de acordo com os limites estabelecidos pela CNEN para os IP;
- III. Ser exclusivo e ter dimensões suficientes para a guarda de até 4 equipamentos de radiografia gama, evitando assim o empilhamento dos mesmos;
- IV. Possuir dispositivos de trancas contra roubos ou violação sob a guarda do Operador de Radiografia Industrial II;
- V. Ser construído com material resistente ao fogo;
- VI. Ser acessível apenas ao pessoal autorizado e ser visivelmente sinalizado com cartazes que contenham o símbolo internacional de radiação ionizante;
- VII. Possuir cartaz contendo o nome e endereço da sede da instalação de radiografia industrial, telefone dos supervisores de proteção radiológica e das autoridades competentes, e
- VIII. Possuir terreno e recuo suficientes para que os veículos entrem na propriedade da empresa para as operações de carga e descarga dos equipamentos de radiografia gama.

#### **4.4 PROGRAMA DE CONTROLE DAS FONTES E APARELHOS DE RAIOS X**

O PPR deve conter um programa controle de fontes de radiação que deve abranger ações de inspeções regulares das fontes de gamagrafia, fontes de aferição e aparelhos de raios X, atendendo às suas necessidades de manutenção preventiva e corretiva, conforme instruções do fabricante.

Qualquer fonte de radiação da instalação, inclusive rejeitos, deve estar devidamente identificada, sinalizada e registrada.

O SR deve registrar e manter atualizados registros com informações relativas às fontes de gamagrafia, fontes de aferição e equipamento de raios-x, como:

- Inspeções;
- Responsáveis pela segurança e pessoas autorizadas ao uso das fontes;
- Procedimentos relativos ao uso, sinalização e controle;
- Transporte e armazenamento; e
- Identificação dos instrumentos de medidas associadas ao controle da fonte.

##### **4.4.1 Inventário das Fontes Radioativas**

Deve ser mantido um registro atualizado do controle de inventário de fontes, contendo no mínimo as seguintes informações:

- Símbolo do radionuclídeo e sua atividade inicial;
- Número de série da fonte;
- Data de aquisição;
- Fornecedor;
- Autorização da CNEN
- Localização da fonte
- Quantidade de fontes de aferição
- Número de série do equipamento de radiografia gama; e
- Data e destino dado ao rejeito, quando a fonte deixar de ser utilizável;

A instalação deve prever a implementação de sistema semanal para registro e controle de inventário de fontes radioativas, devendo ser encaminhado à CNEN relatório mensal consolidado.

Qualquer irregularidade verificada no inventário de fontes deve ser informada, imediatamente, à CNEN.

Deverá também ser informado o destino a ser dado às fontes de radiação consideradas como rejeito, essas fontes devem ser armazenadas provisoriamente em local adequado e com blindagem adequado com os requisitos básicos de radioproteção da CNEN antes de serem enviadas ao seu local de destino.

#### **4.4.2 Inventário dos Aparelhos de Raios X**

Os equipamentos de raios-x devem passar por controle periódico e ter seus registros atualizados com as seguintes informações:

- Fabricante, modelo e número de série;
- Tensão (kV) e corrente (mA);
- Data da aquisição;
- Fornecedor;
- Autorização da CNEN; e

Os equipamentos de raios-x devem estar em conformidades com os seguintes requisitos:

- I. Conter documentação fornecida pelo fabricante – relativo às características técnicas, especificações de desempenho, instruções de operação, de manutenção e proteção radiológica;
- II. Conter certificação de blindagem do cabeçote – avaliação quanto à radiação de fuga, emitida pelo fabricante e testes periódicos de fuga, cujo procedimento deve ser descrito no PPR;
- III. Ser identificado – componentes como o gerador, tubo, cabeçote e sistema de colimação devem possuir, mediante etiqueta ou placa afixada em local visível, identificações como o fabricante, modelo, tipo e número de série;

- IV. Indicação de exposições – em instalações de operação dos tipos I e II, a emissão de raios-x, durante a exposição, deve ser indicada por um sinal sonoro e luminoso;
- V. Segurança – o equipamento de raios-x deve ser provido de um dispositivo de segurança que corte automaticamente a exposição quando acionado.

No caso dos equipamentos de raios-x, deve ser informado o destino de tubos ou ampolas, após serem retirados de operação ou do imobilizado da instalação.

#### **4.4.3 Segurança**

O SR deve adotar medidas de segurança nos procedimentos de uso, manuseio, acondicionamento, transporte e armazenamento de fontes de radiação, esses procedimentos devem ser estabelecidos por escrito pelo SPR e estar disponível para os demais integrantes do SR.

As instruções relativas ao procedimento de uso das fontes e situações de emergência devem ser fornecidas aos IOE ou afixadas em locais determinados na instalação.

O SR deve estabelecer e executar um programa de supervisão as fontes de radiação da instalação de forma adequada, através de realizações de inspeções e auditorias, visando à verificação de itens e aspectos importantes como:

- Presença em local correto – acondicionamento e armazenamento em local devidamente blindado e sinalizado;
- Estado físico – dano, estado da blindagem;
- Condições corretas de uso – manuseio e transporte.

Qualquer ocorrência de irregularidade constatada com fontes de radiação deve ser comunicado imediatamente a direção da instalação, caso a fonte seja danificada ou for considerada inapropriada para uso, deverá ser retirada do serviço e considerada como rejeito.

A aplicação de fonte de radiação é restrita somente à instalação e às finalidades para as quais foi autorizada pela CNEN.

## **4.5 PROGRAMA DE CONTROLE E SEGURANÇA DE ÁREAS**

Deve ser criado um programa de controle e segurança eficaz de acordo com as atividades das instalações. O programa deve considerar a probabilidade e a intensidade de potenciais situações de exposição planejadas e não planejadas e adotar procedimentos a fim controlar e minimizar essas exposições devendo aplicar às fontes e instalações um sistema de segurança e proteção do tipo barreiras múltiplas, incluindo margens de segurança suficientes de forma a garantir um desempenho seguro durante a existência da fonte, atendendo em especial à prevenção de acidentes e à mitigação de suas consequências.

O programa de controle e segurança deve conter informações sobre o sistema de proteção física, sistema de sinalização e sistema de isolamento, além de uma planta da instalação com os locais pertinentes a radioproteção, inclusive os de armazenamento de fontes radioativas.

### **4.5.1 Proteção Física**

O programa de proteção física deve ser elaborado provendo um conjunto recursos visando à defesa do patrimônio e da integridade física de pessoas, materiais, equipamentos, fontes radioativas e instalações. O programa deve conter medidas preventivas destinadas à segurança contra:

- Atos de sabotagem a materiais, equipamentos, fontes de radiação e instalações – identificação dos responsáveis pelo manuseio dos equipamentos e fontes;
- Remoção não autorizada de equipamentos e fontes de radiação – sistema de cadeados, trancas, portas e locais específicos de armazenamento;
- Acesso indevido de pessoas não autorizadas às áreas supervisionadas e controladas da instalação – prover de controle de acesso, permitindo somente pessoas autorizadas nos locais;
- Ocorrência de incêndios, explosões e outros eventos provocados pelo homem – locais projetados com materiais resistentes ao fogo e segregados de materiais explosivos; e
- Ação de eventos produzidos por fenômenos naturais – locais projetados com cobertura e estrutura resistentes à chuva, vento e quaisquer outros eventos típicos do local;



Figura 15 – Exemplo de poço blindado de armazenagem de fontes, com cadeados e sinalização.

#### 4.5.2 Programa de Monitoração de Área

O SR deve implementar um programa de monitoração de área de acordo com as suas atividades e registrar informações relativas às áreas da instalação de acordo com a classificação. As áreas de monitoração deverão levar em consideração os locais mais críticos nas áreas restritas com relação à exposição de radiação e acidentes possíveis.

Os pontos de referência para a realização de medições de campos de radiação deverão ser selecionados de modo que sejam:

- Acessíveis – acessíveis a instrumentos portáteis de medição ou à instalação e inspeção de instrumentos fixos.
- Representativos – para a detecção prévia de irregularidades ou acidentes e representativos com relação à permanência e trânsito de trabalhadores, para efeito de estimativa de doses e indicação de alarmes; e
- Pouco sujeito a modificações nas condições normais de trabalho.

O programa de monitoração de área deve prever, no mínimo, os seguintes itens de controle e verificação:

- I. Avaliação e classificação das áreas da instalação;
- II. Procedimento para o controle de acesso às áreas supervisionadas e controladas;
- III. Procedimento para sinalização das áreas supervisionadas e controladas;
- IV. Procedimento para monitoração de áreas; e
- V. Procedimento para o controle e segurança das atividades envolvendo as fontes de radiação.

Nenhuma modificação em equipamentos, estruturas, sistemas ou em operações em áreas restritas deve ser introduzida sem um planejamento prévio, aprovação do SR e o acompanhamento de uma monitoração de área adequada.

#### **4.5.2.1 Avaliação e Classificação das Áreas da Instalação**

As áreas da instalação devem ser descritas de acordo com função específica (área de realização de radiografias, armazenagem de fontes) e potencialidade de exposição à radiação ionizante. Para fins de gerenciamento da proteção radiológica, devem ser classificadas as áreas de trabalho com radiação ou material radioativo da instalação conforme os riscos radiológicos associados. As áreas podem ser classificadas como:

- Área Livre – Qualquer área que não seja classificada como área controlada ou área supervisionada ou aquela em que a exposição é inferior 0,5  $\mu\text{Sv}$  por hora;
- Área Supervisionada - Área para as quais as condições de exposição ocupacional são mantidas sob supervisão, mesmo que medidas de proteção e segurança específicas não sejam normalmente necessárias ou onde os limites de doses anuais são mantidos inferiores a 6 mSv por ano ou 0,003 mSv por hora; e
- Área Controlada Área sujeita as regras especiais de proteção e segurança com a finalidade de controlar as exposições normais, prevenir a disseminação de contaminação radioativa e prevenir ou limitar a amplitude das exposições potenciais ou onde os limites de dose anuais são iguais ou superiores a 6 mSv por ano ou 0,003 mSv por hora. A área controlada deve estar sinalizada com o símbolo internacional de

radiação ionizante, acompanhado de um texto descrevendo os tipos de fontes radioativas, equipamentos ou uso relacionado à radiação ionizante.

#### **4.5.2.2 Sinalização das Áreas Supervisionadas e Controladas**

As áreas controladas devem estar sinalizadas com o símbolo internacional de radiação ionizante, acompanhando um texto descrevendo o tipo de material, equipamento ou uso relacionado à radiação ionizante e as áreas supervisionadas devem ser indicadas como tal, em seus acessos.

As áreas restritas da instalação devem estar claramente sinalizadas, focalizando-se os seguintes aspectos:

- I. Presença de radiação com o símbolo internacional de radiação na entrada e saída das áreas restritas, e nos locais onde existem fontes de radiação;
- II. Identificação e classificação das áreas, perfeitamente visíveis na entrada e saída das mesmas;
- III. Identificação das fontes de radiação e dos rejeitos nas suas embalagens, recipientes ou blindagens;
- IV. Presença do valor de taxas de dose e datas de medição em pontos de referência significativos, próximos às fontes de radiação, nos locais de permanência e trânsito de trabalhadores;
- V. Identificação de vias de circulação, entrada e saída para condições normais de trabalho e para situações de emergência;
- VI. Localização de equipamentos de segurança e instrumentos de medição para radioproteção;
- VII. Presença de procedimentos a serem obedecidos em situações de acidentes ou de emergência; e
- VIII. Presença e identificação de sistemas de alarmes sonoros e visuais para situações de acidente ou de emergência, ou para condições de trabalho envolvendo altos níveis de exposição.

### **4.5.2.3 Procedimento Para Monitoração de Áreas**

Deve estar descrito no PPR os procedimentos do programa de monitoração de área, com descrição de equipamentos e a frequência das medidas realizadas.

O programa deverá ser contínuo para todas as áreas restritas da instalação, tanto para condições normais de trabalho como para situações de emergência. As áreas livres da instalação onde estejam depositadas, provisoriamente, fontes de radiação devidamente blindadas, devem ser adequadamente sujeitas à monitoração de área, de modo a confirmar a manutenção da condição de área livre.

Deverão ser arquivados os registros das monitorações de áreas com informações sobre os pontos analisados e as taxas de dose medidas.

O SR deve realizar periodicamente a avaliação e classificação de áreas, com relação aos seguintes aspectos:

- I. Segurança e confiabilidade das estruturas e equipamentos associados a fontes de radiação;
- II. Níveis de radiação externa;
- III. Acesso e movimentação de trabalhadores e de fontes de radiação, tanto para condições normais de trabalho como para situações de emergência; e
- IV. Localização de fontes de radiação e de rejeitos.

### **4.5.2.4 Controle de Acesso às Áreas Restritas**

As áreas restritas da instalação devem estar providas de meios adequados para o controle do seu acesso, que podem ser feitos através de cercas, portas ou outros tipos de barreiras físicas eficientemente adequadas. O acesso às áreas restritas somente deve ser permitido a pessoas devidamente autorizadas pela direção da instalação e sob controle do SR.

Áreas restritas fora de serviço ou em situações de emergência devem ser bloqueadas até que sejam tomadas as devidas medidas de segurança pela direção da instalação e pelo SR para a verificação das condições de exposição e/ou para o restabelecimento da normalidade.

#### 4.5.2.4.1 Controle de Visitantes

A instalação deve fornecer dosímetros integradores de dose – como canetas dosimétricas – aos visitantes, devendo somente ser autorizada a entrada dos visitantes em áreas supervisionadas e controladas com a utilização dos dosímetros fornecidos.

O SR tem total responsabilidade pela segurança radiológica dos visitantes e deve:

- Prover proteção radiológica adequada – tomar as medidas necessárias para assegurar a radioproteção em áreas controladas, informando e instruindo os visitantes de forma apropriada;
- Prover acompanhamento – assegurar que visitantes sejam acompanhados, em qualquer área controlada, por uma pessoa com conhecimentos sobre as medidas de proteção radiológica para aquela área;
- Impedir acesso de menores de 16 anos – assegurar que visitantes menores que 16 anos não tenham acesso às áreas controladas.

#### 4.5.3 Sistema de Isolamento

Em instalações de operação do tipo III e IV onde as operações de radiografia industrial acontecem em locais abertos, faz-se necessário o isolamento do local para garantir a segurança radiológica dos IOE e dos IP que possam estar envolvidos ou possam ser afetados pela operação. Pode ser necessária a adoção de um sistema de isolamento em instalações de armazenamento do tipo II, em situações de emergência ou em situações onde os níveis de radiação da instalação estejam acima dos níveis permitidos pela CNEN.

O sistema de isolamento de área deve levar em consideração a energia e a atividade do radioisótopo e deve ser determinado através da avaliação de parâmetros o fator de redução à exposição, a taxa e o tempo de exposição à radiação ionizante.

O isolamento é realizado respeitando a lei do inverso do quadrado da distancia, já que a taxa de exposição diminui com o aumento da distância da fonte. Deve ser realizado o isolamento com de um determinado local até onde os níveis de exposição não ultrapassem os 20 mSv/a para os IOE ou 1 mSv/a para os IP ou os seus limites derivados, como por exemplo 0,4 mSv/semana ou (0,02 mSv/semana) para os IP.



Figura 12 – Exemplo de isolamento de área.

#### **4.6 PROGRAMA DE TREINAMENTO E RECICLAGEM DOS IOE**

Todos os IOE devem ser submetidos a treinamento e reciclagem periódicos relativos à segurança e proteção radiológica que os capacite a conduzir seu trabalho de forma adequada. Este treinamento tem a finalidade de instruir os trabalhadores sobre os riscos associados à sua saúde em virtude do desempenho de suas funções, promover as boas práticas de proteção radiológica, além de manter a qualidade do serviço da instalação de forma que os riscos a eventuais exposições sejam minimizados e mantidos dentro do princípio de otimização.

O programa de treinamento deve ser elaborado, atualizado e aperfeiçoado sempre que necessário pelo SPR da instalação, contendo aulas práticas e teóricas com material didático apropriado e métodos de avaliação do aproveitamento dos IOE.

O SPR é o responsável pela execução do programa de treinamento e pela contínua avaliação de sua eficácia com relação às condições radiológicas da instalação e grau de aprendizagem dos trabalhadores. Ele deve providenciar o retreinamento ou a atualização dos conhecimentos dos trabalhadores periodicamente ou sempre que necessário.

O programa deve ser composto minimamente de:

- Treinamento operacional e de reciclagem – aulas práticas e teóricas como o detalhamento dos seus regimes (carga horária, periodicidade);
- Materiais didáticos – livros, apostilas, ferramentas para as aulas teóricas e práticas;
- Critérios de avaliação – provas e exames; e
- Registro de documentos – arquivamento dos exames e provas dos alunos.

A carga horária para o treinamento operacional será de no mínimo 80 horas, salvo no caso dos demais IOE (no caso de estagiários ou operadores ainda em processo de registro), que deverão cumprir uma carga horária mínima de 16 horas.

O treinamento de reciclagem deve ter uma periodicidade mínima anual, com uma carga horária mínima de 8 horas.

Qualquer modificação a ser introduzida no programa de treinamento dos trabalhadores, conforme descrito no plano de radioproteção, deve ser comunicada à CNEN, juntamente com a apresentação das causas que motivaram a introdução da referida modificação.

#### **4.7 PROGRAMA DE MONITORAÇÃO INDIVIDUAL**

A fim de avaliar e garantir o cumprimento do princípio de limitação de dose especificado pela CNEN, o SR deve implementar um programa de monitoração individual de acordo com as instalações e o número de. O programa de monitoração individual deve manter monitoração permanente de cada trabalhador de áreas controladas com dosímetros individuais, de uso obrigatório por qualquer pessoa durante a sua permanência em áreas controladas e deve ter frequência mensal, devendo também ter disponíveis dosímetros de leitura direta para ser utilizado em situações de possível exposição emergencial ou pelos visitantes da instalação. Os dosímetros individuais de leitura indireta devem ser fornecidos por uma instituição certificada pela CNEN e ser compatíveis com as condições de exposição (calibrados para fótons na geometria de tórax).



Figura 13 – Dosímetro integrador de dose de leitura direta.

O SR deve manter controle sobre o local, preferencialmente em área livre, mantendo um dosímetro de referência e outros que não estejam em uso.

A monitoração individual deve atender aos seguintes requisitos:

- I. Monitoração em áreas controladas – monitoração permanente dos IOE em áreas controladas com dosímetros individuais, de uso obrigatório por qualquer pessoa durante a sua permanência em áreas controladas;
- II. Uso e avaliação – o período de uso e procedimentos de avaliação dos dosímetros individuais devem ser compatíveis com as condições de exposição, como a jornada de trabalho e potenciais exposições;
- III. Situações de emergência – após a suspeita ou ocorrência de exposições de emergência ou acidentes, deverão ser tomadas providências para imediata avaliação dos dosímetros individuais dos trabalhadores envolvidos;
- IV. Controle dos dosímetros – estabelecimento de um programa de controle da qualidade dos dosímetros individuais com a realização de inspeções, aferições e ajustes; e
- V. Calibração – providências para a calibração e, quando necessário, para a avaliação dos dosímetros individuais em instituições autorizadas pela CNEN.

Qualquer aumento no período de monitoração deve ser justificado e autorizado pela CNEN.

As doses mensais recebidas pelos IOE devem ser registradas e arquivadas em fichas individuais, contendo os respectivos dados pessoais, as datas de admissão na instituição e as doses acumuladas, incluindo as anteriores às admissões, devendo ser mantidos resumo dessas informações nas instalações em operação.

Os IOE que operam exclusivamente aparelho emissor de raios-x instalado em cabine blindada fixa estão dispensados do uso de medidores individuais de leitura direta.

#### **4.7.1 Avaliação de Doses**

O SR deverá avaliar as doses recebidas pelos IOE, certificando que os mesmo não ultrapassarão os valores anuais de dose estabelecidos pela CNEN. Para isto, o SR deverá somar a dose mensal recebida pelo IOE durante o tempo de operação, os valores não poderão passar os limites de doses estabelecidos pela CNEN, caso contrário, o IOE deverá ser afastado de trabalhos envolvendo radiação ionizante.

O SR deverá solicitar o histórico de dose dos IOE contratados que trabalharam em outras empresas com a utilização de radiação ionizante para fins de avaliação de dose.

O SR deve estar capacitado para:

- Estimar as doses individuais a serem recebidas em exposições de rotina;
- Avaliar com a máxima presteza as doses decorrentes de exposições acidentais e de emergência;
- Minimizar as doses individuais e doses coletivas (princípio da otimização).

Devem ser descritos os métodos de cálculo para avaliação de doses decorrentes das operações de radiografia industrial em situações de exposição de rotina, emergência e acidente para posterior comparação com os dados fornecidos pela monitoração individual.

O SR deve estabelecer um nível de registro e investigação em caso de registro ou estimativa de dose dos IOE, como exigido pela CNEN e especificado no Quadro 3.

Níveis de Registro e Investigação				
Grandeza	Órgão	Registro	Notificação	
-	-	Mês	Mês	Ano
Dose efetiva	Corpo inteiro	0,2 mSv	1 mSv	6 mSv
Dose equivalente	Pele, mãos e pés.	-	50 mSv	150 mSv
	Cristalino	-	6 mSv	50 mSv

Quadro 3 – Níveis de registro e investigação.

Caso o IOE atinja os níveis de investigação, devem ser apurados os motivos da exposição e devem ser tomadas medidas para otimizar o serviço e evitar novas incidentes. Os registros da investigação e da otimização deverão ser arquivados.

#### 4.8 PROGRAMA PARA TRANSPORTE DE MATERIAL RADIOATIVO

Para o transporte adequado das fontes radioativas da instalação, deverá ser elaborado um programa que esteja em conformidade com a Resolução CNEN NE 5.01 e também com outras regulamentações específicas para transporte aéreo, terrestre e hidroviário em vigência no país.

Na elaboração dos procedimentos de transporte de fontes radiativas, devem ser descritos informações relativas a:

- I. Veículo de transporte – qual tipo de veículo;
- II. Segurança e sinalização – os veículos devem conter dispositivos fixadores que imobilizem o embalado ao veículo e sinalização através de placas de aviso, na face externa de cada uma das duas paredes laterais e da parede traseira da carroceria;
- III. Instruções aos IOE – devem ser descritas informações aos IOE de como proceder no transporte em condições normais, de pernoite e de acidentes de trânsito com veículos;
- IV. Monitoração – descrição do sistema de monitoração do veículo e do embalado (levantamento radiométrico); e

- V. Equipe de transporte – descrição da equipe, onde pelo menos um dos integrantes deve possuir habilitação específica para transporte de produtos perigosos (Classe 7 da ONU), conforme a legislação vigente de Movimentação Operacional de Produtos Perigosos (MOPP).



Figura 14 – Modelo de placa de aviso para transportes rodoviários.

Qualquer transporte de fontes de radiação só poderá ser realizada com autorização do SPR.

#### 4.8.1 Rotulação e Índice de Transporte

A CNEN autoriza o transporte doméstico de material radioativo, dispensando a requisição de certificado de aprovação de transporte, mediante a inclusão de disposições específicas com relação às condições de transporte no PPR da instalação.

As fontes radiativas devem ser transportadas em uma blindagem especial, como o próprio irradiador de gamagrafia, que é uma embalagem do tipo B(U) (conforme descrito em CNEN NE 5.01), que devem ser devidamente rotuladas de acordo com o seu Índice de Transporte (IT).



Imagem 15 – Rótulos utilizados nos transportes de material radioativo em radiografia industrial.

#### 4.8.2 Requisitos de Transporte

Os embalados poderão ser transportados desde que o NRM (Nível de Radiação Máximo) em qualquer ponto da superfície externa de um embalado não exceda a 2 mSv/h, exceto em caso de transporte exclusivo por ferrovia ou rodovia, porém nunca excedendo 10 mSv/h em qualquer ponto da superfície externa de qualquer embalado e/ou 2 mSv/h em qualquer ponto das superfícies externas do veículo.

O expedidor deve incluir para cada expedição as seguintes documentações:

- Ficha de monitoração efetuada na carga e no veículo;
- Declaração do expedidor; e
- Envelope de emergência – ficha informativa com instruções a serem seguidas no caso de acidente com o embalado, em local visível.

Os documentos de transporte, deve ser preparado em 3 vias de igual teor, sendo assim distribuídas:

1ª via - Para o próprio expedidor – que deverá arquivar os registros de movimentação de fontes;

2ª via - Para posse do transportador (quando aplicável);

3ª via - Para ser encaminhada ao destinatário, juntamente com a expedição.

O transporte de rejeitos deve ser considerado como transporte de fontes radioativas.

#### **4.9 PROGRAMA DE EMERGÊNCIA**

Situações de Emergência (SE) normalmente encontradas em Radiografia Industrial são aquelas em que há necessidade do recolhimento de fontes radiativas que por uma anormalidade qualquer não puderam ser recolhidas pela operação normal de um irradiador, essas situações são normalmente causadas por erro humano ou falha nos equipamentos. Além destas emergências originadas por um acidente mecânico, podem ocorrer também, embora mais raramente, SE de incêndio, colisão ou queda do irradiador, furto ou extravio do irradiador, inundação ou contaminação.

Devido à potencialidade de ocorrer uma SE e dos danos associados à exposição nessas situações, cuidados relativos à prevenção e ação em acidentes devem ser planejados e executados. Esses procedimentos constituirão o Programa de Emergência, devendo ser descrito no PPR.

O programa de emergência deve ser elaborado com o objetivo de prevenir e dar pronto atendimento a casos de acidente e SE assegurando que serão tomadas medidas apropriadas para garantir a segurança dos IOE e dos IP e prevenir danos à propriedade, devendo incluir no mínimo informações como:

- Estrutura organizacional – para o gerenciamento adequado de acidentes ou situações de emergência, definindo autoridades, responsabilidades e tarefas específicas, bem como os meios de notificações às pessoas e organizações envolvidas;
- Procedimentos de SE – a serem adotados durante e após um acidente ou situação de emergência, bem como aqueles destinados a atender falhas operacionais de acordo com cada tipo de fonte;
- Treinamento em SE – sistemática de treinamento simulado do programa de emergência; e
- Materiais e equipamentos de emergência – a serem especificados no plano de proteção radiológica, devendo incluir, no mínimo: recipientes de emergência, medidores

individuais de leitura direta, pinças, garras, cordas, placas de sinalização e blindagens, além do medidor de radiação de área portátil com escala de 10 mSv/h a 100 mSv/h.

Qualquer acidente ou situação de emergência deve ser registrado no mesmo dia da ocorrência, devendo todas as comunicações e relatórios ser arquivados, juntamente com os resultados das investigações realizadas.

#### **4.9.1 Comunicação e Notificação em Situações de Emergência**

No caso de uma SE, deverá ser imediatamente acionado um sistema de comunicação entre os envolvidos. A instalação deve ter disponível nome, endereço e números de telefones dos SPR, de forma que estes possam ser facilmente localizados e contatados, devendo estar afixadas em locais visíveis, tais como, casamata, laboratório de processamento e interpretação de filmes radiográficos, escritórios, pasta de documentos da equipe, etc.

O SR deverá comunicar imediatamente à CNEN qualquer acidente ou SE, a comunicação deverá ser imediata com envio de relatório no prazo máximo de 24 horas em casos de:

- Perda ou roubo de material radioativo;
- Dose equivalente efetiva, superior a 0,25 Sv;
- Dose equivalente na pele, superior a 2,50 Sv;
- Dose equivalente nas mãos, antebraços e tornozelos, superior a 2,50 Sv; e
- Qualquer evento ou exposição que possa dar origem a problemas sociais significativos.

#### **4.9.2 Atendimento Médicos dos IOE**

Qualquer exposição desconhecida originada de uma SE deverá ser estimada por cálculos e em suspeitas de exposições maiores que os limites permitidos deverá avaliada por uma leitura de emergência do dosímetro pessoal de cada um dos IOE envolvidos. A avaliação da necessidade de encaminhamento ao atendimento médico será feita pelos SPR da instalação.

O IOE que receber dose superior a 100 mSv em uma única exposição deverá ser submetido a controle médico especial, realizando hemograma até 24 horas após a exposição.

### 4.9.3 Categorização dos Tipos de Situações de Emergência

O PPR deve prever o acontecimento de SE que possam por em risco a saúde dos indivíduos envolvidos e descrever os procedimentos de proteção radiológica a serem adotados em tais situações.

As SE em radiografia industrial se caracterizam como:

#### I. Incêndio

Durante o incêndio, os operadores deverão utilizar extintores de incêndio adequado mais próximo, ou chamar o Corpo de Bombeiros.

Após o incêndio deverá ser avaliado se houve dano à blindagem (derretimento do aço e/ou urânio) ou à fonte radiativa. Isto poderá ser feito por inspeção visual e monitoração ou em caso de dúvida, conhecendo-se as temperaturas atingidas pelas chamas em função das temperaturas de fusão do aço (1400° C) e do Urânio (1850° C). Caso tenha havido dano à fonte, deverá ser respeitado o procedimento específico de emergência elaborado pelo SPR.

#### II. Inundação

Em caso de inundação do local de armazenamento do irradiador, não há possibilidade de dano à fonte pela ação da água. Após a retirada do equipamento, este deverá ser enviado à manutenção para verificação do seu funcionamento.

#### III. Colisão/Queda

Em casos de colisão ou queda provocados durante o trabalho ou transporte do irradiador, os operadores deverão avaliar as condições do equipamento (inspeções visuais e radiométricas). Caso a blindagem tenha sido afetada, deverão ser tomadas medidas para redução das exposições, como a colocação de placas de chumbo, isolamento de área. Em caso de risco ao público ou meio ambiente ou feridos no acidente, o SPR e as autoridades competentes deverão ser comunicados para tomar as medidas necessárias, como resgate de fonte e/ou atendimento á feridos.

#### IV. Furto, Roubo ou Extravio

Em caso de assalto ou furto, o SR deverá comunicar imediatamente a CNEN e a polícia.

Em caso de extravio na área da instalação, os operadores deverão procurar o irradiador ou a fonte, com auxílio de instrumentação adequada como contadores Geiger Muller ou cintilômetros, que são medidores de radiação de alta sensibilidade, durante 1 hora. Caso não seja encontrado, os operadores deverão avisar ao SPR, que comunicará a CNEN e a polícia.

#### V. Contaminação

As fontes radiativas usadas pelos serviços de radiografia são acondicionadas em uma cápsula de aço com aspecto e dimensões semelhantes a um comprimido, que é fechada mediante processo especial de soldagem, as tornando resistentes e seguras. Embora remotas sejam as possibilidades de ocorrência, podem acontecer acidentes em que a cápsula se solte do porta fonte e seja rompida. A maioria das fontes utilizadas são discos metálicos de Ir-192, Co-60 e Se-75, que mantêm a sua integridade e não se dispersam.

Em caso de rompimento da cápsula que contém a fonte radioativa, O SR deverá tomar as medidas cabíveis para a minimização das exposições e comunicar imediatamente a CNEN.

#### VI. Sobre-exposições

Situações de sobre-exposições ocorrem quando o IOE, que normalmente por erro no procedimento e/ou em decorrência de um acidente mecânico recebe certa dose de radiação.

Os casos mais frequentes são:

- Entrada inadvertida de um IP ou trabalhador dentro da área de isolamento;
- Falta de comunicação entre IOE (um deles troca o filme com a fonte exposta);
- Monitoração incompleta ou incorreta do irradiador (fonte não recolhida totalmente);
- Operador que expõe a fonte radioativa por engano;

Nestes casos, as doses recebidas deverão ser avaliadas e medidas de caráter preventivo e corretivo deverão ser tomadas. Pode ser necessária, em casos de exposição acima dos valores de investigação estabelecidos pela CNEN, apuração das causas da sobre-exposição,

notificação imediata a CNEN e tratamento médico ao IOE ou IP exposto, além de adoção de demais medidas específicas de radioproteção.

## VII. Acidente Mecânico

SE que envolvem acidentes mecânicos ocorrem no campo durante a operação do aparelho de gamagrafia, quando o retorno da fonte à posição blindada e de segurança é de alguma forma impedido. Os acidentes mais comuns estão relacionados com a quebra do porta-fonte ou dos cabos do aparelho, falha na conexão do porta-fonte, problemas na caixa de comando, desengate ou esmagamento do tubo-guia e bloqueio da fonte no interior do irradiador.

As ações corretivas em casos de acidente mecânico resultam num “resgate” da fonte radioativa. No resgate da fonte, vários procedimentos de radioproteção devem ser tomados, o resgate da fonte deve ser realizado de acordo com os seguintes passos:

- Localização e blindagem da fonte – diminuir a exposição com blindagem extra quando possível e em função dos níveis de radiação avaliar o raio de isolamento;
- Planejamento e simulação do resgate – estimar as doses e distribuir cada etapa do resgate, levando em conta o histórico de doses de cada IOE;
- Realização do resgate – executar o resgate planejado, monitorar a área e retirar o isolamento; e
- Execução de medidas complementares – avaliação de doses, notificações e tomada de medidas corretivas e preventivas.

#### **4.10 PROGRAMA DE GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS**

Pelo fato da radiografia industrial utilizar radiação ionizante por meio de equipamentos geradores de raios X ou por fontes radioativas encapsuladas, que devido aos seus aspectos físicos, bem como as suas meias-vida, faz com que a necessidade de troca do material radioativo seja relativamente baixa, a quantidade de rejeito radioativo gerado em instalações de radiografia industrial torna-se muito pequena.

Os rejeitos gerados são geralmente fontes radioativas em desuso, seja por dano físico ou pelo processo de decaimento radioativo.

A instalação deve devolver as fontes em desuso (rejeitos) para o depósito temporário do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), em São Paulo, onde os rejeitos receberão tratamento adequado pela CNEN.

### **5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

#### **5.1 CONCLUSÕES**

- 1 – Conclui-se que a adoção de procedimentos de radioproteção é indispensável para o funcionamento seguro no serviço de radiografia industrial.
- 2 – O PPR deve elaborado conforme as necessidades da instalação devendo possuir elementos necessários para garantir o cumprimento das diretrizes de proteção radiológica da CNEN, devendo sempre ser aplicado corretamente e seguido com responsabilidade por todos os profissionais da instalação.
- 3 – O PPR que deve ser atualizado, sempre que necessário, para a manutenção dos níveis adequados de segurança do serviço de radiografia industrial.

#### **5.2 RECOMENDAÇÕES**

- 1 – Recomenda-se a utilização deste guia para a elaboração adequada dos planos de proteção radiológica pelos supervisores de proteção radiológica em radiografia industrial, o presente trabalho facilita o alcance dos requisitos básicos que devem ser descritos no PPR.

2 – O PPR deve ser elaborado com a utilização das normas CNEN, ao contrário da simples cópia de PPR previamente prontos utilizados por outras instalações, como é constatado em diversas ocasiões de licenciamento de instalações de radiografia industrial pela CNEN.

3 – A atualização e reciclagem dos SPR devem ser contínuas, participando de congressos, simpósios, e cursos da CNEN.

## REFERÊNCIAS

AQUINO, J.O. **Procedimentos de Proteção Radiológica em Aplicações Industriais da Radiografia Industrial Computadorizada**. 2009. 69f. Tese (Doutorado em Engenharia Nuclear) – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 2009.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN-NE-3.02 – **Serviços de Radioproteção**. CNEN, 1988.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN-NE-5.01 – **Transporte de Materiais Radioativos**. CNEN, 1988.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN-NE-6.05 – **Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas**. CNEN, 1985.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN-NN-3.01 – **Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica**. CNEN, 2011.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN-NN-6.04 – **Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica Para Serviços de Radiografia Industrial**. CNEN, 2013.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN-NN-7.02 – **Registro de Operadores de Radiografia Industrial**. CNEN, 2013.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. RESOLUÇÃO CNEN N°112 – **Licenciamento de Instalações Radiativas**. CNEN, 2011.

LEOCADIO, J.C. **Estimativa do Risco de Exposição Potencial em Instalações Industriais**. 2007. 69f. Tese (Doutorado em Engenharia Nuclear) – COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro - RJ, 2007.

SAR/IRD. **Sistema de Avaliação Radiológica (Ver 2.2)**, Rio de Janeiro, 2013.  
Disponível em:<<http://www.ird.gov.br/ear/>>. Acesso em: 01. Ago. 2013.