

Luiz Cavalcante Ferreira

**FUNDAMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE NORMA NACIONAL DE
PROTEÇÃO RADIOLÓGICA PARA MEDIDORES NUCLEARES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado para obtenção da certificação de Especialista pelo Programa de Pós-Graduação em Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas do Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Orientador: Prof. M.Sc. Everton Rodrigues da Silva.

Rio de Janeiro – Brasil

Instituto de Radioproteção e Dosimetria – Comissão Nacional de Energia Nuclear

Coordenação de Pós-Graduação

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

T 539.77
F383f

Ferreira, Luiz Cavalcante

Fundamentos para implantação de norma nacional de proteção radiológica para medidores nucleares / Luiz Cavalcante Ferreira. Rio de Janeiro: IRD/IAEA, 2016.

X, 60 f.: il.; tab.; 29 cm.

Orientador: Prof. M.Sc. Everton Rodrigues da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização (Lato Sensu) em Proteção Radiológica e Segurança de Fontes Radioativas) – Instituto de Radioproteção e Dosimetria. 2016.

Referências bibliográficas: f. 42-44

1. Proteção radiológica 2. Instalação com medidores nucleares 3. Monitoramento 4. Medidores nucleares 5. Radiação ionizante. I. Título.

Luiz Cavalcante Ferreira

**FUNDAMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE NORMA NACIONAL DE
PROTEÇÃO RADIOLÓGICA PARA MEDIDORES NUCLEARES**

Rio de Janeiro, 24 de Agosto de 2016.

Prof. M.Sc. Everton Rodrigues da Silva – IRD/CNEN

Prof. Dr. Francisco César Augusto da Silva – IRD/CNEN

Prof. Dr. João Carlos Leocadio – IRD/CNEN

O presente trabalho foi desenvolvido no Instituto de Radioproteção e Dosimetria da Comissão Nacional de Energia Nuclear, sob orientação do Prof. M.Sc. Everton Rodrigues da Silva.

AGRADECIMENTOS

À minha filha Ana Luiza Cavalcante em primeiro lugar, por que filho é para sempre e o amor de um pai pelo filho é eterno. Disseram-me que iria amar minha filha, não posso dizer que não fui avisado, agora é grande o amor, como o pensamento.

À minha amiga, namorada, companheira, parceira, confidente, mão amiga de todas as horas Denise Pimenta, que me ajuda em todas as horas e sempre está presente nos bons, nos maus, nos engraçados e nos tristes momentos, não teria nem começado o curso se não fosse por seu apoio.

Ao meu vizinho e amigo, Edimar Carvalho Machado talvez ele não saiba, mas chegar há estar no fim deste curso foi graças à ajuda dele, sem ela não teria conseguido concluir nem metade do curso, foram varias idas e vindas ao IRD, obrigado pelas caronas diárias.

Ao meu orientador Professor Mestre Everton Rodrigues da Silva pelo estímulo, incentivo e confiança, e por me mostrar o caminho a seguir no meio das dificuldades.

A todos os professores, pesquisadores e funcionários do Instituto de Radioproteção e Dosimetria, do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu, foram grandes as contribuições de vocês para o meu aprendizado, foram tantas informações novas que tive contato que não da para mensurar.

Aos meus colegas, parceiros, amigos de turma, Adelaide, Camila, Edimar (mais uma vez), Edson, Fernando Duarte, Fernando Fama, Mario, Marlon e Wiclif, obrigado pelas risadas, pelos cafés, pelos biscoitos ou bolachas, pela ajuda e pela amizade, até aqui vocês foram importantes para tudo que aprendi, e me desculpem se perturbei uns mais que outros, mas ser feliz é fundamental.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo fornecer fundamentações para criação de uma norma nacional de prática, segurança e responsabilidade no uso de medidores nucleares em conformidade com as recomendações já existentes nacionais e internacionais. O trabalho aborda a proteção contra as radiações ionizantes, um esboço de uma proposta de uma norma, que discrimina nos seus artigos e parágrafos, os princípios básicos de proteção e segurança, e alguns pontos que também são pertinentes tais como, a responsabilidades dos envolvidos na aquisição e operação do medidor nuclear, o armazenamento, manutenção, testes e situações de emergência. O resultado é atender o que é recomendado pela CNEN, limitar a dose dos operadores e pessoas do público e manter estes limites já estabelecidos, reduzindo a exposição a radiações ionizantes, e tendo o maior controle na operação do equipamento.

Palavras chaves: radiação ionizante, monitoramento, medidores nucleares, instalação com medidores nucleares.

ABSTRACT

The present work It aims to provide fundamentals for the creation of a national standard of practice, safety and responsible use of nuclear gauges in accordance with the recommendations already existing national and international. The work deals with the protection against ionizing radiation, an outline of a proposal for a standard that discriminates in its articles and paragraphs, the basic principles of a proposal for a standard that discriminates in its articles and paragraphs, the basic principles of safety and security, and some pointes that are also relevant such as the responsibilities of those involved in acquisition and nuclear gauge operation, storage, maintenance, testing and emergency situations. The result is to provide a means to limit the dose of operators and people from the public and maintain these limits within the recommended by CNEN, reducing exposure do ionizing radiation, and having greater control in operating the equipment.

Keywords: ionizing radiation, monitoring, nuclear gauges, installation with nuclear gauges.

Ilustrações:

Figura 1	Canadian Nuclear Safety Commission, 2007; Norwegian Radiation Protection Authority, 2016	Pag. 15
Figura 2	Canadian Nuclear Safety Commission, 2007	Pag. 18
Figura 3	Canadian Nuclear Safety Commission, 2007	Pag. 18
Figura 4	Canadian Nuclear Safety Commission, 2007	Pag. 19
Figura 5	Canadian Nuclear Safety Commission, 2007	Pag. 20
Figura 6	American Portable Nuclear Gauge Association, 2016	Pag. 21

Abreviaturas e siglas

CNEN	COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR.
AIEA	Agencia Internacional de Energia Atômica.
IAEA	International Atomic Energy Agency.
MBq	Mega Béqueres.
GBq	Giga Béqueres.
U.S.	United States.
ALARA	As Low As Reasonably Achievable.
IOE	Individuo Ocupacionalmente exposto.
PPR	Plano de Proteção Radiológica.
SPR	Supervisor de Proteção Radiológica.
D.O.U.	Diário Oficial da União.
RPAS	Relatório Preliminar de Análise de Segurança.
kV	Quilo volt.
mA	Miliampère

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
1.1. Objetivo.....	13
1.2 Objetivos específicos.....	13
3. FUNDAMENTOS EM MEDIDORES NUCLEARES	15
3.1 Princípios gerais.....	15
3.2 Tipos de Medidores Nucleares.....	16
3.2.1 Medidores por transmissão	16
3.2.2 Medidores por retrodispersão (retrotransmissão)	16
3.2.3 Medidores reativos	17
3.3. Aplicações de Medidores Nucleares.....	17
3.3.1 Medidores fixos	17
3.3.2. Medidores portáteis	18
3.4 Requisitos básicos de proteção radiológica a serem seguidas em instalações que utilizam medidores nucleares.....	20
3.5 Aspectos normativos internacionais relacionados a medidores nucleares.....	22
3.6 Aspectos normativos nacionais para embasamento de norma específica para medidores nucleares.....	23
4. BASES PARA A DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA A SEREM CONTEMPLADOS EM NORMA NACIONAL.	26
4.1. Deveres e responsabilidades do Titular da instalação (medidores fixos) ou serviço (medidores portáteis).....	26
4.2. Deveres e responsabilidades do SPR.....	26
4.3. Deveres e responsabilidades dos operadores (no caso dos medidores portáteis).....	27
4.4. Procedimentos para treinamentos e atualizações de segurança e emergência:.....	27
4.5. Monitoramento individual.....	28
4.6. Desenvolvimento de procedimentos para calibração, manutenção.....	28
4.7. Armazenamento e proteção física dos medidores portáteis.....	29
4.8. Desenvolvimento de procedimentos operacionais.....	30
4.9. Desenvolvimento de procedimentos de emergência.....	30
4.9.1. Procedimento pós-emergência	30
4.10. Procedimento de transporte de medidores portáteis atendendo resolução específica.....	31
5. METODOLOGIA	33
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
7. CONCLUSÕES	42
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICE	45
ANEXOS	60
Tabela 1.....	60
Tabela 2.....	61

1. INTRODUÇÃO.

Atualmente, é amplamente difundido o uso de medidores nucleares no controle de processos industriais, principalmente pelo benefício de realizar medidas não destrutivas durante o processo de produção (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007). Especificamente, esses medidores podem contribuir no controle de qualidade, otimização de processos, na economia de energia e de gastos com pessoal em varias etapas do processo de fabricação, apresentando uma ótima relação custo benefício (International Atomic Energy Agency,1996). Os medidores nucleares podem ser móveis ou fixos a depender da aplicação e dos riscos associados à utilização da fonte de radiação ionizante (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007). Os medidores portáteis são aplicados principalmente em empresas de geotécnica, construção, pavimentação, mineradoras, entre outras. Já os fixos normalmente são utilizados em indústria de bebidas, de tecidos, papel, borracha, cimentos, entre outras em que não há a necessidade de locomover o medidor e sim os produtos, que geralmente são medidos e descartados de forma automática (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2000).

Basicamente, o medidor nuclear é composto por mecanismo emissor de radiação ionizante e outro responsável pela detecção da mesma. A interação entre a radiação e o material medido deve produzir algum tipo de sinal no detector de radiação que pode ser associado a uma característica do produto, desejável ou não. Por exemplo, no processo de envase de garrafas em uma indústria de bebidas, pode-se controlar o nível de líquido nesta garrafa utilizando um medidor nuclear que emite e detecta um feixe de radiação que é atenuado mais ou menos a depender da presença do líquido no nível desejado pelo fabricante (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007).

Apesar dos claros benefícios da utilização dos medidores nucleares, os riscos associados à radiação ionizante são inerentes à prática, devendo-se aplicar todos os princípios e requisitos de proteção radiológica para segurança dos trabalhadores, do público e do meio ambiente. Assim, essa prática deve estar justificada, os cuidados de radioproteção otimizados e deve ser garantido que os indivíduos deverão receber doses inferiores aos limites legais definidos no país. Outrossim, requisitos técnicos, administrativos e operacionais devem ser definidos de forma que a segurança

radiológica seja padronizada e fundamentada em recomendações bem estabelecidas internacionalmente.

No mundo tem países onde o uso de medidores nucleares é mais difundido, normas de uso e segurança são amplamente divulgados e atendidos, a tecnologia acompanha diretamente a segurança do público e cuidado com o meio ambiente. Para garantir os preceitos da Agência Internacional de Energia Atômica – AIEA, deve-se garantir a segurança no uso das fontes radioativas, prevenir acidentes e incidentes, minimizar as exposições ocupacionais e do público as radiações. Existem países onde uma norma para os medidores nucleares já é usada há algum tempo, países onde a indústria tem mais atividade, onde a segurança e os direitos trabalhistas são levados mais a sério, o Brasil que é o maior país da América do Sul tem que ser o norte na região e apresentar-se sempre a frente no quesito segurança e respeito pela vida.

Todas as etapas têm cuidados e seguir normas, legislações e regras de segurança, isso tudo para garantir a saúde do trabalhador e do público, evitar acidentes e incidentes, preservar o meio ambiente e fazer o bom uso da fonte, o risco sempre vai existir, então ter procedimentos e legislação que ajudem a garantir os pontos citados é importante.

No Brasil existem 481 empresas e indústrias que fazem uso dos medidores nucleares, sendo que 461 utilizam os medidores nucleares fixos (controle de processos), e 20 fazem o uso de medidores nucleares móveis (sistemas portáteis) (CNEN, 2016). Porém, apesar dessas atividades serem controladas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), ainda não existe uma norma nacional específica para a área de medidores nucleares. A utilização desse tipo de equipamento apresenta especificidades operacionais e riscos radiológicos inerentes à prática que justificam a publicação dessa norma específica.

Atualmente, para controle e fiscalização são utilizadas como referência normas de outras atividades, geralmente industriais, que são as de radiográfica industrial, licenciamento de instalações radioativas, que apesar de apoiar a definição de requisitos e as decisões, não tratam das questões típicas associadas a uma instalação que usa medidor nuclear. Isso pode acarretar em excesso ou insuficiência de cuidados de radioproteção a depender da medida adotada, o que infringe o

princípio da otimização em proteção radiológica. Além disso, a instalação radioativa fica sem referência para constituir o seu serviço de radioproteção, especialmente para elaborar e aplicar o plano de radioproteção que contemple os aspectos operacionais da prática.

Observa-se então, que existe uma lacuna na proteção radiológica nacional que deve ser preenchida em futuro breve, haja vista que já existe uma grande quantidade de instalações que utilizam medidores nucleares no Brasil e que esse número cresce de forma significativa. Assim, um trabalho que vise estabelecer as bases para a elaboração da norma específica para medidores nucleares apresenta relevância não só para a área, mas também para a sociedade.

O ponto de partida para o desenvolvimento deste estudo foram os documentos publicados internacionalmente, que fundamentam os cuidados de radioproteção em medidores nucleares, especialmente as recomendações da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA). Além desses documentos, normas elaboradas por outros países serão referência para o embasamento deste tema. Para garantir a coerência e a padronização entre as normas da CNEN, aquelas que já estão publicadas para outras práticas com riscos análogos aos associados a medidores, serão analisadas criticamente para apoiar a definição dos requisitos específicos para medidores nucleares.

1.1 Objetivo.

Realizadas as considerações acima, pode-se definir como objetivo geral deste trabalho estabelecer as bases para a elaboração de uma norma brasileira específica para medidores nucleares, estabelecendo os requisitos de segurança e abordando os aspectos administrativos e operacionais que devem orientar um plano de proteção radiológica nessa área.

1.2. Objetivos específicos.

Entre os objetivos específicos estão: fundamentar os conhecimentos necessários para a utilização de medidores nucleares em consonância com o que é praticado internacionalmente; realizar um levantamento dos aspectos de proteção radiológica relacionados à utilização de medidores nucleares dos diferentes tipos: de transmissão, de retro dispersão e reativos; estabelecer as diretrizes para o

licenciamento e funcionamento de uma instalação que utilize esse tipo de fonte de radiação.

3. FUNDAMENTOS EM MEDIDORES NUCLEARES.

3.1. PRINCÍPIOS GERAIS.

Hoje o uso de medidores nucleares é muito difundido em indústrias. Eles normalmente utilizam uma fonte radioativa selada (figura 1) ou equipamentos geradores de raio-X (International Atomic Energy Agency, 1996). Os medidores nucleares com radionuclídeo utilizam um sistema de cápsulas de multicamadas onde é depositada a fonte radioativa, que pode ser tão pequena quanto uma borracha de uma lapiseira ou tão grande quanto um tubo central de um rolo de papel toalha. Esta cápsula então é inserida dentro de um receptor que ira blindar a radiação emitida pela fonte (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007).

Devido ao conhecimento do poder de penetração de alguns radioisótopos, a alta confiabilidade das medidas, a boa relação custo-benefício e principalmente o caráter não destrutivo das medidas, a utilização dos medidores nucleares torna-se muito interessantes para as instalações que necessitam controlar seus processos em tempo real, ou seja, durante a realização do processo (International Atomic Energy Agency, 1996). Esses equipamentos podem ser utilizados para mensurar densidade de materiais, espessura, nível de líquidos em recipientes, composição química de amostras etc. Este tipo de equipamento não precisa estar em contato com o material em estudo e pode ser utilizados para controlar processo com alta velocidade, materiais com temperaturas muito altas ou em produtos químicos tóxicos (International Atomic Energy Agency, 1996).

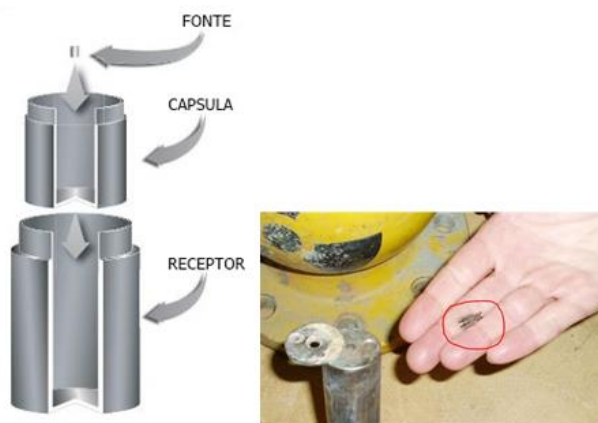


Figura 1 - Exemplo de montagem de uma fonte selada (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007). Foto, apresentação do tamanho de uma fonte selada (Norwegian Radiation Protection Authority, 2016).

Existem três princípios de funcionamento dos medidores nucleares: de transmissão; de retrotransmissão ou retrodispersão; e os reativos. Os medidores ainda podem ser agrupados em dois tipos conforme o uso: os fixos que são usados em um local já pré-definido em projeto para controle de processos; e os portáteis que são levados ao local onde se necessita de fazer a medição (medidas de campo) que pode ser fora da instalação (International Atomic Energy Agency, 1996).

3.2. TIPOS DE MEDIDORES NUCLEARES.

3.2.1 Medidores por transmissão.

Nesse tipo de equipamento, o detector e a fonte ficam de lados opostos com o material entre eles. Assim, a radiação é atenuada quando passa através desse material e o detector normalmente mede a intensidade do feixe transmitido. Pode ser de fonte β (beta) que utilizam fontes com atividades de 40 MBq à 40 GBq, de fontes γ (gama) tem atividades de 0,4 GBq à 40 GBq. Podem ser usados também geradores de Raios-X (International Atomic Energy Agency, 1996). A radiação que passa através do material é medida e variações consideradas anormais no feixe podem ser detectadas. Por exemplo, o detector pode medir diferenças de densidade do material atravessado pela radiação através da diminuição da intensidade do feixe ao passar por um material mais denso (ELTAYEB, 2012). Neste caso, essas diferenças podem ser decorrentes de mudanças na composição do material analisado ou da presença (ou ausência) indevida de material.

3.2.2 Medidores por retroespalhamento (retrotransmissão).

O detector e a fonte ficam do mesmo lado em relação ao material, devendo o detector ser protegido da radiação primária, a radiação penetra o material interagindo com suas moléculas e átomos. A interação será maior em materiais mais grossos e densos. O detector mede a radiação secundária que se retrodispersam a partir dessas interações. Neste tipo de equipamento, a fonte de radiação tem que ser escolhida de acordo com a aplicação. Por exemplo, para indicar a quantidade de átomos de hidrogênio contida no material e conseqüentemente a quantidade de água ou de hidrocarbonetos, deve-se utilizar uma fonte de nêutrons (International Atomic Energy Agency, 1996).

3.2.3. Medidores reativos.

Neste tipo de medidor, raios γ (gama) ou raios-X de baixa energia são utilizados para excitar elementos do material que, para estabilizar-se, emitem raios-X característicos. Este tipo de medida não só identifica quais elementos químicos estão presentes na amostra analisada, mais também quantifica. Este equipamento é usado principalmente para identificar minérios e os constituintes de ligas metálicas (International Atomic Energy Agency, 1996).

Outro princípio de funcionamento utiliza nêutrons de alta energia para transformar materiais não radioativos em materiais radioativos. Os radioisótopos formados emitem radiações γ (gama) cujas energias permitem identificar os elementos presentes na amostra. Esta é uma técnica utilizada na prospecção de poços de petróleo (International Atomic Energy Agency, 1996).

3.3. APLICAÇÕES DE MEDIDORES NUCLEARES.

3.3.1 Medidores fixos.

Os medidores nucleares fixos são mais utilizados em minas, fábricas de bebidas, de papel, de cimento, óleo e etc., para o controle de qualidade dos processos de produção. Em muitos casos, os produtos não podem ser verificados de forma eficaz por métodos tradicionais, pois esse geralmente requerem contato com o material, podendo comprometer sua integridade. Assim, uma técnica de medição não-destrutiva é mais aconselhada. Nessas situações um medidor nuclear fixo pode ser utilizado para fornecer medições precisas de espessura, densidade, quantidade ou volume (ver anexo 1 – tabela 1) (International Atomic Energy Agency, 1996).

Os medidores nucleares fixos usam fontes de 0,4 à 40 GBq as de radiação (γ) e de 40 MBq à 40 GBq as de radiação beta (β) (International Atomic Energy Agency, 1996). Em uma fábrica de papel, os medidores irão medir a espessura da folha que irá sair das prensas, enquanto em uma fabrica de bebidas ele medirá o nível do líquido em garrafas ou latas (Figura 2 e 3). A passagem da radiação através do material não causa qualquer alteração física ou química e o material não se torna radioativo (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007).

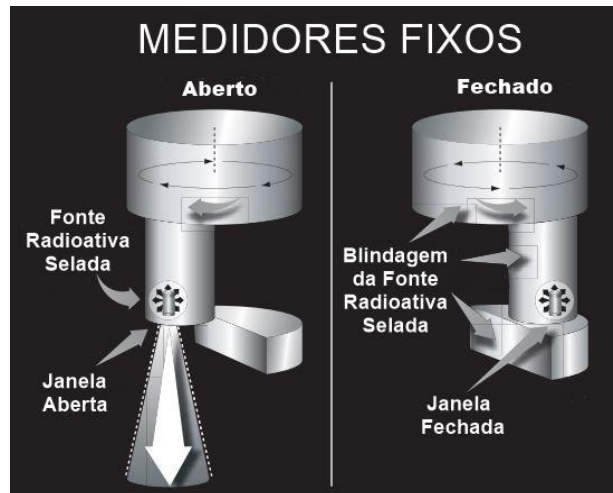


Figura 2 - Representa a fonte selada em todos os momentos reativos – (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007)



Figura 3 - Diferentes configurações de medidores fixos a tubos – (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007).

3.3.2. Medidores portáteis.

Os medidores portáteis são utilizados na agricultura e nas indústrias de engenharia civil e construção, e são utilizados principalmente para medir umidade ou compactação de um solo; a densidade da mistura de asfalto para pavimentação; a composição química do material analisado etc. Nos medidores nucleares portáteis as fontes de radiação (β) variam de 40 a 200 MBq, e para fonte de radiação gama (γ) pode chegar até 100 GBq (International Atomic Energy Agency, 1996).

Existem dois métodos básicos para a mensuração do material usando medidores portáteis: o método retrodispersão e o método transmissão direta. O

método de transmissão direta é considerado o mais preciso dos dois, uma vez que produz menos erros na medição da composição e não tem muita interferência da rugosidade da superfície (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007).

Para medir a densidade do solo, por exemplo, uma haste com a fonte radioativa, localizada na extremidade de um tubo, é inserida abaixo da superfície através de um buraco de acesso previamente perfurado (Figura 4). A radiação é transmitida a partir da fonte a um detector na base do medidor. A compactação do solo é determinada pela intensidade de radiação detectada (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007).

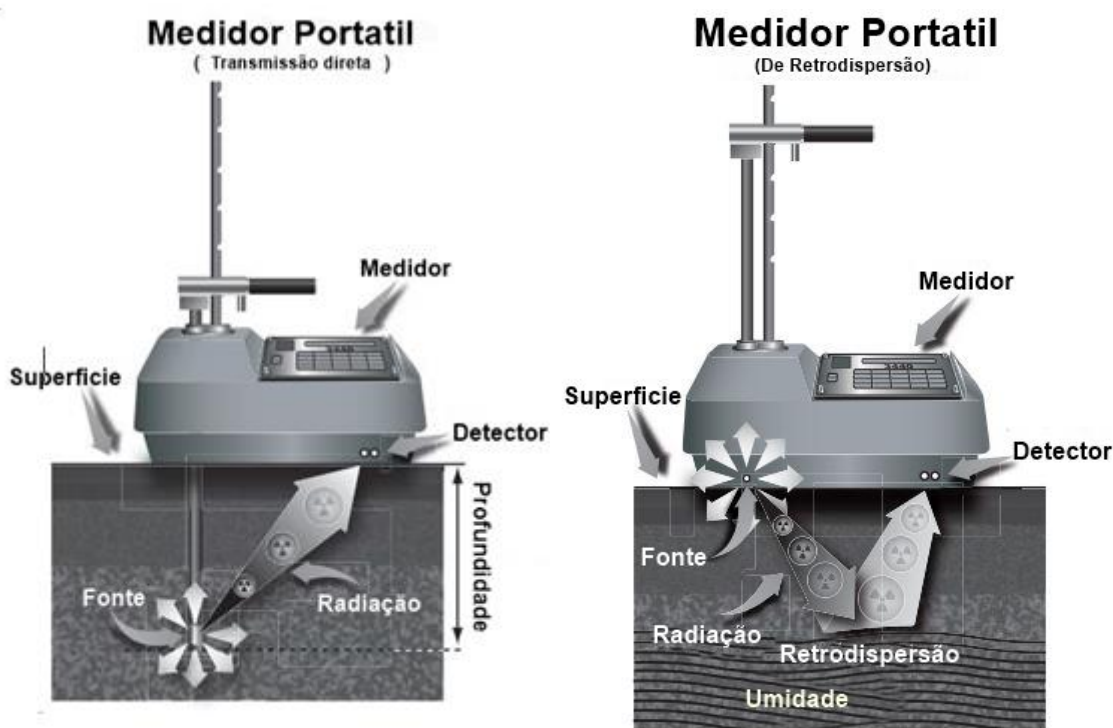


Figura 4 - Medidores Portáteis de Transmissão Direta e de Retrodispersão – (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007).

O medidor por retrodispersão elimina a necessidade de um furo de acesso e a fonte e o detector ficam na mesma superfície do medidor. Uma parte da radiação é refletida ou dispersada e volta para a base do detector atravessando o material. Este método pode medir umidade do material utilizando uma fonte de nêutrons, ou ainda a sua densidade utilizando, neste caso, uma fonte de raios gama (Anexo 1 – Tabela 2) (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2000).

3.4 REQUISITOS BÁSICOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA A SEREM SEGUIDAS EM INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM MEDIDORES NUCLEARES.

Como se usa fonte radioativa, cuidados em todas as etapas da utilização dos medidores têm que ser tomados para mitigar as exposições a radiação e os acidentes ou incidentes. Os cuidados com os medidores nucleares são diferentes daqueles empregados para uma serra elétrica ou maçarico, pois, nestes casos, os riscos são óbvios e visíveis, enquanto que aqueles riscos associados à radiação ionizante não são tão fáceis de observar (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007).

As mesmas regras básicas utilizadas para a proteção radiológica em qualquer aplicação com radiação ionizante devem ser utilizadas: redução do tempo de exposição, aumento da distância à fonte e a utilização de blindagem. Quanto menos tempo a pessoa ficar exposta à radiação durante a prática com medidores, menos dose ela vai receber. Para a distância, a intensidade e os efeitos da radiação caem à medida que um indivíduo se afasta da fonte, obedecendo a lei do inverso do quadrado da distância para fontes pontuais. Assim, manter uma área de segurança em torno da fonte é sempre aconselhável. A blindagem funciona com uma espécie de “escudo” colocado entre a pessoa e a fonte radioativa, atenuando a intensidade do feixe para níveis aceitáveis em muitos casos (figura 5). O tipo de material de blindagem e a espessura do material vão depender da atividade da fonte (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2000).

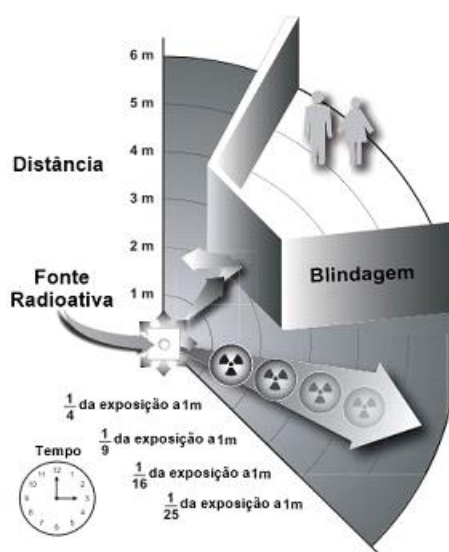


Figura 5 - Os três fatores de proteção contra radiação o tempo, distância e blindage (1.Canadian Nuclear Safety Commission, 2007).

Para cada tipo de radiação seja ela, α (alfa), β (beta), γ (gama), raios-X ou nêutrons é necessário uma blindagem própria, pois cada uma delas tem um tipo de penetração (figura 6) (U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2000).

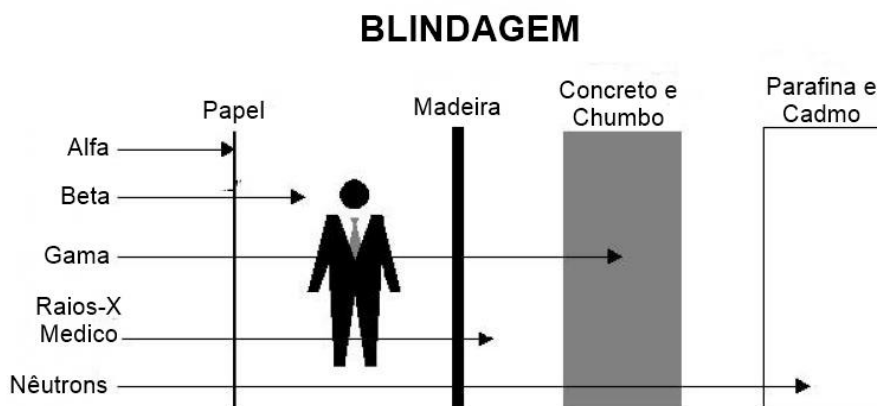


Figura 6 - Blindagens para diferentes radiações, fonte - American Portable Nuclear Gauge Association.

Para medidores nucleares devem seguir cuidados bem estabelecidos, que devem ser revistos e atualizados regularmente para garantir a segurança radiológica de pessoas e do meio ambiente. Conforme características da prática e a blindagem utilizada para o medidor nuclear, para o uso do mesmo pode ser necessária a definição de áreas controladas, com acesso restrito. Independente da atividade da fonte, todos os cuidados sempre devem ser tomados, com verificação de possíveis fugas de radiação (Canadian Nuclear Safety Commission, 2007).

Os cuidados básicos em proteção radiológica são: usar o medidor conforme instruções e recomendações do fabricante; realizar limpeza de rotina e manutenção; antes de manusear o medidor, deve ser garantido que a fonte do medidor esteja blindada (U.S Department of Agriculture, 2016). Não observar os procedimentos primários é a causa dos acidentes e situações de emergência, devendo haver um consonância entre o que está escrito e a prática de rotina (Office of Radiation Safety, 2010).

Cada medidor fixo é projetado para operar de forma autônoma, sem ajuda de pessoas e deve estar já discriminado no projeto o seu local específico, de tal forma que só possa ser removido com ferramentas. Em relação aos medidores nucleares portáteis, deve existir um local bem definido para guarda do equipamento. Neste

caso, o local de armazenamento tem que ter chave de acesso e ser restrito a pessoas autorizadas pelo licenciado (Office of Radiation Safety, 2010).

3.5 ASPECTOS NORMATIVOS INTERNACIONAIS RELACIONADOS A MEDIDORES NUCLEARES.

Para manter o elevado nível de segurança radiológica através de esforços de medidas nacionais de cooperação técnica, e fazer uma proteção mais eficaz, como proteger as pessoas e o meio ambiente contra os riscos radiológicos em instalações radioativas, deve-se ter uma prioridade e um acompanhamento sistemático dos programas relacionados com a segurança (Canadian Nuclear Safety Commission, 2013).

O propósito de uma norma é estabelecer práticas de trabalho, procedimentos e medidas de proteção para garantir segurança no uso de fontes radioativas. Esta norma deve garantir que os limites de dose especificada não sejam excedidos e, se seguida, deve manter as exposições nas áreas circunvizinhas ao medidor tão baixas quanto razoavelmente exequível, levando em conta fatores sociais e econômicos (princípio ALARA) (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

A norma deve abranger medidores fixos e portáteis, pois no quesito operação e procedimentos de segurança, eles são diferentes. A função principal da norma é fornecer requisitos para a proteção dos Indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE), do público e do meio ambiente, garantindo que: qualquer exposição à radiação seja justificada; as práticas estejam otimizadas; os limites de dose não sejam excedidos; a existência de documentação e registros para permitir a verificação da conformidade (Office of Radiation Safety, 2010).

O uso de medidores nucleares deve ter autorização da agência reguladora para utilização de fontes radioativas do país. Isso não isentará a instalação da necessidade de autorizações de outros órgãos competentes. A calibração, manutenção e reparação dos medidores nucleares, assim como comprovação de vedação das fontes seladas, só podem ser feitas por especialistas habilitados para esta finalidade (Centro Nacional de Seguridad Nuclear, 2013).

Mesmo que a dose dos IOE seja baixa, um programa de monitoração individual é requerido. Assim, os trabalhadores que manuseiam os medidores

nucleares devem fazer uso de monitoração individual; deve-se usar detectores de radiação para fazer o levantamento radiológico; e, para medidores portáteis, definir a área de isolamento (barreira física, com cordas, cones para sinalização) para a operação do mesmo. Quando fora de uso, os medidores portáteis devem voltar para o seu local de armazenamento (Centro Nacional de Seguridad Nuclear, 2013).

O titular deve garantir que todas as pessoas que operem os medidores sigam o plano de proteção radiológica e a instalação deve possuir licença expedida pela agência reguladora do país (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

3.6 ASPECTOS NORMATIVOS NACIONAIS PARA EMBASAMENTO DE NORMA ESPECÍFICA PARA MEDIDORES NUCLEARES.

Nesta seção será apresentada uma descrição dos principais requisitos definidos em outras normas da CNEN que podem embasar a norma específica para medidores nucleares. A referência base foi a norma CNEN-NN-6.04, “REQUISITOS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA PARA SERVIÇOS DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL” (CNEN, 2013), porém as descrições apresentadas também foram baseadas em normas de diferentes aplicações e finalidades (CNEN, 2014a; CNEN, 2014b; CNEN, 1988).

1. O objetivo da norma: Resumir no primeiro artigo todos os demais seguintes, começando sempre falando em estabelecer requisitos de segurança e proteção radiológica, passando pelo licenciamento, utilização, acabando no armazenamento e transporte (quando for o caso).
2. Aparelhos e fontes: especificar os tipos de aparelhos usados e como são operados, e os tipos de fontes que estes aparelhos usam.
3. Das instalações físicas: Classificar a instalações que operam com o aparelho.
4. Das responsabilidades: Definir as responsabilidades de todos os profissionais envolvidos na prática autorizada.

5. Atos administrativos e requerimentos: Deve discriminar os critérios e os requisitos de funcionamento, organização, qualidade e proteção radiológica, e todas as autorizações constantes que encontra condicionada ao estabelecido na resolução CNEN nº 166/14.
6. Autorização para aquisição ou movimentação de fontes radioativas: As aquisições de fontes sempre ficam condicionadas ao processo de operação da instalação fornecido para a CNEN. Deve ser definido de que não se faz empréstimo ou troca de fontes radioativas.
7. Autorização para operação: Define que: deve ser requerida a autorização junto à CNEN, com o projeto já definido e com as aparelhagens indicadas em planta; a instalação deve submeter um Plano de Proteção Radiológico contemplado todos os requisitos estabelecidos em norma.
8. Os requisitos de proteção radiológica: Deve ser submetido para CNEN, o PPR assinado pelo titular da instalação. Este deve contemplar controles administrativos, treinamento, monitoramento individual, controle de equipamentos e fontes, controle de áreas, proteção física e emergência, condução de operação e transporte.
9. Controle administrativo: Deve descrever a organização da instalação, discriminando a documentação e os registros de controle e verificação que integram o sistema de garantia da qualidade. A instalação deve conter medidas organizacionais relativas à proteção radiológica, especificando responsabilidades. Deve prever a conservação da documentação importante: autorização de operação; registros da monitoração individual; certificados de calibração de equipamentos; registro de treinamento; relatórios diversos relacionados a proteção radiológica.
10. Ter um programa de treinamento desenvolvido pelo SPR, para os operadores e outros indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs).
11. Um programa de monitoração individual em conformidade com resoluções específicas.

12. Um programa de controle de equipamento e fontes: O programa de controle de equipamentos e fontes tem que estar em conformidade com resoluções específicas. O programa tem que especificar os períodos de calibração do equipamento, testes de vazamento, e ter os documentos guardados para futura comprovação.
13. O programa de monitoração de área: O programa deve estar em conformidade com as resoluções específicas sobre diretrizes básicas de proteção radiológica e dos serviços de proteção radiológica.
14. O transporte: atender resolução específica, e estar em conformidade com as exigências de outras agencias reguladoras.
15. Programa de proteção física de equipamentos contendo fontes radioativas: Deve ter um programa de proteção física atendendo resolução específica que deve conter segurança contra atos de sabotagem, incêndios, remoção não autorizada.
16. O plano de emergência: Ter um plano de emergência elaborado para garantir possíveis acidentes e incidentes, o plano de especificar ainda os equipamentos que devem ter na empresa para atender as necessidades em uma possível emergência.

4. BASES PARA A DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA A SEREM CONTEMPLADOS EM NORMA NACIONAL.

4.1 Deveres e responsabilidades do Titular da instalação (medidores fixos) ou serviço (medidores portáteis):

O titular da instalação é o responsável pelo licenciamento e regularização perante a agência reguladora (CNEN), contratação do grupo de funcionários, adquirir equipamento com a fonte da atividade específica para a determinada utilidade, fornecer planta da instalação indicando onde estarão os medidores nucleares. Junto com o SPR é responsável pelo plano de proteção radiológica, plano de emergência, gestão de qualidade. Fornecer os registros de compra, devolução, calibração, manutenção, modalidade de uso, armazenamento e transporte; informar da contratação do SPR, e o que ele irá fazer dentro da empresa para atender o plano de proteção radiológica, treinamento, emergência e qualquer outro necessário para atender a legislação vigente. E sempre dar informações exigidas pela agência reguladora (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

Ter todos os registros contidos na norma para medidores nucleares, e em outras normas da mesma agência que sejam necessários ou de outras agências, respeitando a legislação vigente.

4.2 Deveres e responsabilidades do SPR:

Deve confeccionar um PPR respeitando a norma vigente, o plano tem que ser revisto regularmente para garantir segurança em todas as áreas aplicáveis. Todas as pessoas, na instalação têm que ter conhecimento e cumprir o PPR, o supervisor é o responsável junto com o titular de propagar o PPR entre todos os funcionários, e fazer que o plano seja seguido (Office of Radiation Safety, CSP 15, 2010).

O SPR tem que verificar os medidores fixos nos locais onde constam em projeto regularmente, e através de levantamento radiométrico, verificar se a mesma está em perfeitas condições. Comprometer-se com qualquer outro método de segurança radiológico contido nesta norma (Office of Radiation Safety, CSP 15, 2010).

O SPR tem que garantir que o operador dos medidores portáteis tenha a formação necessária para manusear o aparelho, conhecer e aplicar o PPR. Fazer a

monitoração individual do operador; guardar para fins comprobatórios todos os documentos e registro de treinamento e formação (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

Fazer o registro de uso do medidor nuclear portátil informando, saída do aparelho do armazenamento, local, vizinhança do local onde esta sendo feita a medição, registro dos operadores, registro do levantamento radiométrico, retorno do aparelho para o local de armazenamento. No local de uso informar sempre aos operadores o tempo, e a taxa de dose que estão a receber (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

4.3 Deveres e responsabilidades dos operadores (no caso dos medidores portáteis):

O operador de medidores nucleares portáteis tem que ter formação para manusear o equipamento; tem que conhecer e fazer uso do PPR; verificar se o medidor tem sinalização adequada; abster-se de qualquer pratica negligente ou imprudente ou ação que possa conduzir um perigo de radiação para si ou outra pessoa.

Ter um dosímetro individual, e informar sempre ao SPR qualquer dificuldade nos procedimentos ou defeito em equipamentos que possam ser susceptíveis de causar um perigo de radiação no trabalho (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

4.4 Procedimentos para treinamentos e atualizações de segurança e emergência:

Os treinamentos dos Indivíduos ocupacionalmente expostos (IOEs) e dos outros funcionários devem ser feitos regularmente para reduzir qualquer erro, os treinamentos são de operação de equipamentos para operadores, e de segurança e emergência para todos os funcionários(Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

Um Plano de Proteção Radiológica (PPR) tem que ser desenvolvido pelo titular da instalação o SPR e no mínimo uma pessoa de cada setor, para poder analisar todos os pormenores do plano de segurança e emergência. E o plano deve

contemplar procedimentos que serão feitos para mitigar ao máximo as contingências de algo acontecer, os procedimentos que serão feitos quando estiver acontecendo o acidente ou incidente, e o que tem que ser feito depois de controlado o problema, exemplo informa agencia reguladora (Office of Radiation Safety, CSP 15, 2010). O SPR não pode acumular o cargo de operador, pode saber a operação para o treinamento do pessoal.

4.5. Monitoramento individual:

As pessoas que operam os medidores portáteis devem fazer uso de um sistema de monitoramento individual, feito por um provedor de serviço licenciado pela autoridade reguladora. O fornecedor ou prestador de serviços responsável deve garantir que os dispositivos de monitoramento pessoais fornecidos a cada pessoa são capazes de medir o tipo de radiação emitida pelo medidor (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

Para as instalações que utilizam medidores nucleares fixos, um sistema de monitoramento individual tem que ser fornecido para todas as pessoas que façam a manutenção, limpeza, remova ou instale medidor. E para as pessoas que no local de trabalha possam exceder a dose de um milisievert ao ano. Uma pessoa que não esta na rotina de remoção ou colocação do aparelho quando o fizer também tem que ter uma monitoração individual (Office of Radiation Safety CSP 15, 2010).

4.6. Desenvolvimento de procedimentos para calibração, manutenção.

Procedimento para levantamento de calibração deve ser no dia sempre antes da utilização do equipamento, a intervalos não superiores há 12 meses. Depois de cada avaria e/ou reparo (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

Uma pessoa não pode fazer a manutenção de um medidor nuclear portátil a menos que: Esteja devidamente autorizado pela pessoa responsável, titular ou supervisor de proteção radiológica; esteja devidamente treinada para fazer o tipo de manutenção, com registro de treinamento contendo, local, pessoa responsável pelo treinamento, e carga horária do treinamento; realizar o trabalho seguindo o PPR; fazer o levantamento radiométrico depois de qualquer manutenção para confirmar que as doses não passem do limite esperado. Todo procedimento de manutenção

tem que ser registrado e arquivado para possível conferência (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

Sendo uma empresa contratada para fazer a manutenção, a prestadora do serviço contratado deve ter: Autorização da agencia reguladora; registro do treinamento e curso dos funcionários para o requerido serviço; oficina devidamente equipada para permitir um reparo seguro; e depois de qualquer reparado ou manutenção realizada; fazer o levantamento radiológico para confirmar que a radiação não esteja ultrapassando os limites esperados. A empresa deve manter os registros de manutenção ou reparos, devidamente arquivados conforme instruções ou norma da autoridade reguladora. Só deve fazer reparo ou alteração do encapsulamento, pessoa devidamente autorizada pela autoridade reguladora respeitando a legislação vigente (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

4.7. Armazenamento e proteção física dos medidores portáteis.

O armazenamento é para os medidores portáteis já que os fixos ficam no local já especificado em planta. Na primeira etapa, a mala onde fica acomodado o medidor nuclear portátil deve estar sempre trancada com chave sob guarda do responsável, ou por pessoa por este designado. Não devem ficar em locais ocupados por pessoas, o local deve ter uma blindagem própria, não devem ser armazenados junto dos seguintes materiais, explosivos, gás inflamável, líquido inflamável, sólido inflamável, líquidos voláteis, agentes oxidantes, peróxidos orgânicos, corrosivos. Além disso, não devem armazenar os medidores junto de gêneros alimentícios (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

O local de armazenagem deve ter sinalização, medidor de área, bloqueio de porta com chave sob guarda do responsável ou pessoa devidamente autorizada por este, contemplar sistema de segurança eletrônico (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

Para os fixos, a blindagem externa tem que estar adequada para as condições externas do local onde o medidor vai ser fixado (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2007).

4.8. Desenvolvimento de procedimentos operacionais:

Os procedimentos operacionais devem conter itens que descrevam a discriminação da documentação e os registros de controle e verificação do sistema de controle de qualidade.

As empresas que fazem uso de medidores nucleares devem conter medidas organizacionais para proteção e controle radiológico, procedimentos técnicos e administrativos, normas para verificações, auditorias, ações preventivas e corretivas e comunicações (Eltayeb, 2012).

4.9. Desenvolvimento de procedimentos de emergência:

Os procedimentos de emergência devem incluir sempre ações imediatas para preservar e proteger a vida, limitar as lesões e prestar os primeiros socorros sempre que forem possíveis e necessários; Instruções para quem ligar se um medidor for perdido ou danificado, se uma pessoa receber uma dose superior aos limites estipulados pela agência reguladora; informar de imediato quando acontecer uma emergência a autoridade reguladora; O plano de emergência deve contemplar medidas para afastar o pânico; avaliar a natureza e o alcance da radiação incidente, avaliar se houve contaminação de pessoas e bens; proteger a fonte de radiação com blindagem adequada quando isso for possível e seguro de fazer, isolar a área através de levantamento quando for possível se não garantir a maior distância segura da fonte até a chegada de pessoas que possam avaliar a gravidade (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2007).

Outros procedimentos importantes, controle de acesso de pessoas nas áreas em risco radiológico, monitoramento de pessoas que estiveram na área ou próxima a esta, impedirem a propagação da radiação quando isso for possível, desenvolver qualquer ação necessária para colocar o incidente sob controle (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2007).

4.9.1. Procedimento pós-emergência:

Investigar as circunstâncias do incidente, incluindo realizações de avaliações, medições e cálculos necessários para determinar um plano de medidas

corretivas e estimar as doses para os operadores e os membros do público envolvidos no incidente.

Reunir recursos necessários para uma ação corretiva levando em conta o PPR, o SPR e a entidade reguladora, e outras entidades reguladoras se for relevante para o incidente. Preparar um relatório detalhado do incidente o mais rápido possível ações o incidente e apresentar este relatório a autoridade reguladora através do seu responsável legal no momento(Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

Garantir uma hierarquia de responsabilidade, e ter os telefones e endereços dos responsáveis sempre atualizados, e fazer a verificação pelo menos uma vez a cada 12 meses, e quando mudanças e arranjos forem feitos (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2004).

O plano de emergência tem que ser o mais abrangente possível, para cobrir qualquer tipo de emergência como: o esmagamento do medidor por um rolo compressor, empilhadeira ou outro veículo; objeto pesado cair sobre o medidor; suspeita de mau funcionamento, atividade da fonte diferente, suspeita ou perda real de uma fonte; furto ou roubo de uma fonte; falha nos procedimentos de segurança ou violação das regras de funcionamento; incêndio, inundação, explosão ou outro desastre (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, 2007).

Plano de emergência deve ser repassado para os funcionários de todos os níveis. Deve ser guardada uma copia em arquivo conforme norma ou especificação da agencia reguladora.

4.10. Procedimento de transporte de medidores portáteis atendendo resolução especifica.

Para o transporte de material radioativo já existe norma CNEN 5.01, e deve ser acatada em todo seu conteúdo, e normas de outras agencias reguladoras que se façam necessárias para o cumprimento da legislação vigente, o cumprimento das exigências da norma de uma agencia, não exime o titular do cumprimento das outras exigências das outras agências, todas são de igual importância e tem que serem cumpridas na integra.

Para a retirada de um medidor nuclear fixo, para sua locação em outro local dentro da mesma planta industrial, deve informar a agência reguladora antes de se fazer a mudança e justificar o porquê da mudança, e mandar em planta sua futura localização. Uma pessoa devidamente treinada para fazer o procedimento que deve ser deslocada para fazer o procedimento, depois de retirado o medidor seguindo o PPR, o uso de um veículo apropriado se faz necessário para transportar o medidor para sua nova localização. Estes procedimentos irão minimizar a movimentação manual, e tenta manter a exposição à radiação das pessoas a um nível tão baixo quanto razoavelmente alcançável.

5. METODOLOGIA.

Para a realização deste estudo, primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica baseada em documentos e regulamentos internacionais cujos requisitos poderiam fundamentar aqueles a serem estabelecidos no país, levando em consideração da realidade brasileira. Após a pesquisa de normas e manuais de segurança de diversos países, aqueles cujos documentos foram utilizados como bases para a proposta de norma nacional foram: Austrália, Canadá, Cuba, Estados Unidos, Nova Zelândia e Sudão, que são os mais próximos em ideais e objetivos.

Em seguida, foi realizado um estudo de outras normas da CNEN, aplicáveis a outros tipos de instalações radiativas, para identificar não só requisitos que pudessem ser reproduzidos ou adaptados para a norma de medidores, mas também a estrutura básica das normas vigentes e a filosofia de segurança aplicada atualmente.

A partir da revisão bibliográfica descrita acima foi realizada uma análise crítica do conteúdo estudado e uma proposta de norma nacional específica para medidores nucleares foi elaborada.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Como resultado deste trabalho, foi elaborada uma proposta de norma cuja versão completa é apresentada no apêndice I. Nesta seção, serão apresentados e discutidos os itens mais importantes da proposta elaborada ou aqueles, cuja abordagem difere de outras normas da CNEN, contemplando tendências atuais ou propostas que justificam comentários específicos.

As questões destacadas são referentes aos artigos da proposta de norma que tratam dos aspectos mais relevantes para a garantia da proteção radiológica na área de medidores. Esses ressaltam a importância da proteção radiológica na rotina, não somente no momento do uso do equipamento mas também para proteção da fonte radioativa. Esses artigos definem os requisitos a serem seguidos para a segurança dos indivíduos ocupacionalmente expostos e do público. Os principais requisitos dos artigos mais relevantes são apresentados a seguir.

- **Artigo 1º:**

“Esta norma tem por objetivo estabelecer requisitos de segurança e proteção radiológica necessários para o funcionamento das instalações que utilizam medidor nuclear.

§ 1º Essa norma se aplica para as duas categorias de medidores nucleares:

I – Fixos;

II – Portáteis...”

Neste artigo deve-se destacar a divisão dos medidores nucleares em duas categorias: fixos e portáteis. Como existem diversos tipos de medidores, com as mais variadas aplicações e critérios de categorização distintos, para a proposta de norma elaborada foi optado pela referida categorização porque, além de ser o critério atual adotado pela CNEN para dividir as práticas com medidores nucleares, os riscos inerentes às práticas estão diretamente relacionados às peculiaridades de se utilizar o medidor de forma fixa ou portátil. Questões de segurança associadas ao deslocamento, armazenamento, levantamento radiométrico e procedimentos de controle de qualidade para medidores portáteis não serão pertinentes para os medidores fixos.

- **Artigo 2º**

“As instalações que utilizam medidores nucleares caracterizam-se como:

I - Instalações que utilizam medidores nucleares fixos em controle de processos, assim discriminadas:

a) Controle de processos tipo I: instalações que utilizam, em uma ou mais etapas dos seus processos industriais, medidores nucleares fixos contendo apenas equipamento gerador de

radiação ionizante. Os medidores nucleares nessas instalações não devem utilizar fonte radioativa;

b) Controle de processos tipo II: instalações que utilizam, em uma ou mais etapas dos seus processos industriais, medidores nucleares fixos contendo fonte radioativa selada.

II - Instalações que utilizam medidores nucleares em sistemas, assim discriminadas:

a) Sistemas portáteis tipo I: instalações que utilizam medidores em sistemas portáteis contendo apenas equipamento gerador de radiação ionizante. Os medidores nucleares nessas instalações não devem utilizar fonte radioativa selada;

b) Sistemas portáteis tipo II: instalações que utilizam medidores em sistemas portáteis contendo fonte radioativa selada...”

Apesar da classificação dos tipos medidores em duas categorias, realizadas no artigo anterior, na proposta de norma elaborada, as instalações foram divididas em quatro categorias, levando em consideração também a existência de fonte radioativa selada ou não no medidor, haja vista que os cuidados de radioproteção requeridos, são bem diferentes quando o equipamento possui fonte ou quando é gerador de raio-X. A denominação das classificações também leva em consideração a terminologia atual adotada pela CNEN em seu sítio eletrônico.

- **Artigo 3º:**

“...§3º O SPR substituto deve fazer parte do quadro de funcionários da instalação com carga de trabalho mínima de 20 horas semanais e possuir nível superior de escolaridade;...”

Este artigo trata das responsabilidades e requisitos mínimos do pessoal envolvido com a prática que utiliza medidores nucleares. Dentre os requisitos definidos, foi destacada a proposta de critérios mínimos para o supervisor substituto, haja vista que para as demais funções os critérios foram reproduzem o que já está definido em outras normas da CNEN. Esta é uma forma de garantir não só um nível de escolaridade da mínima da pessoa que exercerá essa função, mas também que exista uma pessoa diariamente supervisionando as práticas associadas ao medidor nuclear, apoiando as atividades do supervisor titular.

- **Artigo 9º:**

“Para obtenção da Autorização para Operação da instalação que pretende utilizar medidor nuclear, deve ser submetido à CNEN um Relatório Preliminar da Análise de Segurança (RPAS), contendo a descrição física da instalação, dos equipamentos importantes e das medidas a serem tomadas para a garantia da segurança radiológica dos trabalhadores, do público e do meio ambiente...”

Neste artigo destaca-se a obrigação de que a instalação, para entrar em operação, deve submeter à CNEN um Relatório Preliminar da Análise de Segurança (RPAS), contemplando todas as informações essenciais para CNEN avaliar se os critérios de proteção radiológica definidos na norma serão atendidos. Esses critérios

incluem os aspectos estruturais, materiais e procedimentais para a segurança dos IOE, público e o meio ambiente.

- **Artigo 15º:**

“O Plano de Proteção Radiológica, deve contemplar no mínimo os seguintes requisitos:

I - Dados cadastrais da instalação;

II- Descrição do medidor nuclear e de sua aplicação na instalação;

III- Descrição do serviço de radioproteção, incluindo a estrutura de pessoal e de equipamentos;

IV - Inventário das fontes radioativas e de equipamentos emissores de radiação ionizante;

V - Procedimentos de proteção radiológica a serem aplicados;

VI - Programa de controle dos equipamentos do serviço de radioproteção;

VII – Função, descrição e classificação das áreas;

VIII - Programa de monitoração de áreas;

IX - Programa de monitoração individual;

X- Instruções fornecidas aos trabalhadores, ou afixadas em locais determinados

XI - Programa de treinamento dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE)

XII - Exames médicos a serem realizados pelos IOE

XIII - Estrutura e métodos para a segurança das fontes;

XIV - Programa de emergência

XV - Gerenciamento dos registros da instalação

XVI - Documentos de referência utilizados.

XVI Termo assinado pelo titular da instalação reconhecendo o conteúdo do Plano de Proteção Radiológica e assumindo a responsabilidade sobre este.

Parágrafo único: O titular e o SPR da instalação devem garantir que todos os IOE estejam familiarizados com o conteúdo do PPR.

Diferente da abordagem que a CNEN utilizar nas normas que orientam outras aplicações da radiação ionizante, em que os itens a serem contemplados no Plano de Proteção Radiológica (PPR) estão “diluídos” ao longo da norma, nesta proposta foi decidido por discriminar de forma direta tais itens, como forma de orientar os supervisores de radioproteção a elaborarem o plano atendendo critérios mínimos. Esta descrição foi baseada no roteiro de PPR divulgado pela CNEN para a prática de perfilagem de petróleo (Roteiro de PPR de perfilagem de petróleo, CNEN “2014”).

- **Artigo 19º:**

“...§1º Os monitores de radiação utilizados no levantamento radiométrico devem ser calibrados anualmente por um laboratório de metrologia acreditado pela CNEN, conservando-se os respectivos registros.

§2º A instalação deve possuir no mínimo 02 (dois) monitores de radiação, sendo 01 titular e 01 reserva.

§3º A calibração periódica dos monitores de radiação deve ser realizada com no mínimo 2 meses de defasagem entre o monitor titular e o reserva.

Como para algumas práticas a CNEN adota uma periodicidade de 01 ano para recalibração dos monitores de radiação utilizados no levantamento radiométrico, e para outras prática é adotada a periodicidade de 02 anos, nesta proposta de norma, foi decidido por um requisito mais conservador e que está em acordo com a norma de radiografia industrial vigente, referência base para este trabalho. Além da periodicidade de 01 ano, deve-se destacar a exigência de que seja definida uma defasagem de no mínimo 2 meses entre a calibração do monitor titular e a do reserva. Isso evita que, por problemas de atrasos na calibração, a instalação fique com os dois monitores com certificado de calibração vencidos.

- **Artigo 23º:**

“Deve elaborado e executado procedimentos para realização de ensaios de fuga para medidores que utilizam fontes radioativas seladas com periodicidade máxima de 03 anos...”

Para os medidores que possuem fontes radioativas seladas, a proposta de norma exige que sejam realizados ensaios de fuga no medidor nuclear de pelo menos três em três anos. Este item é muito importante para que possíveis falhas na blindagem e o vazamento de materiais radioativos possam ser descobertos. A periodicidade de 03 anos foi adotada pela baixa probabilidade de ocorrência desses problemas e a relativa complexidade para realização do ensaio: necessidade de realizar o esfregaço; coletar o material; armazenamento com segurança desse material; viabilizar o transporte para algum laboratório que realize as medições; possível gerenciamento de rejeitos. Isso atende ainda a ISSO 9001.

- **Artigo 30º:**

“Para os medidores nucleares portáteis tem que se ter um local específico e seguro para a guarda do equipamento.

§1º O medidor nuclear portátil não pode ser armazenado no mesmo local dos seguintes materiais:...”

Para os medidores nucleares portáteis um cuidado especial deve ser tomado: o armazenamento do monitor quando este não está sendo utilizado. Essa questão é uma das mais relevantes pois a característica de ser portátil permite extravios, esquecimento e eventuais danos no medidor com mais facilidade, o que pode ser crítico para a segurança radiológica. Assim, a proposta de norma torna obrigatória a observância de critérios mínimos de segurança para guarda do medidor. Além disso, neste artigo estão descritos quais materiais não podem ser armazenados junto com os medidores.

- **Artigo 31º:**

“Se o medidor nuclear for utilizado em ambiente externo, a sua carcaça deve ser projetada de tal forma que possa resistir às possíveis intempéries. Deve-se verificar possíveis processos de oxidação ou qualquer outro dano no equipamento”

Como os monitores portáteis podem ser utilizados em diversos ambientes externos, sujeitos às mais variadas condições de operação, a proposta de norma determina que cuidados específicos com a integridade dos monitores sejam tomados. Deve-se ressaltar que como a maioria dos medidores nucleares são importados, a condições ambientais brasileiras podem ser bem distintas de seu país de origem, logo este requisito pode obrigar as instalações a avaliarem a robustez do modelo a ser adquirido.

- **Artigo 32º:**

“O programa de conduções de operações deve abranger a utilização do medidor nuclear em situações de rotina e em situações emergência, onde se fará uso das instruções descritas no PPR.

§ 1º Devem ser estabelecidos os procedimentos a serem executados antes da utilização do medidor nuclear.

§ 2º Procedimentos necessários para a verificação do funcionamento normal do medidor nuclear devem ser estabelecidos, incluindo levantamento radiométrico periódicos.

§ 3º Deve ser realizada a verificação da interrupção do funcionamento do medidor nuclear após o seu desligamento.

§ 4º A confirmação do recolhimento de fontes radioativas seladas do medidor nuclear ou do fechamento do obturador, para medidores com equipamento gerador de radiação, deve ser realizada através de levantamento radiométrico, incluindo pontos específicos para esta finalidade.”

Nesta proposta de norma foi decidido abordar questões operacionais importantes que podem impactar na segurança radiológica associada à utilização dos medidores nucleares. Assim, foram estabelecidos critérios que exigem verificações antes, durante e após o desligamento dos medidores nucleares. A necessidade de verificação do recolhimento das fontes seladas ou do fechamento do obturador para medidores emissores de raio-x através de levantamento radiométrico é essencial para a segurança na utilização do medidor e em serviços de manutenção.

- **Artigo 34º:**

“...§6º Dentre as ações estabelecidas no plano de emergência as seguintes medidas devem estar contempladas:

- a) comunicação imediata à autoridade reguladora;
- b) avaliação da natureza do acidente e de sua extensão;
- c) definição do tipo de radiação a que as pessoas podem ser expostas;
- d) avaliação de possíveis contaminações de pessoas e objetos;
- e) proteção da fonte para redução do risco de irradiação e de contaminação, quando possível;

- f) isolamento das áreas, com a realização de levantamento para definição de distâncias seguras entre as pessoas e as fontes;
- g) medidas para proteção do meio ambiente.
- h) descrição de ações específicas para restabelecimento da normalidade para cada tipo de situação de emergência previsível.”

Numa abordagem diferente do que a realizada em outras normas da CNEN vigentes, neste artigo os procedimentos mínimos de emergência que devem ser executados para qualquer prática com medidor nuclear estão descritos na própria proposta de norma. Isso foi realizado visando estabelecer bem critérios básicos de segurança que devem ser seguidos e nunca esquecidos.

- **Artigo 35º:**

“Investigar as circunstâncias do incidente, incluindo a análise crítica das causas do acidente e das ações corretivas, e submeter à CNEN um relatório assinado pelo SPR e pelo titular da instalação, contemplando no mínimo as informações:

I - As doses recebidas pelos IOE envolvidos na emergência e de indivíduos do público devem ser avaliadas e/ou estimadas.

II - Devem ser previstas ações para evitar recorrências.

realizações de avaliações, medições e cálculos necessários para determinar um plano de medidas corretivas e estimar as doses para os operadores e os membros do público envolvidos no incidente.

III - Deve ser realizada uma avaliação dos impactos radiológicos, sociais e econômicos do acidente ocorrido.”

Uma dos itens que está contemplado nesta proposta de norma e que não é observado nas normas relativas a outras práticas é a definição de ações a serem realizadas após uma emergência radiológica. Isso é importante porque que a instalação possa rever tudo o que foi feito e embasar ações para evitar recorrências. A submissão de relatório à CNEN, entre outras contribuições, pode permitir que esta comissão possa usar o exemplo da instalação que passou por uma situação de emergência possa ser utilizado para reduzir a probabilidade de ocorrência de eventos semelhantes em outras instalações ou até mesmo embasar a readequação dos requisitos de segurança definidos para a prática.

7 CONCLUSÕES.

A lacuna de não existir uma norma da CNEN específica para medidores nucleares e de ainda não haver uma proposta de norma em consulta pública nesta área, torna possível considerar relevante a proposta apresentada neste trabalho, pois este pode contribuir para a definição dos requisitos a serem contemplados na norma a ser elaborada pela CNEN por uma comissão de especialistas. O estudo do que já está estabelecido em outros países, juntamente com a observância do conteúdo e abordagem adotada de outras normas da CNEN vigentes para outras práticas, pode alimentar a discussão dos temas por essa comissão de especialistas.

O formalismo adotado semelhantes a outras normas permite que os requisitos propostos já estejam em conformidade com os critérios metodológicos adotados pela CNEN. Outrossim, o conteúdo dos artigos propostos ao serem embasados em outros documentos técnicos, pode contribuir para aumentar a credibilidade das propostas realizadas. Naturalmente, itens que podem ser considerados mais inovadores podem suscitar discussões em que leve a não adoção do que foi proposto, porém a própria discussão pode contribuir para a definição de critérios mais bem estabelecidos e que reflitam melhor a realidade da prática objeto deste estudo.

Os pontos principais para os fundamentos foram apresentados, e com base neles se confeccionou um rascunho de uma norma, isso apresenta uma validade do método de buscar os fundamentos principais para confecção de uma norma para indústrias que utilizam medidores nucleares, alguns pontos não foram abordados, mas os principais foram garantidos no trabalho, e no rascunho de norma também.

Uma análise mais específica de artigos da proposta de norma realizada neste trabalho permite os seguintes destaques:

- No artigo 1º a divisão dos medidores na categorização proposta (fixo ou portáteis) entre outras possíveis, certamente poderá ser adotada pela CNEN em uma norma futura, pois está em consonância com o que a própria CNEN estabelece em seu sítio eletrônico.
- No artigo 2º a divisão das instalações em categorias, conforme proposto, também poderá ser adotada pela CNEN, pois reflete condições de operação bem distintas e

podem definir graus de exigência diferentes a depender dos riscos associados a cada prática, haja vista, que existe uma vasta gama de tipos de medidores nucleares.

- No artigo 3º, o requisito que trata do supervisor substituto determinará que o supervisor substituto além de acompanhar as práticas dando suporte operacional aos IOE, poderá fiscalizar as ações desses trabalhadores e reportar desvios de procedimento ou qualquer outra anormalidade ao supervisor de radioproteção titular. A presença do supervisor substituto diariamente no local de trabalho permite também a solução de pequenas dúvidas e questionamentos dos IOE, ou transmiti-las ao supervisor titular.

- A partir do artigo 10º é possível inferir que para cumpri-lo as instalações devem disponibilizar botões de emergência facilmente acessíveis pelos seus trabalhadores, sem que para acioná-lo necessite alguma exposição adicional à radiação ionizante proveniente do equipamento.

- A partir do artigo 15º, os supervisores de radioproteção terão uma maior referência do conteúdo a ser contemplado no plano de radioproteção, o que contribuiria para que a primeira versão do plano a ser submetida à CNEN já esteja mais próxima do ideal.

- A necessidade da realização do ensaio de fuga, prevista no artigo 21, certamente dará mais segurança aos IOE, ao supervisor de radioproteção e ao titular de que as pessoas não estarão recebendo doses acima daquelas inerentes às práticas.

- Cuidados especiais com os medidores nucleares portáteis devem ser requeridos, conforme explicitados nos artigos 28º e 29º.

- A abordagem de aspectos operacionais, conforme realizado no artigo 30º pode embasar a definição dos procedimentos a serem utilizados na rotira.

- A introdução de um item relativo a ações pós emergência pode ser considerada uma contribuição deste trabalho que poderá ser contemplada em normas futuras da CNEN para qualquer áreas de aplicação da radiação ionizante

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

American Portable Nuclear Gauge Association (APNGA), **The Manual**. Emmitsburg, Maryland, 1999.

Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency . **Code of Practice for the Safe Transport of Radioactive Material**, Radiation Protection Series No. 2, Yallambie, Austrália ARPANSA, 2001.

Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. **Code of Practice & Safety Guide. Portable Density/Moisture Gauges Containing Radioactive Sources**. Victoria, Australia, ARPANSA, May 2004.

Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. **Code of Practice & Safety Guide. Safe Use of Fixed Radiation Gauges**. Victoria, Australia, ARPANSA, January 2007.

Canadian Nuclear Safety Commission. **Working Safely With Nuclear Gauges – Revision 2**. Ottawa, Canada: CNSC, 2007.

Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC). **Canadian National Report for the Convention on Nuclear Safety - Sixth Report**. Ottawa, Canada: CNSC, August, 2013.

Centro Nacional de Seguridad Nuclear (CNSN). **Guía de seguridad para la práctica de MEDIDORES NUCLEARES**. Havana, Cuba. Impreso por Cuba Energia, Enero 2013.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. Instalações Autorizadas, 2016. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/instalacoes-autorizadas>>. Acesso em 13 de jul. 2016.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **DIRETRIZES BÁSICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA**. Norma NN-3.01, Rio de Janeiro, DOU 11 de Março de 2014a.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **LICENCIAMENTO DE INSTALAÇÕES RADIATIVAS**. Norma CNEN NN 6.02, Rio de Janeiro, DOU 29 de Abril de 2014b.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **REQUISITOS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA PARA SERVIÇOS DE RADIOGRAFIA INDUSTRIAL**. Norma CNEN NN 6.04, Rio de Janeiro, DOU 25 de Março de 2013.

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear. **SERVIÇOS DE RADIOPROTEÇÃO**. Norma NE-3.02, Rio de Janeiro, DOU 01 de Agosto de 1988.

Eltayeb, Mohammed A. M. **Code of Practice of Radiation Protection in Fixed Nuclear Gauges**. Dissertação (Mestrado) Sudan Academy Of Sciences. Atomic Energy Council. Sudan: SAS, September 2012.

International Atomic Energy Agency. **Manual on Nuclear Gauges** – Vienna, Austria: Printed by the IAEA, March 1996.

International Atomic Energy Agency. **Technical data on nucleonic gauges**. Vienna, Austria: Printed by the IAEA, July 2005.

International Atomic Energy Agency. **General Conference, GC(47)/ RES/7. Measures to Strengthen International Cooperation in Nuclear, Radiation and Transport Safety and Waste Management**. IAEA, September, 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico**. São Paulo: Editora Atlas, 1992. 4a ed. p.43 e 44.

Norwegian Radiation Protection Authority (NRPA). **Radioactive sealed sources used in industry**. Acessado 04/08/2016 às 07h27min. No site < <http://www.nrpa.no/en/topic-articles/91807/radioactive-sealed-sources>>.

Office of Radiation Safety. Ministry of Health. **Code of Safe Practice for the use of Industrial gauges containing sealed radioactive sources (CSP 19)**. Christchurch, New Zealand: June 2010.

Office of Radiation Safety, CSP 15. Ministry of Health. **Code of Safe Practice for the use of Nuclear Density Meters (CSP 15)**. Christchurch, New Zealand: June 2010.

U.S. Nuclear Regulatory Commission. **The Regulation and Use of Radioisotopes in Today's World**. Washington, DC: U.S NRC, 2000.

U.S Department of Agriculture. Office of Homeland Security & Emergency Coordination Radiation Safety Division: **Nuclear Gauges**. Acessado em 10/06/2016 às 12h10min. site: <<http://www.dm.usda.gov/ohsec/rsd/nucleargauges.htm#gensec>>.

APÊNDICE.

(Esta pagina esta em branco propositalmente)

Norma CNEN NN x.xx
Resolução CNEN xxx/xx
NNNNN / xxxx

**REQUISITOS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
PARA INSTALAÇÕES COM MEDIDORES NUCLEARES**

Resolução CNEN xxx/xx
Publicação: DOU xx.xx.xxxx

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

REQUISITOS DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO RADIOLÓGICA
PARA O TRABALHO E SERVIÇOS COM MEDIDORES NUCLEARES

RESOLUÇÃO CNEN N° XXX, DE XX DE XXXXXX DE 20XX

Dispõe de requisitos básicos para trabalho, procedimentos e medidas de proteção e segurança no emprego de fontes radioativas seladas, para uso de medidores nucleares fixos e portáteis.

Art. 1º Esta norma tem por objetivo estabelecer requisitos de segurança e proteção radiológica necessários para o funcionamento das instalações que utilizam medidor nuclear.

§ 1º Essa norma se aplica para as duas categorias de medidores nucleares:

I – Fixos;

II – Portáteis.

§1º Esses requisitos abrangem a posse, a utilização, o armazenamento e o transporte de medidores nucleares contendo fontes de radiação para uso nessas instalações.

§2º Esta norma também se aplica aos equipamentos geradores de radiação ionizante, operados em bases fixas e móveis em aplicações que não atendam aos requisitos de isenção de proteção radiológica.

CAPÍTULO 1
DAS INSTALAÇÕES QUE UTILIZAM MEDIDORES NUCLEARES

Art. 2º As instalações que utilizam medidores nucleares caracterizam-se como:

I - Instalações que utilizam medidores nucleares fixos em controle de processos, assim discriminadas:

a) Controle de processos tipo I: instalações que utilizam, em uma ou mais etapas dos seus processos industriais, medidores nucleares fixos contendo apenas equipamento gerador de

radiação ionizante. Os medidores nucleares nessas instalações não devem utilizar fonte radioativa;

b) Controle de processos tipo II: instalações que utilizam, em uma ou mais etapas dos seus processos industriais, medidores nucleares fixos contendo fonte radioativa selada.

II - Instalações que utilizam medidores nucleares em sistemas, assim discriminadas:

a) Sistemas portáteis tipo I: instalações que utilizam medidores em sistemas portáteis contendo apenas equipamento gerador de radiação ionizante. Os medidores nucleares nessas instalações não devem utilizar fonte radioativa selada;

b) Sistemas portáteis tipo II: instalações que utilizam medidores em sistemas portáteis contendo fonte radioativa selada.

Parágrafo único. As instalações que utilizam medidor nuclear devem ser licenciadas de acordo com os diferentes tipos de instalação conforme discriminado neste artigo.

III – De acordo com a norma 6.02, se respeitará a divisão dos subgrupos 3A, 3B, 3C.

CAPÍTULO II DAS RESPONSABILIDADES

Art. 3º Uma instalação de radiografia industrial deve possuir:

I – Um titular da instalação nomeado.

II – Supervisor de Proteção Radiológica (SPR) em medidores nucleares.

III – Supervisor de Proteção Radiológica substituto.

IV – Operadores do medidor nuclear, devidamente treinados para a função.

§1º O titular da instalação é o responsável pela instalação perante CNEN, assumindo a responsabilidade pela aplicação do Plano de Proteção Radiológica da Instalação.

§2º Os SPR deverão ser certificados pela CNEN, conforme Resolução CNEN 111/11 – “Certificação da Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica”;

§3º O SPR substituto deve fazer parte do quadro de funcionários da instalação com carga de trabalho mínima de 20 horas semanais e possuir nível superior de escolaridade;

§4º Os operadores dos medidores nucleares portáteis deverão receber treinamento específico para operação do medidor nuclear.

Art. 4º Além das responsabilidades constantes nas Resoluções CNEN 3.01/14 – “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica – Resolução CNEN 10/88 – “Serviços de Radioproteção”, o titular da instalação tem as seguintes responsabilidades específicas:

I - Tomar as providências necessárias relativas ao licenciamento da instalação, de acordo com as normas aplicáveis de segurança e proteção recomendadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN);

II - Manter um supervisor de radioproteção, com certificado de qualificação em conformidade com norma específica da CNEN;

III - Viabilizar as ações estabelecidas no PPR;

- IV - Submeter previamente à CNEN atualizações do PPR referentes a possíveis modificações em projetos ou procedimentos relevantes à radioproteção;
- V - Autorizar exposições de emergência;
- VI - Fornecer ao trabalhador, por escrito, as instruções relativas aos riscos da exposição e os regulamentos de radioproteção adotados na instituição;
- VII - Cientificar cada trabalhador e o serviço médico sobre as doses resultantes de exposições de rotina, acidentais ou de emergência;
- VIII - Manter a disposição da CNEN todos os dados radiológicos, instrumentos e procedimentos administrativos, técnicos e médicos relativos à radioproteção;
- IX - Minimizar as ocorrências de exposições acidentais por meio da redução da probabilidade de ocorrência de acidentes;
- X - Comunicar a CNEN, o mais rápido possível, as doses resultantes de exposições acidentais ou de emergência, junto com um relatório detalhado sobre as causas dessas doses;
- XI - Submeter a CNEN um relatório detalhado das situações anormais, tanto de acidentes como de emergência, no qual deve constar uma análise das causas, consequências e as medidas para evitar recorrências;
- XII - Colocar à disposição dos inspetores da CNEN as informações relevantes à radioproteção aplicada à instalação e garantir aos mesmos, livre acesso aos ambientes da instalação.

Art. 5º Além das responsabilidades constantes nas Resoluções CNEN 3.01/14 – “Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica – Resolução CNEN 10/88 – “Serviços de Radioproteção” - Resolução CNEN 111/11 – “Certificação da Qualificação de Supervisores de Proteção Radiológica”, o SPR em Medidores Nucleares tem as seguintes responsabilidades específicas:

- I - Dar suporte técnico ao titular e aos trabalhadores no cumprimento do PPR;
- II - Assessorar e informar a direção da instalação sobre assuntos relativos à radioproteção;
- III - Fazer cumprir as normas e recomendações sobre radioproteção da CNEN;
- IV - Planejar, coordenar e supervisionar as atividades de radioproteção;
- V - Treinar, reciclar, orientar e avaliar o desempenho da equipe de trabalhadores envolvidos na operação do medidor nuclear;
- VI – Analisar os resultados do programa de monitoração individual;
- VII - Supervisionar a manutenção dos equipamentos;
- VIII - Autorizar o uso do equipamento após seu reparo;
- IX - Verificar as condições de segurança física das fontes nas instalações.
- X - Saber e ter que avaliar os locais sujeitos a radiação normal e acidental e em situações de emergência.

Art. 6º Os Operadores de Medidores Nucleares tem as seguintes responsabilidades específicas:

- I – Participar dos treinamentos para operação do medidor nuclear e de proteção radiológica associada a essa utilização;
- II - Seguir corretamente todas as instruções de operação e de segurança relativas à utilização do medidor nuclear;
- III – Utilizar o monitor individual conforme estabelecido no programa de monitoração individual;
- IV – Comunicar sobre qualquer atividade profissional que envolva exposição à radiação ionizante fora da instalação;
- V - Verificar as condições de funcionamento do medidor nuclear.

VI - Verificar as condições de funcionamento dos monitores de radiação utilizados para levantamento radiométrico.

VII - Ter a custódia das chaves da mala de armazenamento.

VIII – Usar sistema de monitoração individual sempre que estiver na instalação ou operando o medidor.

CAPÍTULO III ATOS ADMINISTRATIVOS E REQUERIMENTOS

SEÇÃO I GENERALIDADES

Art. 7º Devem ser feitas pelo titular da instalação ou serviço:

I - a ordenação da resolução específica sobre licenciamento de instalações radiativas e.

II - os critérios e requisitos de funcionamento, organização, qualidade e proteção radiológica, constantes das resoluções específicas sobre diretrizes básicas de proteção radiológica, e serviços de radioproteção e demais requisitos constantes desta resolução.

Art. 8º A concessão de autorizações constantes desta resolução encontra-se condicionada ao atendimento ao estabelecido na Resolução CNEN nº 166/14 “Licenciamento de Instalações Radiativas”, que dispõe sobre requisitos de segurança e proteção radiológica nas instalações radiativas.

SEÇÃO II AUTORIZAÇÃO PARA OPERAÇÃO DA INSTALAÇÃO

Art. 9º Para obtenção da Autorização para Operação da instalação que pretende utilizar medidor nuclear deve ser submetido à CNEN um Relatório Preliminar da Análise de Segurança (RPAS), contendo a descrição física da instalação, dos equipamentos importantes e das medidas a serem tomadas para a garantia da segurança radiológica dos trabalhadores, do público e do meio ambiente.

Art. 10º O requerimento para obtenção da Autorização para deve conter, no mínimo:

I - identificação das fontes de radiação a serem utilizadas na instalação, incluindo descrição de características de operação e contenção;

II - descrição de sistemas de controle que devem ser adotados, de acordo com os programas de proteção física e proteção radiológica previstos nesta resolução, incluindo:

a) restrição de acesso;

b) uso de sinalização para demarcação de áreas;

§1º Deve ser submetida uma planta da instalação, com indicação do local do medidor nuclear fixo.

§ 2º Quando o medidor nuclear for do tipo portátil, a planta da instalação deve ser submetida com a identificação do lugar onde o medidor é armazenado quando está fora de operação.

§ 3º A finalidade e os aspectos operacionais da utilização do medidor devem estar descritas.

§ 4º As fontes de radiação devem estar plenamente identificadas e descritas, com as informações contidas em um inventário de fontes radioativas a ser enviado à CNEN;

§ 5º Enviar informações sobre blindagens utilizadas para reduzir a taxa de exposição nas cercanias da fonte de radiação aos níveis aceitáveis.

SEÇÃO III

AQUISIÇÃO DE MEDIDORES NUCLEARES

Art. 11º As aquisições de fontes sempre ficam condicionadas ao processo de operação da instalação, e deve ser fornecido para a CNEN com antecedência mínima de 30 dias:

I – Dados referentes à fonte:

- a) Fornecedor;
- b) Atividade;
- c) Radioisótopo;
- d) Finalidade do uso;
- e) Justificar o uso;
- f) Data da aquisição;
- g) Modelo e tipo do equipamento;
- h) Ano de fabricação.

II – Dados referentes à instalação:

- a) Nome do Titular legal;
- b) Nome e registro do SPR;
- c) Alvará quanto ao tipo de funcionamento da instalação;
- d) PPR atualizado.

Parágrafo único: Não se empresta, doa, o fica para espólio medidor nuclear. O medidor pode se trocado de lugar dentro da mesma planta, mas o procedimento tem que ser autorizado pela CNEN, qualquer outro caso tem que ser apresentando a autoridade reguladora.

Art. 12º A capacidade operacional mínima requerida para uma dada instalação deve atender a critérios de estrutura de armazenamento, equipamentos e pessoal compatíveis com as suas necessidades em termos de proteção radiológica.

SEÇÃO IV

DO RELATÓRIO FINAL DE ANÁLISE DE SEGURANÇA

Art. 13º O Relatório Final de Análise de Segurança, também denominado de Plano de Proteção Radiológica (PPR), deve contemplar os requisitos previstos nessa norma:

Art. 14 No caso de qualquer alteração na estrutura ou em procedimentos que possam impactar na segurança radiológica, um requerimento contendo a atualização do PPR deve ser submetido à CNEN.

CAPÍTULO IV OS REQUISITOS DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA

Art. 15º O Plano de Proteção Radiológica, deve contemplar no mínimo os seguintes requisitos:

- I - Dados cadastrais da instalação;
 - II- Descrição do medidor nuclear e de sua aplicação na instalação;
 - III- Descrição do serviço de radioproteção, incluindo a estrutura de pessoal e de equipamentos;
 - IV - Inventário das fontes radioativas e de equipamentos emissores de radiação ionizante;
 - V - Procedimentos de proteção radiológica a serem aplicados;
 - VI - Programa de controle dos equipamentos do serviço de radioproteção;
 - VII – Função, descrição e classificação das áreas;
 - VIII - Programa de monitoração de áreas;
 - IX - Programa de monitoração individual;
 - X- Instruções fornecidas aos trabalhadores, ou afixadas em locais determinados
 - XI - Programa de treinamento dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE)
 - XII - Exames médicos a serem realizados pelos IOE
 - XIII - Estrutura e métodos para a segurança das fontes;
 - XIV - Programa de emergência
 - XV - Gerenciamento dos registros da instalação
 - XVI - Documentos de referência utilizados.
- XVI Termo assinado pelo titular da instalação reconhecendo o conteúdo do Plano de Proteção Radiológica e assumindo a responsabilidade sobre este.
- Parágrafo único: O titular e o SPR da instalação devem garantir que todos os IOE estejam familiarizados com o conteúdo do PPR.

SEÇÃO I DOCUMENTOS E REGISTROS

Art. 16º A seguinte documentação e registros relativos à proteção radiológica devem ser elaborados, conservados e mantidos na sede da instalação:

- I - autorização para operação;
- II - controle de monitoração individual;
- III - controle médico;
- IV - certificados de calibração de monitores de radiação;
- V - registro de aferição dos monitores de radiação;
- VI - registro dos ensaios de fuga;
- VII - registro de controle de fontes de radiação;

- VIII - registro de treinamento;
- IX - relatório de emergência;
- X - registro de transporte; e
- XI - registro de auditorias.

SEÇÃO II

PROGRAMA DE TREINAMENTO

Art. 17º Deve ser elaborado e executado um programa de treinamento desenvolvido pelo SPR, para os IOE. O programa tem que ser revistos em períodos regulares, e arquivado na sede da instalação.

§1º O programa de treinamento deve indicar a descrição do conteúdo a ser estudado, os critérios de avaliação e as referências bibliográficas a serem adotadas.

§2º O treinamento deve contemplar aulas teóricas e práticas, com conteúdos focados nos critérios e procedimentos de proteção radiológica a serem adotados para a utilização do medidor nuclear.

§3º Devem ser previstos treinamentos para reciclagem dos conhecimentos dos IOE, com conteúdo específico definido pelo SPR. As reciclagens não podem ter periodicidade superiores a 2 anos.

§4º Documentos comprobatórios dos treinamentos devem ser arquivado para posterior comprovação.

SEÇÃO III

PROGRAMA DE MONITORAÇÃO INDIVIDUAL

Art. 18º O programa de monitoração individual deve contemplar no mínimo os seguintes itens:

I – Periodicidade da monitoração;

II – Descrição do uso e manuseio do monitor individual, destacando o posicionamento do monitor no corpo do indivíduo;

III- Definição dos valores adotados para níveis de investigação, operacionais e de notificação;

§1º Os monitores individuais de leitura indireta devem ser fornecidos por uma instituição certificada pela CNEN.

§2º Deve ser definido um local, preferencialmente em área livre, onde deverão ser mantidos o monitor de referência e outros que não estejam em uso.

§3º As doses mensais recebidas pelos IOE devem ser registradas e arquivadas para avaliação em qualquer momento.

§4º As doses mensais recebidas pelo IOE devem analisadas pelo SPR, que deve proceder com as ações definidas no PPR caso os níveis de referências adotados sejam atingidos.

§5º Todos IOE devem ter ciência das doses mensais recebidas por cada um.

§3º Um relatório anual contemplando a doses acumuladas no último ano e nos 5 últimos anos devem ser elaborado.

SEÇÃO IV

EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO RADIOLOGICA

Art. 19º Devem ser observados, quanto aos equipamentos e à instrumentação relacionada à proteção radiológica, os procedimentos e parâmetros de operação e manutenção em conformidade com os manuais dos fabricantes.

§1º Os monitores de radiação utilizados no levantamento radiométrico devem ser calibrados anualmente por um laboratório de metrologia certificado pela CNEN, conservando-se os respectivos registros.

§2º A instalação deve possuir no mínimo 02 (dois) monitores de radiação, sendo 01 titular e 01 reserva.

§3º A calibração periódica dos monitores de radiação deve ser realizada com no mínimo 2 meses de defasagem entre o monitor titular e o reserva.

Art. 20º Os equipamentos de proteção radiológica devem sofrer ações de manutenção preventiva e corretiva.

§1º A aferição dos monitores de radiação devem ser realizadas regularmente, conservando-se os registros.

§2º Os monitores de radiação, após as ações de manutenção corretiva, devem ser enviados a laboratórios certificados pela CNEN para nova calibração.

§3º Devem ser verificadas as condições de calibração de monitores, bem como de sua aferição, antes do uso, conservando-se os respectivos registros.

Art. 21º Deve ser estabelecido um programa de controle de qualidade dos monitores de radiação e um método para aferição desses.

Parágrafo único: As fontes radioativas seladas utilizadas no controle de qualidade e para aferição de monitores de radiação devem ser incluídas no inventário de fontes radioativas da instalação e devem ser mantidas sob controle conforme os requisitos estabelecidos nesta norma.

SEÇÃO V

PROGRAMA DE CONTROLE DE FONTES DE RADIAÇÃO

Art. 22º Deve ser mantido um registro atualizado do controle de inventário de fontes de radiação que contenha as seguintes informações:

I – Medidor nuclear com fonte selada:

- a) símbolo do radionuclídeo e sua atividade inicial;
- b) número de série da fonte;
- c) data de aquisição;
- d) fornecedor;
- e) autorização da CNEN;
- f) número de série do equipamento e modelo;

- g) localização na planta de processo;
- h) qual etapa do controle de processo;
- i) qual o tipo de medidor;
- j) destino do medidor ou fonte selada desativado.

II – Medidor nuclear com equipamento gerador de radiação ionizante (raios-X):

- a) fabricante, modelo e número de série;
- b) tensão (kV) e corrente (mA);
- c) data da aquisição;
- d) fornecedor;
- e) autorização da CNEN; e
- f) data e destino dado aos equipamentos desativados.

Parágrafo único. Devem ser mantidos atualizados os registros relativos à relação, movimentação e localização das fontes dos medidores nucleares, fontes de aferição e equipamento de raios-x.

Art. 23º Deve ser elaborado e executado procedimentos para realização de ensaios de fuga para medidores que utilizam fontes radioativas seladas com periodicidade máxima de 03 anos.

Art. 24º A troca de fontes radioativas deve ser autorizada pela CNEN, através de requerimento de alteração da Autorização para Operação, com documentação descritiva dos procedimentos a serem executados e dos cuidados de proteção radiológica a serem adotados.

Art. 25º Deverá ser informado o destino a ser dado às fontes de radiação consideradas como rejeito, devendo essas fontes serem armazenadas provisoriamente em local adequado, com os requisitos prescritos nesta resolução.

Parágrafo único. 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, que atenda à legislação específica do país para rejeitos industriais.

SEÇÃO VI

PROGRAMA DE MONITORAÇÃO DE ÁREAS

Art. 26º 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.

SEÇÃO VII

PROTEÇÃO FÍSICA DOS EQUIPAMENTOS CONTENDO FONTES RADIOATIVAS

Art. 27º Deve ser realizada a sinalização da fonte radioativa, com informações descritivas da fonte, incluindo a atividade, nome e símbolo do radionuclídeo.

Art. 28º As áreas controladas devem estar delimitadas de acordo com os resultados do levantamento radiométrico e devem ser estabelecidos métodos de controle de acesso a essas áreas.

Art. 29º Deve ter um programa de proteção física contendo as seguintes informações:

- a) furtos ou roubos dos medidores contendo fontes radioativas seladas;
- b) atos de sabotagem a materiais, equipamentos, fontes de radiação e instalações;
- c) remoção não autorizada de equipamentos e fontes de radiação;
- d) acesso indevido de pessoas não autorizadas às áreas supervisionadas e controladas da instalação;
- e) ocorrência de incêndios, explosões e outros eventos provocados pelo homem;
- f) ação de eventos produzidos por fenômenos naturais.
- g) meios de defesa do patrimônio e da integridade física de pessoas, materiais, equipamentos, fontes radioativas e instalações;
- h) métodos para rápida localização e recuperação de materiais, equipamentos e fontes desviados;
- i) estabelecimento de canais que agilizem a comunicação entre as pessoas envolvidas nesse programa.

Art. 30º Para os medidores nucleares portáteis tem que se ter um local específico e seguro para a guarda do equipamento.

§1º O medidor nuclear portátil não pode ser armazenado no mesmo local dos seguintes materiais:

- a) Explosivos;
- b) Gás inflamável;
- c) líquido inflamável;
- d) sólido inflamável;
- e) líquidos voláteis;
- f) agentes oxidantes;
- g) peróxidos orgânicos;
- h) corrosivos;
- i) gêneros alimentícios.

§1º O medidor deve permanecer trancado até o momento do uso e, depois da utilização, deve ser novamente trancado no local de armazenamento. As chaves utilizadas para o armazenamento do medidor nuclear portátil devem ser mantidas sob responsabilidade de indivíduo designado pelo SPR.

CAPITULO V

CONDUÇÕES DAS OPERAÇÕES

Art. 32º O programa de conduções de operações deve abranger a utilização do medidor nuclear em situações de rotina e em situações emergência, onde se fará uso das instruções descritas no PPR.

§ 1º Devem ser estabelecidos os procedimentos a serem executados antes da utilização do medidor nuclear.

§ 2º Procedimentos necessários para a verificação do funcionamento normal do medidor nuclear devem ser estabelecidos, incluindo levantamento radiométrico periódicos.

§ 3º Deve ser realizada a verificação da interrupção do funcionamento do medidor nuclear após o seu desligamento.

§ 4º A confirmação do recolhimento de fontes radioativas seladas do medidor nuclear ou do fechamento do obturador, para medidores com equipamento gerador de radiação, deve ser realizada através de levantamento radiométrico, incluindo pontos específicos para esta finalidade.

Art. 33º O programa de condução de operações deve mencionar o PPR e o plano de emergência, para fazer uso dos mesmos sempre que for necessário.

§ 1º O PPR e o plano de emergência deve ser apresentado e explicado para todos os funcionários da instalação.

CAPITULO VI

PROGRAMA DE EMERGÊNCIA

Art. 34º O programa de emergência deve incluir sempre ações imediatas para preservar e proteger a vida, limitar as lesões e prestar os primeiros socorros sempre que forem possíveis e necessários.

§ 1º O objetivo do programa deve ser prevenir e dar pronto atendimento aos casos de acidente e situação de emergência, causados por erro humano, falha nos equipamentos, incêndio, explosão, queda, roubo ou furto, extravio, inundação, acidente no transporte, contaminação e outros eventos que possam envolver fontes.

§ 2º O plano de emergência tem que ser o mais abrangente possível, visando cobrir qualquer tipo de emergência previsível:

I - O esmagamento do medidor por um rolo compressor, empilhadeira ou outro veículo; II - Objeto pesado cair sobre o medidor;

III - Suspeita de mau funcionamento, atividade da fonte diferente;

IV - Suspeita ou perda real de uma fonte;

V - furto ou roubo de uma fonte;

VI - falha nos procedimentos de segurança ou violação das regras de funcionamento; VII – incêndio, inundação, explosão ou outro desastre.

§ 3º O programa de emergência deve assegurar que, na eventualidade de um acidente ou situação de emergência, serão tomadas medidas apropriadas para garantir a segurança dos

IOE e do público e prevenir danos à propriedade e ao meio ambiente, devendo incluir, no mínimo, as seguintes informações:

I - 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;

II - procedimentos 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;

III - sistemática de atualização dos procedimentos de emergência;

IV - sistemática de treinamento simulado do programa de emergência;

V - ações para atendimento de pessoas acidentalmente expostas a radiações ionizantes; e

VI - relação de materiais e equipamentos de emergência, a serem especificados no plano de proteção radiológica

§4º A instalação deve ter disponível nome, endereço e número(s) de telefone(s) dos SPR, de forma que estes possam ser facilmente localizados e contatados.

§5º 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.

§6º Dentre as ações estabelecidas no plano de emergência as seguintes medidas devem estar contempladas:

a) comunicação imediata à autoridade reguladora;

b) avaliação da natureza do acidente e de sua extensão;

c) definição do tipo de radiação a que as pessoas podem ser expostas;

d) avaliação de possíveis contaminações de pessoas e objetos;

e) proteção da fonte para redução do risco de irradiação e de contaminação, quando possível;

f) isolamento das áreas, com a realização de levantamento para definição de distâncias seguras entre as pessoas e as fontes;

g) medidas para proteção do meio ambiente.

h) descrição de ações específicas para restabelecimento da normalidade para cada tipo de situação de emergência previsível.

SEÇÃO I PROCEDIMENTO PÓS-EMERGÊNCIA

Art. 35º Investigar as circunstâncias do incidente, incluindo a análise crítica das causas do acidente e das ações corretivas, e submeter à CNEN um relatório assinado pelo SPR e pelo titular da instalação, contemplando no mínimo as informações:

I - As doses recebidas pelos IOE envolvidos na emergência e de indivíduos do público devem ser avaliadas e/ou estimadas.

II - Devem ser previstas ações para evitar recorrências.

Realizações de avaliações, medições e cálculos necessários para determinar um plano de medidas corretivas e estimar as doses para os operadores e os membros do público envolvidos no incidente.

III - Deve ser realizada uma avaliação dos impactos radiológicos, sociais e econômicos do acidente ocorrido

CAPITULO VII TRANSPORTE

Art. 36º Em caso de necessidade de transporte de fontes radioativas para locais distintos daqueles previstos para utilização do medidor nuclear deverá ser elaborado, e submetido à aprovação da CNEN, um programa de transporte de material radioativo, em conformidade com a resolução específica sobre transporte de material radioativo, bem como com outros requisitos contidos em regulamentações específicas para transporte aéreo, terrestre e hidroviário em vigência no país.

CAPITULO VIII DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 37º As instalações devem facilitar o acesso de inspetores da CNEN ou de seus representantes autorizados, a fim de que possam realizar inspeções e auditorias.

Art. 38º A CNEN pode, em caso de descumprimento dos requisitos desta ou de outras resoluções aplicáveis, determinar a suspensão ou o cancelamento da Autorização para operação das instalações que utilizam medidores nucleares.

Art. 39º Esta resolução entrará em vigor a partir da data da sua publicação, revogando-se as disposições em contrário.

XXXXXXXXXXXXXXXXXX
Presidente da Comissão

XXXXXXXXXXXXXXXXXX
Membro

XXXXXXXXXXXXXXXXXX
Membro

ANEXOS:

Tabela 1:

Aplicação de Medidores Nucleares Fixos.

Aplicação	Equipamento	Radioisótopo	Atividade (Bq)
Linha de produção: Medidas de líquidos Medidas de produtos químicos	Medidor de Densidade	Sr^{90}	Radiação Beta 40 MBq à 40 GBq
Controle de Qualidade: Fabricação de leite condensado Fabricação de sucos Fabricação de cimento Fabricação de doces	Medidor de Densidade	Cs^{137}	Radiação Gama 0,4 à 40 GBq.
<u>Controle de qualidade:</u> Óleos e Bebidas enlatadas Produção de sabão em pó <u>Controle de linha de produção:</u> Medição de Caldeiras Medição de silos Medição de polpas	Medidor de nível	Am^{241} Co^{60} Cs^{137}	Radiação Gama 0,4 à 40 GBq.

Fonte: U.S. Nuclear Regulatory Commission, THE REGULATION AND USE OF RADIOISOTOPES IN TODAY'S WORLD.

Tabela 2:

Aplicação de Medidores Nucleares Portáteis.

Aplicação	Equipamento	Radioisótopo	Atividade (Bq)
Construção civil Medir a uniformidade do asfalto	Medidor de transmissão	Cs ¹³⁷	Radiação Gama 0,4 à 40 GBq

Fonte: U.S. Nuclear Regulatory Commission, THE REGULATION AND USE OF RADIOISOTOPES IN TODAY'S WORLD.