

PRESENÇA DE RADIAÇÃO NATURAL NA ATIVIDADE DE EXTRAÇÃO E PRODUÇÃO DE PETRÓLEO

PINTO, Kelly Christina Moura¹

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar a situação da exposição aos materiais radioativos de ocorrência natural (NORM), ou ainda materiais radioativos de ocorrência natural modificados tecnologicamente (TENORM) a que os trabalhadores envolvidos na atividade de exploração e produção de petróleo podem estar sujeitos. Através da análise das normas nacionais de controle e regulamentação de práticas envolvendo material radioativo e nuclear, este trabalho mostra ainda não ser possível classificar a prática de exploração e produção de petróleo dentro dos critérios de controle propostos nas normas nacionais existentes. Dessa forma, sugere que os profissionais envolvidos nesta atividade sejam considerados ocupacionalmente expostos à radiação ionizante e não do público em geral, propondo ações que levem à redução das doses ocupacionais resultantes, segundo orientação da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), em sua publicação Safety Series 115 - International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources (Normas Básicas Internacionais de Segurança para Proteção contra Radiações Ionizantes e para a segurança das fontes de radiação, 1996).

PALAVRAS-CHAVE: petróleo; radiação ionizante; TENORM.

ABSTRACT

This article aims to present the situation of exposure to naturally occurring radioactive materials (NORM), or naturally occurring radioactive materials technologically modified (TENORM) that workers involved in exploration activity and oil production may be subject. Through analysis of the national standards of control and regulation of practices involving radioactive and nuclear material, the work is not yet possible to classify the practice of exploring and producing oil within the control criteria proposed in the existing national standards. Thus, we suggest that professionals involved in this activity are considered occupationally exposed to ionizing radiation and not the general public, proposing interventions to reduce occupational doses resulting, according to guidance of the International Atomic Energy Agency (IAEA) in its publication Safety Series 115 - International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources (International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the safety of radiation sources, 1996).

KEYWORDS: ionizing radiation; oil; TENORM.

1. Pós-graduanda em Engenharia de Segurança do Trabalho, Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe - FANESE. Graduada em Engenharia Civil, Universidade Federal de Sergipe-UFS. Graduada em Edificações, Escola Técnica Federal de Sergipe - ETFSE.

Trabalho sob a orientação do Prof. Me. João Batista Aragão e co-orientação da Profa. Ma. Jussara Maria Viana Silveira.

INTRODUÇÃO

A radioatividade é um processo natural através do qual átomos instáveis evoluem em busca de configurações mais estáveis. O processo leva à transmutação de elementos químicos e à liberação de energia nuclear. Descoberto no final do século passado, o fenômeno foi desvendado e dominado pelos cientistas, e sua utilização disseminou-se tanto em benefício do homem (na medicina, por exemplo), como para fins maléficos (caso das bombas nucleares). Desde sua descoberta, a radioatividade vem sendo associada ao aumento do câncer nas populações expostas tanto a fontes naturais quanto a fontes artificiais usadas de modo inadequado, ou em acidentes como a explosão do reator nuclear de Tchernobyl, na Rússia (1986), ou a abertura de uma cápsula de césio radioativo (^{137}Cs) de uso medicinal em Goiânia (1987).

O grande agravante para a prevenção contra radiações, primeiramente refere-se à sua detecção, pois o ser humano não dispõe de sistemas próprios para a detecção da presença de radiação, já que a mesma é incolor, inodora, não palpável e inaudível.

A mais importante fonte natural de radiação é do radônio e dos produtos da sua transmutação (chamados filhas do radônio). O gás radônio é um elemento radioativo de ocorrência natural, encontrado em solos e rochas componentes da crosta terrestre. Ele se origina da transmutação do rádio que, por sua vez, se origina da transmutação do urânio. Como são sólidos, estes elementos da transmutação do radônio podem ser capturados pelos pulmões e em geral, aceita-se que o radônio é a principal causa do câncer de pulmão.

A ionização pode provocar alterações moleculares e formação de espécies químicas que causam danos às células. O ser humano é o alvo mais susceptível à radiação nuclear, e os efeitos da radiação no corpo humano são muitos e complexos, resultando em danos a cada célula em particular. As pesquisas sobre estes efeitos visam, em geral, correlacionar fatores tais como dose recebida, energia, tipo de radiação, tipo de tecido e órgãos atingidos. Diferentes tecidos reagem de diferentes formas às radiações. Alguns tecidos são mais sensíveis que outros como os do sistema linfático e hematopoiético (medula óssea) e do epitélio intestinal, que são fortemente irradiados, enquanto outros, como os musculares e neuronais, possuem baixa sensibilidade às radiações.

A radiação pode causar impedimento ou danificação da divisão celular, modificações na estrutura genética das células reprodutoras ou até destruição total da célula. Um dos efeitos da radiação é o aparecimento de doenças decorrentes de alteração celular como o câncer. A probabilidade de ocorrência de um câncer radioinduzido depende do número de clones de

células modificadas no tecido ou órgão, uma vez que depende da sobrevivência de pelo menos um deles para garantir a progressão. O período de aparecimento (detecção) do câncer após a exposição pode chegar até 40 anos. No caso da leucemia, a frequência passa por um máximo entre 5 e 7 anos, com período de latência de 2 anos. Outras doenças provocadas pela radiação ionizante são leucopenia (redução no número de glóbulos brancos no sangue), anemia (perda de células vermelhas), trombocitopenia, obstrução de vasos ou fragilidade vascular.

Os danos que a radioatividade pode causar à saúde humana justificam as rigorosas normas de segurança adotadas nas atividades que usam a energia nuclear. Porém muitas pessoas podem estar sendo expostas, sem saber, a níveis elevados de radiação, por causa do acúmulo de elementos radioativos em resíduos de processos industriais.

Muitos países, dentre eles o Brasil, realizam estudos sobre esse problema, visando reduzir ou eliminar o aumento da radioatividade natural causado pelas tecnologias criadas pelo homem.

Radiação ionizante natural na atividade de extração e produção de petróleo

A presença de materiais radioativos de ocorrência natural (NORM – Naturally Occurring Radioactive Material ou, em português, Material Radioativo de Ocorrência Natural), que contaminam instalações é um fato freqüente na indústria do petróleo, podendo expor os trabalhadores dessa indústria a níveis elevados de radiação. NORM é formado pela concentração de núclídeos radioativos em certos materiais, durante vários processos não nucleares. Já quando os núclídeos radioativos associados aos materiais naturais surgem após processos industriais, são denominados TENORM - Technologically Enhanced Natural Occurrence Radioactive Material ou, em português, Materiais Radioativos de Ocorrência Natural Aumentados Tecnicamente.

Uma das práticas mais comuns em campos de extração e produção de petróleo em todo o mundo, sejam eles “onshore” (campos terrestres) ou “offshore” (campos marítimos), é a reinjeção da água produzida juntamente com o petróleo. Após tratada (filtrada, com bactericida e isenta de oxigênio), a água produzida é reinjetada no reservatório, a fim de manter a pressão necessária à produção do óleo e do gás. A água produzida é rica em íons sulfato que, em contato com os íons de bário, estrôncio e rádio, presentes na água de formação, aquela existente no reservatório, formam precipitados de baixíssima solubilidade. Mudanças de temperatura, pressão e vazão sofridas por esses fluidos no processo produtivo favorecem a deposição de tais precipitados no interior das colunas de produção e na planta de processo, ocasionando perdas de produção, e conseqüentemente aumento nos custos e o

aparecimento de níveis de radiação ionizante acima dos naturais. Essa deposição de precipitados na coluna de produção ou em dutos é o que se chama, na indústria do petróleo, de incrustação.

A ocorrência de elementos radioativos naturais no petróleo e no gás natural também pode aumentar a exposição à radiação. Reservatórios de petróleo e gás são cercados por formações rochosas que em grande parte determina seus minerais e, por conseguinte, os radionuclídeos contidos. Quando o óleo é extraído do subsolo, vem acompanhado de sólidos e de água. As incrustações e borras contendo radionuclídeos se originam em poços de petróleo ricos em bário e estrôncio que, sob certas condições sofrem precipitação, carregando com eles os isótopos 226 e 228 do rádio, ambos radioativos. Com o tempo, esses precipitados entopem os dutos, devendo ser removidos e depositados de modo seguro, para evitar exposições à radioatividade. O problema foi observado em plataformas marítimas de petróleo do Mar do Norte, na Europa, em 1981 (e estima-se que existam, em todo o mundo, cerca de seis mil plataformas desse tipo). Até hoje, porém, as avaliações realizadas mostram que os trabalhadores sofreram baixos níveis de exposição e que o problema se concentra na emissão de efluentes para o mar, no caso de instalações offshore.

Os depósitos de borra oleosa consistem da acumulação de hidrocarbonetos, areia gerada no processo e pequenas quantidades de material corroído, que permanecem em suspensão no interior de alguns equipamentos.

As incrustações, sem associação a material radioativo, em instalações de prospecção de petróleo, problema relatado desde os anos 30, têm sido utilizadas no mundo inteiro para controlar o desempenho dos campos de produção de óleo e gás (HOOVER e HEBERT, 1995), sendo tratadas mais como um problema de entupimento de tubos e vasos, reduzindo a vazão e, conseqüentemente, a eficiência da instalação, prejudicando assim as atividades de exploração e produção de petróleo. A necessidade de redução dessas incrustações fez com que a indústria de petróleo realizasse uma série de pesquisas sobre sua origem e natureza, a partir das quais foi constatada a presença de radioatividade.

Os radionuclídeos normalmente mobilizados e que aparecem em borras, material arenoso e incrustações são o rádio-228 e chumbo-210, todos provenientes das séries radioativas naturais do urânio-238 e tório-232. A composição e a atividade específica dos radionuclídeos nas borras, material arenoso e incrustações encontrados na produção de petróleo variam muito e dependem de diversos fatores.

Uma publicação do UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations (2000) cita que:

As exposições devido às fontes naturais de radiação, com poucas exceções, geralmente não têm o mesmo grau de controle que as exposições devido às fontes produzidas pelo homem. As poucas exceções são as exposições em minas e usinas de urânio e as práticas onde são manuseadas formas purificadas de materiais radioativos de ocorrência natural, tais como o rádio-226 e o tório. Mesmo onde o controle ocupacional já foi introduzido, os dados de dose individuais são bastante raros, sendo que a maioria dos dados devem estar disponíveis nos próximos anos, como resultado de avaliações realizadas nos países com respeito a se deverão ou não introduzir medidas de controle.

No início dos anos 80, esta indústria começou a se preocupar com o acúmulo de tal material, cujos elevados níveis poderiam representar risco à saúde humana devido à incorporação de isótopos de rádio. Países como Noruega, Reino Unido, Holanda e Alemanha têm estudado o problema e já possuem algumas normas para o tratamento do assunto. Contudo, mesmo entre esses países, não há consenso sobre que procedimentos devem ser adotados, embora a base de toda proteção radiológica seja a mesma, ou seja, os mais recentes guias da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP, 1991) e da Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA, 1996), a fim de controlar as exposições à radiação natural provenientes de situações, de alguma forma, modificados pelo homem.

Ainda que não existam dados suficientes disponíveis sobre exposições ocupacionais às fontes naturais de radiação, vários autores têm demonstrado sua preocupação em relação às incrustações radioativas encontradas em instalações de exploração de petróleo (TESTA et al., 1994, MILLER et al., 1991, WALDRAN, 1988, SMITH, 1987). Também algumas empresas demonstraram preocupações, mas de maneira geral, tem sido dada mais importância aos aspectos ambientais e de rejeito, (GRAY, 1997, GRAY, 1997 b, DUVALL, 1997) que aos aspectos ocupacionais.

No Brasil, poucos estudos tem sido realizados, no que concerne às exposições ocupacionais à radiação natural nas instalações de exploração e produção de petróleo, apesar de o número de trabalhadores nesse setor ser bastante significativo, mesmo considerando que apenas uma fração desses trabalhadores tenha algum tipo de envolvimento com as incrustações e borras. Entretanto, empresas produtoras de petróleo tem buscado entender e resolver o problema das incrustações em todos os níveis - do ambiental, com a deposição e armazenamento do material, aos ocupacionais.

Ainda não existem, no entanto, em nosso país, dados que possibilitem o diagnóstico preciso da atual situação radiológica dos trabalhadores envolvidos no manuseio e contato com esses materiais, o que sugere uma possível lacuna nas atividades de proteção aos trabalhadores nessas instalações.

A Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA ainda não trata especificamente do problema dos materiais radioativos de ocorrência natural em suas normas de proteção radiológica, como já acontece na Comunidade Européia (SMITH, KEMBALL, 1998). Apesar disso, podem e devem ser aplicadas as recomendações preconizadas pela mais recente publicação da Agência Internacional de Energia Atômica, Basic Safety Standards (BSS) - Safety Series 115: "As recomendações (do BSS) são requisitos básicos a serem cumpridos em todas as atividades que envolvam exposições à radiação".

As normas brasileiras, todas emitidas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, CNEN, a exemplo CNEN-NE-6.02 e CNEN-NE-3.01, também não tratam, claramente, dos aspectos das exposições ocupacionais a esses materiais radioativos, impossibilitando, a classificação de uma instalação de prospecção de petróleo e outras que apresentam materiais radioativos de ocorrência natural. Deve-se considerar ainda que essas normas, também não tratam claramente dos aspectos de licenciamento ou operação de instalações onde surge este tipo de material.

Mas a preocupação com os riscos do aumento da exposição à radioatividade natural está presente no Brasil. Por determinação da CNEN, o Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD vem coordenando um programa de pesquisa amplo para avaliar a extensão do problema no país (em especial no setor mineral), definir linhas de investigação prioritárias e propor estratégias de atuação em função dos resultados obtidos.

Fazendo análise das normas vigentes no país, percebe-se que elas não tratam claramente da radiação ionizante natural. A Norma Regulamentadora 15 (NR-15 – Atividades e Operações Insalubres), em seu anexo 5 – Radiações Ionizantes, trata:

Nas atividades ou operações onde trabalhadores possam ser expostos a radiações ionizantes, os limites de tolerância, os princípios, as obrigações e controles básicos para a proteção do homem e do seu meio ambiente contra possíveis efeitos indevidos causados pela radiação ionizante, são os constantes da Norma CNEN-NE-3.01: "Diretrizes Básicas de Radioproteção", de julho de 1988, aprovada, em caráter experimental, pela Resolução CNEN n.º 12/88, ou daquela que venha a substituí-la. (Parágrafo dado pela Portaria n.º 04, de 11 de abril de 1994).

A CNEN-NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, onde são especificados os requisitos básicos de radioproteção a serem seguidos no país, cita:

As práticas para as quais esta Norma se aplica incluem:

- a) o manuseio, a produção, a posse e a utilização de fontes, bem como o transporte, o armazenamento e a deposição de materiais radioativos, abrangendo todas as atividades relacionadas que envolvam ou possam envolver exposição à radiação;
- b) aquelas que envolvam exposição a fontes naturais cujo controle seja considerado necessário pela CNEN.

E dando continuidade à leitura da norma CNEN-NE 3.01 - Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica, encontram-se as seguintes definições:

Instalação Nuclear - instalação na qual material nuclear é produzido, processado, reprocessado, utilizado, manuseado ou estocado em quantidades relevantes, a juízo da CNEN. Estão, desde logo, compreendidos nesta definição: reator nuclear; usina que utilize combustível nuclear para produção de energia térmica ou elétrica para fins industriais; fábrica ou usina para a produção ou tratamento de materiais nucleares, integrante do ciclo de combustível nuclear; usina de reprocessamento de combustível nuclear irradiado; e depósito de materiais nucleares, não incluindo local de armazenamento temporário usado durante transportes.

Instalação Radiativa - estabelecimento ou instalação onde se produzem, utilizam, transportam ou armazenam fontes de radiação. Excetuam-se desta definição: as instalações nucleares; e os veículos transportadores de fontes de radiação quando estas não são parte integrante dos mesmos.

Material Nuclear - os elementos nucleares e os seus subprodutos, definidos pela Lei 4.118/62.

Material Radioativo - material que contém substâncias emissoras de radiação ionizante.

Rejeito Radioativo (ou simplesmente Rejeito) - qualquer material resultante de atividades humanas que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção, de acordo com norma específica da CNEN, e para o qual a reutilização é imprópria ou não previsível.

Nota-se, portanto, que a utilização das Diretrizes Básicas de Radioproteção - CNEN-NE 3.01 não possibilita a classificação das instalações que exploram e produzem petróleo como instalação nuclear ou radioativa, já que se observa que as instalações citadas como nucleares são essencialmente aquelas que fazem parte do ciclo do combustível nuclear, não havendo qualquer referência aos processos de extração e produção de petróleo. A lei federal 4.118/62, que dispõe sobre a política nacional de energia nuclear e cria a Comissão Nacional de Energia Nuclear também não fornece maiores esclarecimentos.

Já a Norma Regulamentadora 16 (NR-16 – Atividades e Operações Perigosas), em seu ANEXO (*) (Adotado pela Portaria GM n.º 518, de 04 de abril de 2003) – Atividades e Operações Perigosas com radiações ionizantes ou substâncias radioativas, anexo acrescentado pela Portaria n.º 3.393, de 17-12-1987, também não se refere à indústria de petróleo e gás.

A Posição Regulatória 6.02/002 da CNEN – Instalações de Produção e Exploração de Petróleo e gás com Materiais, Peças ou Componentes Contaminados com Ra-226 e Ra-228 e seus Descendentes Radioativos, cita que:

Uma vez identificada que qualquer instalação de produção e exploração de petróleo e gás, em decorrência de sua operação, possa vir acumular quantidades de materiais contendo RA-226 e/ou Ra-228 e seus descendentes radioativos em quantidades superiores a 100 Bq/g:

A instalação deve ser classificada de acordo com os critérios estabelecidos na Seção 4 da Norma CNEN- 6.02;

Pela norma CNEN-NE-6.02 - Licenciamento de Instalações Radioativas, as instalações radioativas são classificadas primordialmente em instalações que utilizam fontes seladas e fontes não seladas ou abertas. Parece claro que as instalações contendo TENORM não poderão ser classificadas como instalações que operam fontes seladas que seriam aquelas utilizadas em equipamentos para fins de radioterapia ou radiografia industrial.

A seção 4 da Norma CNEN-NE-6.02 – Classificação das Instalações Radioativas, divide as instalações que utilizam fontes seladas em Grupo I - Instalações que utilizam fontes seladas de grande porte em processos industriais induzidos por radiação, Grupo II - Instalações que utilizam fontes seladas em equipamentos para fins de radioterapia ou radiografia industrial e grupo III – Instalações que utilizam fontes seladas para fins outros que não os citados anteriormente.

As instalações que utilizam fontes não seladas são classificadas, segundo a Norma CNEN-NE-6.02, nos Grupos IV, V ou VI - Instalações onde se manipulam, utilizam ou se armazenam radionuclídeos cujas classes e limites de atividade total estão classificados na Tabela 1.

Abaixo, estão reproduzidas as Tabelas 1, “Classificação das instalações radiativas para operação com fontes não-seladas, e 2 “Fatores de multiplicação dos níveis de atividade da tabela 1”, ambas da Norma CNEN-NE-6.02, que norteiam a classificação das instalações consideradas radioativas:

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DAS INSTALAÇÕES RADIATIVAS PARA OPERAÇÃO COM FONTES NÃO SELADAS

CLASSE DE RADIONUCLÍDEOS (Ver Anexo)	GRUPO DA INSTALAÇÃO EM FUNÇÃO DOS NÍVEIS DE ATIVIDADE *		
	Grupo IV	Grupo V	Grupo VI
A	< 1 μ Ci	1 μ Ci a 1 mCi	> 1 mCi
B	< 100 μ Ci	100 μ Ci a 100 mCi	> 100 mCi
C	< 1 mCi	1 mCi a 1 Ci	> 1 Ci
D	< 10 mCi	10 mCi a 10 Ci	> 10 Ci

* Os limites dos níveis de atividade apresentados nesta Tabela são válidos apenas para instalações cujas condições de trabalho implicam num fator de multiplicação F igual a 1. (Vide Tabela 2)

Fonte: CNEN-NE-6.02. Disponível em <www.cnen.gov.br>. Acesso em: 28 nov. 2010.

TABELA 2 – FATORES DE MULTIPLICAÇÃO DOS NÍVEIS DE ATIVIDADE DA TABELA 1 *

CONDIÇÕES DE TRABALHO	FATOR DE MULTIPLICAÇÃO F
- Armazenagem Simples	100
- Operação muito simples por via úmida (fracionamento de compostos radioativos - alíquotas)	10
- Operações químicas normais (preparações químicas comuns)	1
- Operações complexas por via úmida (marcação de compostos radioativos)	0,1 (**)
- Operações simples por via seca (manipulação de pó), trabalho com compostos radioativos voláteis.	0,1 (**)
- Operações por via seca, com produção de pó (moagem ou trituração)	0,01 (**)
<p>(*) Exemplos explicativos constam do Suplemento a esta Norma.</p> <p>(**) Estes valores poderão ser acrescidos, a critério da CNEN, se as operações forem efetuadas em caixas de luvas ou células especiais.</p>	

Fonte: CNEN-NE-6.02. Disponível em <www.cnen.gov.br>. Acesso em: 28 nov. 2010.

Observa-se na tabela 1 que os radionuclídeos são classificados quanto à sua radiotoxicidade, ou seja, a variação de classes de A até D, sendo a classe A de muito alta radiotoxicidade e a D de baixa radiotoxicidade, conforme se observa no regulamento em questão. Também deve ser considerada a condição de trabalho, de modo a atingir-se um fator F, da Tabela 2 da Norma CNEN-NE-6.02 a ser multiplicado pelos níveis de atividade, obtendo, assim, a classificação final da instalação. Analisando as condições de trabalho citadas nessa norma, pode-se observar que o manuseio das borras decorrentes do processamento do petróleo, pode, no máximo, ser classificado como “Operações complexas por via úmida (marcação de compostos radioativos)”, obtendo-se um valor de F de 0,1. As operações envolvendo as incrustações, como a manipulação de pó, teriam um fator F que poderia ser entre 0,1 e 0,01, considerando que os radionuclídeos mais importantes são os isótopos do rádio (rádio-228 e rádio-226), classificados como de muita alta radiotoxicidade. Segundo dados obtidos na literatura, em média, as concentrações de atividade por unidade de

massa de borras e incrustações estão em torno de 1100 kBq/kg. Com pouco mais de 30 g seria possível classificar as instalações em Grupo IV, V ou VI.

A Norma CNEN-NE-6.02, no item 5, Processo Geral para Concessões de Licença e Autorizações, exige, para essas instalações (Grupos IV a VI), os seguintes requisitos:

Para instalações do GRUPO IV:

- Autorização para aquisição de material radioativo
- Autorização para operação

Para instalações do GRUPO V:

- Licença de Construção
- Autorização para aquisição de material radioativo
- Autorização para operação

Para instalações do GRUPO VI:

- Aprovação Prévia
- Licença de Construção
- Autorização para aquisição de material radioativo
- Autorização para operação

Pode-se observar que qualquer que seja a classificação sugerida às instalações de exploração e produção de petróleo, o item “Autorização para aquisição de material radioativo” não se aplica, uma vez que a instalação não está adquirindo nenhum tipo de material radioativo. Dessa forma, o único item que poderia ser aplicado é o de “Autorização para operação”. As exigências para obter a autorização de operação estão descritas no item 9 da Norma CNEN-6.02, como transcrito abaixo:

A concessão da Autorização para operação será orientada com base nas seguintes considerações:

- a) ter sido a construção da instalação completamente concluída de acordo com as disposições legais, regulamentares e normativa e com as condições das Licenças de Construção e seus aditamentos;
- b) haver comprovação de que a operação prevista será conduzida sem risco radiológico.

As informações a serem prestadas com vistas à Autorização para operação devem conter dados que permitam à CNEN analisar a conformidade das características existentes com os requisitos normativos, tendo em vista, particularmente, os aspectos radiológicos da operação que possam colocar em risco a saúde de trabalhadores e do público, bem como a integridade do meio ambiente. Tais informações devem ser consubstanciadas em um relatório de segurança que inclua, no mínimo, os seguintes aspectos, no que for aplicável:

- a) projeto final da instalação;
- b) organização do pessoal e responsabilidades;
- c) plano de treinamento do pessoal;
- d) plano para condução das operações;
- e) garantia da qualidade dos produtos do requerente e de seus contratados;
- f) controles administrativos a serem aplicados durante a operação;
- g) plano de emergência;
- h) especificações técnicas a serem adotadas para operação;
- i) plano de proteção física, de acordo com Normas específicas;
- j) plano de radioproteção, de acordo com Normas específicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da radioatividade ambiental provocado por atividades humanas é um tema sujeito à intensa investigação. Atividades antes insuspeitas podem ser vistas hoje como fontes potenciais de exposição. Por isso, vários trabalhos científicos têm sido publicados sobre esse assunto e vêm sendo desenvolvidas tecnologias de medida de radiação. Também estão sendo estudadas regulamentações para restringir os riscos associados a essas exposições.

A avaliação das normas nacionais de controle e de regulamentação de práticas envolvendo material radioativo e nuclear levou à consideração – e ao alerta - que, no caso da exploração e produção de petróleo, os critérios existentes nas normas brasileiras são insuficientes.

A análise das normas existentes no Brasil sugere que não existe legislação atualizada e específica para controlar as exposições ocupacionais relacionadas aos materiais radioativos de ocorrência natural encontrados em instalações de exploração e produção de petróleo. A Norma CNEN-NE-6.02, aplicada às instalações radiativas, trata do uso da fonte, mas, no caso da instalação em estudo, a fonte, borras e incrustações aparecem durante o processo de obtenção do produto principal, no caso, o petróleo, e não é uma regra, ou seja, existem instalações que não apresentam a formação de borras e incrustações. Desse modo, nenhuma das situações abordadas na referida norma pode ser aplicada a uma instalação que possua material radioativo do tipo daquele encontrado em instalações de petróleo. Sendo assim, fica clara a necessidade de legislação específica para instalações onde sejam gerados, ao longo de sua vida útil, materiais radioativos de ocorrência natural, não previstos quando da instalação da indústria.

Sugere-se, então, que os trabalhadores dessas instalações devam ser considerados como ocupacionalmente expostos (isto é, pessoas que em função de seu trabalho correm mais riscos de contaminação radioativa do que membros do público). Sugere-se ainda que estas instalações sejam consideradas áreas supervisionadas, que, segundo a norma CNEN-NE 3.02, é a área para a qual as condições de exposição ocupacional são mantidas sob supervisão, mesmo que medidas de proteção e segurança específicas não sejam normalmente necessárias.

Para tanto, é necessário que as empresas envolvidas na atividade discutida, mantenham ações como elaboração e divulgação de padrão próprio para gerenciamento de TENORM, contendo, dentre outros aspectos, classificação de áreas, controle da radiação nos trabalhadores através da aquisição de equipamentos para monitoração individual com o uso de filmes dosimétricos para acompanhamento efetivo das doses absorvidas, monitoração médica

específica para trabalhadores expostos à radiação, controles ambientais, sinalização da área de trabalho e controle dos rejeitos. Além dessas ações é necessário que haja um programa de treinamento da força de trabalho, para que esta esteja ciente dos riscos inerentes à radiação ionizante natural. Outras ações que podem ser utilizadas são a redução dos tempos de exposição dos trabalhadores, através da automação de operações possíveis de acionamento remoto e redução do tempo de manutenção dos equipamentos do sistema, minimizando o acúmulo de incrustações radioativas.

Também deve ser dada atenção especial aos equipamentos retirados do processo, seja para substituição ou manutenção, pois precisam ser descontaminados, e os rejeitos devem ser depositados em local específico.

É interessante ainda que estas empresas tenham em seu quadro um profissional com qualificação e certificação junto a CNEN de supervisor em gerência de rejeitos radioativos para que este possa desenvolver ações de monitoramento e controle com o objetivo de ter maior controle da radiação natural.

Devem ser desenvolvidos, ainda, estudos para tratar e resolver a questão de rejeitos tais como tubos e materiais metálicos, pois a quantidade gerada deste tipo de material acumulado é grande. Nesse sentido sugerem-se também meios para triagem das borras, o que seguramente reduzirá o volume do material a ser tratado e estocado de modo adequado.

Para evitar a adesão dos precipitados de incrustação nas paredes dos tubos têm sido usadas substâncias inibidoras, que são injetadas nos poços de petróleo.

As instalações e equipamentos aplicados na produção e exploração de petróleo não são enquadrados na legislação (norma CNEN) específica para licenciamento de instalações radiativas CNEN-NE-6.02, sendo assim, não se estabelece os devidos controles aos trabalhadores e a emissões radiativas no ambiente de trabalho, ou seja, as pessoas que desenvolvem suas atividades laborais em instalações de produção petrolífera são definidas como indivíduos do público e não como ocupacionalmente expostos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

HINRICHS, Roger A, KLEINBACH, Merlin, **Energia e Meio-Ambiente** – Tradução da 3ª. Ed. Norte-americana. (tradução técnica Flávio Maron Vichi, Leonardo Freire de Mello). - São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

BERTRAN, Celso Aparecido Bertran, ZIGLIO, Cláudio Marcos, DAMOS, Flavio Santos, LOH, Watson. - **Cinética de formação de Incrustações de CaCO₃ e BaSO₄ e o efeito de inibidores. O uso de Microbalança de Quartzo (QCM) como detector.** INSTITUTO DE QUÍMICA - UNICAMP, CENPES, PETROBRAS.

MATTA, Luiz Ernesto Santos de Carvalho. – **Aspectos Radiológicos Ocupacionais relacionados à presença de radionuclídeos naturais em estações de extração e produção de petróleo.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2001, 100p, Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia Nuclear - Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2001)

MIRANDA, Márcia Valéria de Fátima da Encarnação Sá. – **Estudo dos níveis de emissão de ²²²Rn presentes nos materiais radioativos de ocorrência natural** – NORM. Rio de Janeiro: UFRJ, 2009, 62p. Tese (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia Nuclear - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego, NR15 – **Atividades e Operações Insalubres.** NR-16 - **Atividades e Operações Perigosas.** Diário Oficial da União. Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear, **CNEN NE-6.02 – Licenciamento de Instalações Radiativas.** Diário Oficial da União. Portaria CNEN – 059/98, de 02 de junho de 1998.

BRASIL. Comissão Nacional de Energia Nuclear, **CNEN NE-3.05 – Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear.** Diário Oficial da União. Resolução CNEN- 10/96. Diário Oficial da União, de 19 de abril de 1996.

BRASIL. Lei nº 4118, de 27 de agosto de 1962. Dispõe sobre a política nacional de energia nuclear, cria a Comissão Nacional de Energia Nuclear, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mpambiental.org>> Acesso em: 28 nov. 2010.

SAFETY SERIES No. 115 - International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources.

http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/ss-115-web/Pub996_web-5.pdf

Acesso em 29/11/2010.