

CONTAMINAÇÃO RADIOATIVA DEVIDO À PRESENÇA DE ^{226}Ra e ^{228}Ra NAS INCRUSTAÇÕES E RESÍDUOS DE PETRÓLEO NA INDÚSTRIA PETROLÍFERA BRASILEIRA

Lucas de Almeida Martins¹; Geraldo de Souza Ferreira²

1 Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Bolsista do PetroPET – Grupo de Educação Tutorial em Engenharia de Petróleo – www.petropet.uff.br – lucasalmeidamartins@id.uff.br

2 Universidade Federal Fluminense, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Química e de Petróleo, Tutor PetroPET – Grupo de Educação Tutorial em Engenharia de Petróleo – www.petropet.uff.br – geraldoferreira@id.uff.br

RESUMO

Com a constante atividade da indústria petrolífera brasileira, e com seu futuro desenvolvimento, devido aos campos petrolíferos do Pré-sal, maior número de trabalhadores será necessário e empecilhos contínuos na produção de petróleo como incrustações e geração de resíduos serão maiores, e estes empecilhos apresentam elementos radioativos como ^{226}Ra e ^{228}Ra que são indubitavelmente prejudiciais aos trabalhadores e meio ambiente. Medidas de segurança e amenização são conhecidas na contaminação por radiação, porém não se tem o conhecimento do problema ou das soluções serem tomadas na indústria petrolífera. Assim, este trabalho contribui para a conscientização deste problema de contaminação por ^{226}Ra e ^{228}Ra nas incrustações e resíduos de petróleo, presente em grande parte da cadeia produtiva de óleo e gás, como no setor de transporte e de armazenamento de equipamentos, também com incrustações e resíduos contaminados.

Palavras-chave: contaminação, radiação, conscientização.

1. INTRODUÇÃO

Na produção de petróleo offshore, o mecanismo de recuperação secundário mais comum é a injeção de água – seja água marinha, doce ou da própria formação – que tem como intuito estabelecer uma manutenção constante da pressão do reservatório de modo a ocorrerem reflexos positivos na produção. Porém, o processo de injeção causa desequilíbrio termodinâmico (modificação da temperatura, pressão, entalpia e pH, por exemplo) no reservatório, devido à incompatibilidade da água de formação com a

água de injeção, e, no momento da produção, ocorre formação de incrustações, desde os poros da formação aos equipamentos e dutos de produção.

Nos diversos equipamentos usados na produção e armazenamento do petróleo, como tanques, separadores e tubulações são depositados resíduos de petróleo que apresentam variações na composição química e alta toxicidade.

Nestes dois fenômenos são encontrados elementos radioativos nos precipitados formados (incrustações e resíduos), especificamente os isótopos de Rádio (Ra), que são incontestavelmente prejudiciais aos

trabalhadores, quando expostos à radiação deles provenientes nos equipamentos contaminados. Esta radiação também é prejudicial ao meio ambiente.

O tema abordado no presente trabalho resulta do projeto de pesquisa e estudos sobre contaminação por radiação na indústria do petróleo, conduzido no Grupo PetroPET – Grupo Institucional de Educação Tutorial do Curso de Graduação em Engenharia de Petróleo da UFF-Universidade Federal Fluminense. A justificativa desse tema se associa ao fato de que o crescimento da indústria petrolífera brasileira, com as descobertas recentes do Pré-Sal, proporcionará benefícios econômicos ao país. Entretanto, a intensificação das atividades na indústria do petróleo, caso não sejam tomados cuidados efetivos com a existência do problema, pode levar a problemas sérios e disseminados de saúde e integridade física dos trabalhadores e impactar de forma danosa ao meio ambiente. Portanto, é fundamental produzir e disponibilizar informação, conhecimento e treinamento para os trabalhadores, com fornecimento de equipamentos de proteção individual apropriados, e orientação com relação aos métodos adequados para manuseio, manutenção, transporte e descarte do material contaminado, respeitando as normas de segurança e meio ambiente. Agentes

importantes neste contexto serão os engenheiros de petróleo. O presente trabalho busca contribuir para a formação profissional e pessoal de futuros engenheiros, ao despertar as condições de conhecimento para um problema pouco conhecido. O seu propósito é fortalecer a conscientização crítica e buscar uma atuação com responsabilidade, respeito ao próximo, integrando o relacionamento entre a complexidade das atividades da Engenharia de Petróleo, a tecnologia, riscos tecnológicos, segurança do trabalho e meio ambiente.

2. METODOLOGIA

O estudo e a prática da Engenharia são um aprendizado contínuo, com a missão de definir e elaborar novos procedimentos e melhorias nas atividades de operação e processo de forma mais segura e confiável. O presente trabalho se articula a esse aspecto e consiste em um estudo integrado dos elementos radioativos, em especial o Rádio, e de seu comportamento nas condições de exposição e interação energética com o ambiente, especificamente em fenômenos que ocorrem na indústria do petróleo.

Durante a realização deste trabalho, fez-se um levantamento sobre registros de ocorrência de contaminação por radiação na indústria do petróleo brasileira e mundial (ABDULLAH et al., 2016; ABO-ELMAGD et al., 2010; EL AFIFI et al., 2009; GODOY & CRUZ, 2003;



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

GODOY et al., 2005; HILAL et al., 2014; IAEA, 1996; IAEA, 2003; MÖBIUS et al., 2009), tendo sido encontradas poucas publicações que comprovam a contaminação radioativa, e, nestas os artigos centram-se sobre a presença de ^{226}Ra e ^{228}Ra . De posse das informações, fez-se um estudo sistematizado sobre o problema, objetivando alertar acerca de sua existência e conscientização.

Para a elaboração do artigo foi feita uma pesquisa bibliográfica em bases de periódicos e bancos de monografias, dissertações e teses sobre i. incrustações inorgânicas na indústria petrolífera, ii. química nuclear e iii. corpos regulatórios como: Conselho Nacional de Energia Nuclear, *International Atomic Energy Agency*. Para a atualização de dados, foram utilizadas informações disponíveis em páginas de alta confiabilidade na *web*. Os resultados foram sistematizados e serão apresentados no texto.

3. INCRUSTAÇÃO

A incrustação consiste em um material com alta dureza, semelhante à de uma rocha, e se forma como um depósito decorrente da precipitação de componentes inorgânicos, em especial sais insolúveis em água, oriundos da água de formação. Estes componentes precipitam e se aglomeraram, aderindo a alguma superfície, seja na formação, nos equipamentos, dutos (figura 1), etc. A incrustação provoca problemas na linha

operacional e na produção, obstruindo a passagem de fluidos, com conseqüente diminuição da vazão. Também gera prejuízo com custos operacionais extras, déficit na produção e operação do poço e perda de tempo de trabalho.

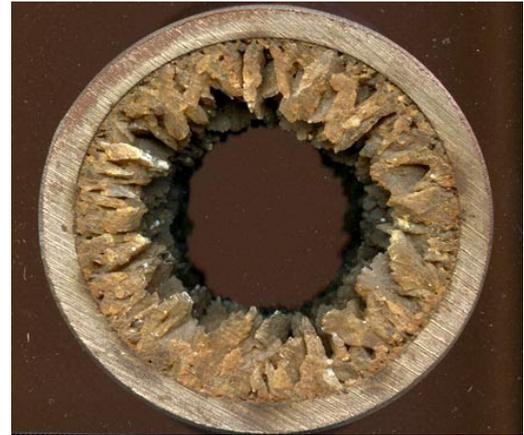


Figura 1: Incrustação em um duto.

A incrustação se inicia com o processo de cristalização, cuja ocorrência é condicionada por três fenômenos: supersaturação, nucleação e tempo adequado para formação dos cristais.

Uma solução é definida como supersaturada, quando há concentrações mais elevadas de compostos dissolvidos que a concentração de equilíbrio. A causa da supersaturação pode ser devida à alteração de temperatura e/ou pressão, pH e agitação.

A nucleação é a etapa em que as moléculas do soluto dispersas no solvente começam a se juntar em grupos, em escala nanométrica. Esses grupos nucleiam a incrustação e se tornam estáveis a partir de certo tamanho crítico, que depende das

www.conepetro.com.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br



II CONEPETRO

II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE
PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS
IV WORKSHOP DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO

condições de operação (temperatura, supersaturação, irregularidades, entre outros). Se um determinado grupo não atinge a estabilidade necessária, ele se dissolve. É no estágio de nucleação que os átomos se arranjam de uma forma definida e periódica que define a estrutura do cristal. (ALMEIDA NETO, 2012).

Após a solução tornar-se supersaturada e a nucleação ter acontecido, deve haver contato por tempo suficiente entre a solução supersaturada e os locais de nucleação sobre as superfícies de metal ou rocha. O tempo necessário de contato depende do grau de supersaturação, do tipo de mineral, temperatura, pressão e agitação.

As incrustações podem ocorrer: na formação e no canhoneado, reduzindo a porosidade e a permeabilidade, nas telas de contenção de areia (*gravel pack*) (figura 2) e na coluna de produção.



Figura 2: Incrustação em um *gravel pack*.

Também pode estar presente tanto nos equipamentos de sub-superfície – válvulas

(figura 3), dutos, bombas e equipamentos de cabeça de poço – quanto nos equipamentos de superfície – vasos separadores, tanques, bombas, trocadores de calor (figura 4) e sistemas de reinjeção de água.



Figura 2: Incrustação em uma válvula.



Figura 2: Incrustação em um trocador de calor.

4. RESÍDUOS DE PETRÓLEO

Resíduo de petróleo é uma mistura de óleo, sedimento e produtos de corrosão que são acumulados no interior de dutos e equipamentos como tanques, separadores etc (figura 5). É formado predominantemente por

www.conepetro.com.br

(83) 3322.3222

contato@conepetro.com.br

hidrocarbonetos de cadeia longa, carbonatos e silicatos (GODOY & CRUZ, 2003).



Figura 5: Equipamentos com a presença de resíduos.

Incrustações e resíduos que se acumulam na exploração e produção de petróleo podem conter uma mistura de radionuclídeos, incluindo Ra e outros produtos decaídos, que podem representar perigo por radiação, quando da possibilidade de haver exposição pessoal aos mesmos durante ocasiões de manutenção ou manuseio das peças e equipamentos afetados (GODOY *et al.*, 2005).

5. ORIGEM DOS ISÓTOPOS DE Ra

O fenômeno da radioatividade ocorre quando os núcleos instáveis, sempre que tiverem energia suficiente, emitem partículas alfa, elétrons ou pósitrons. O decaimento radiativo pode ocorrer também por emissão de radiação eletromagnética gama.

Elementos radioativos naturalmente encontrados na rocha reservatório, como os isótopos de Ra, ^{226}Ra oriundo do decaimento do ^{238}U (figura 6), e o ^{228}Ra e ^{224}Ra oriundos do decaimento do ^{232}Th (figura 7), são dissolvidos, com o tempo, na água de formação e acabam interagindo com os principais sais responsáveis pelas incrustações: carbonato de cálcio (CaCO_3), sulfato de cálcio (CaSO_4), sulfato de bário (BaSO_4) e sulfato de estrôncio (SrSO_4) e acabam sendo co-precipitados, principalmente com estes dois últimos compostos, principais responsáveis pela contaminação radiativa.

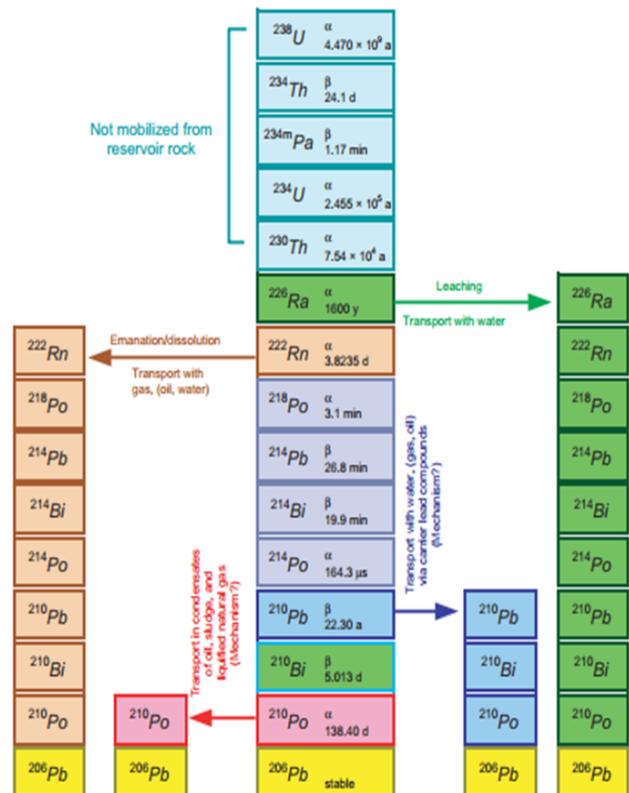


Figura 6: Produtos do decaimento do ^{238}U .

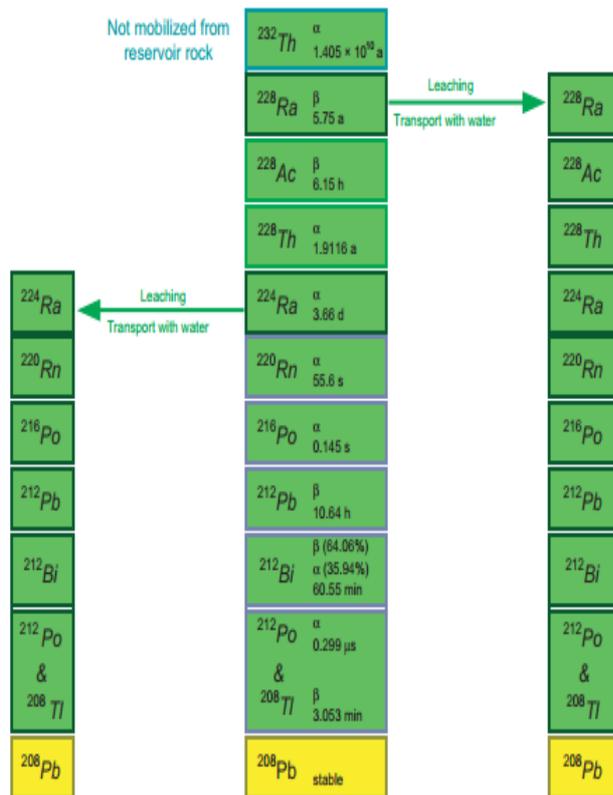


Figura 7: Produtos do decaimento do ^{232}Th .

Radionuclídeos naturais oriundos do decaimento do U e Th estão presentes em todo o meio ambiente, fazendo parte do solo, rochas, comidas e até do corpo humano. ^{238}U e ^{232}Th são parentes de duas séries complexas de elementos radioativos, sendo o último elemento da série estável. Neste caso, usa-se o termo NORM, *naturally occurring radioactive materials*, em várias indústrias, inclusive a petrolífera, no reservatório, na produção e em *facilities*. Quando o processo industrial perturba e/ou modifica o NORM, origina-se outro termo, *technologically*

enhanced naturally occurring radioactive material, TENORM.

6. CONTAMINAÇÃO RADIOATIVA NA INCRUSTAÇÃO E NOS RESÍDUOS POR ^{226}Ra E ^{228}Ra NO BRASIL

Na indústria de petróleo brasileira, existem registros dos elementos radioativos ^{226}Ra e ^{228}Ra em incrustações e resíduos, com elevada quantidade de emissão de radiação, conforme estudos realizados por Godoy & Cruz (2003) e Godoy et al. (2005).

Estes elementos radioativos foram encontrados em amostras obtidas durante a fase de exploração e produção na Bacia de Campos, e em amostras coletadas diretamente do subsolo ou de barris estocados na área de armazenamento de perdas, na unidade de exploração e produção de um campo terrestre no estado de Sergipe.

Na Bacia de Campos, 75% do sulfato de bário e do sulfato de estrôncio das incrustações apresentam concentração de atividade de ^{226}Ra e ^{228}Ra respectivamente de 106 kBq/kg e 78 kBq/kg. (GODOY & CRUZ, 2003). O resultado nos resíduos varia em relação à incrustação, pois possuem composição química complexa. Os valores de ^{226}Ra e ^{228}Ra vão de 0.36 a 367 kBq/kg e de 0.25 a 343 kBq/kg, respectivamente (GODOY et al., 2005) (tabela 1).

Tabela 1: Concentrações de ^{226}Ra em incrustações e resíduos antes e após extração de óleo. (Bacia de Campos).

Amostras	Tipo de amostra	Antes da extração do óleo (kBq/kg)	Após a extração do óleo (kBq/kg)	Varição de concentração (%)
1	Incrustação	1550.0	2195.0	41.7
2	Resíduo	83.8	139.4	66.3
3	Incrustação	193.3	207.6	7.4
4	Resíduo	89.3	149.5	67.4
5	Resíduo	69.6	152.4	119.0
6	Incrustação	1305.0	1737.0	33.1
7	Incrustação	144.0	151.4	5.1
8	Incrustação	133.8	147.9	10.5
9	Resíduo	101.5	114.8	13.1
10	Resíduo	115.1	142.3	23.6
11	Resíduo	40.5	48.6	20.0
12	Resíduo	80.9	112.8	39.4

Fonte: (GODOY & CRUZ, 2003)

Em Sergipe, foram realizadas quantificações de ^{226}Ra e ^{228}Ra em amostras com e sem óleo (tabela 2).

Tabela 2: Concentrações de ^{228}Ra em amostras de incrustações e resíduos antes e após extração de óleo. (Sergipe).

Amostras	Tipo de amostra	Antes da extração do óleo (kBq/kg)	Após a extração do óleo (kBq/kg)	Varição de concentração (%)
1	Incrustação	2110.0	3500.0	65,9
2	Resíduo	86.8	150.9	73.8
3	Incrustação	115.9	129.0	11.3
4	Resíduo	91.4	167.8	83.6
5	Resíduo	71.0	122.0	71.8
6	Incrustação	1919.0	2518.0	31.2
7	Incrustação	119.0	130.9	10.0
8	Incrustação	109.6	120.8	10.2
9	Resíduo	91.0	118.0	29.7
10	Resíduo	77.9	110.0	41.2
11	Resíduo	42.7	50.0	17.1
12	Resíduo	88.3	127.0	43.8

Fonte: (GODOY *et al*, 2005)

O aumento da concentração de atividade de ^{226}Ra e ^{228}Ra após a extração do óleo variou de 10,0 a 83,6%, em Sergipe, e de 5,1 a 119,0%, na Bacia de Campos, respectivamente.

Ressalta-se que a atividade de um radionuclídeo é o grau de radioatividade que ele emite, expressa pelo Sistema Internacional em unidades de bequerel (Bq).

7. IMPACTOS

A exposição interna, pela ingestão ou inalação dos radionuclídeos, pode ocorrer durante o trabalho em plantas de processo abertas e em equipamentos, contendo rejeitos de materiais armazenados, superfícies de objetos contaminados e durante a limpeza de equipamentos contaminados.

Precauções efetivas são necessárias durante essas operações, assim como, na prevenção na transferência e armazenamento para áreas onde outras pessoas possivelmente possam ser expostas. Durante as operações com materiais e equipamentos contaminados, como limpeza, reparos, manutenções e substituições, partículas radioativas ficam expostas no ar, em especial quando usadas técnicas de operações abrasivas a seco. A exposição à inalação pode ser significativa se não forem usados equipamentos de proteção individual.



O potencial de dano de uma dose inalada depende de características químicas e físicas do material. É importante considerar a composição dos radionuclídeos e sua concentração de atividades, atividade aerodinâmica e dispersão das partículas (*activity median aerodynamic diameter*, ou AMAD), e a absorção dos elementos químicos correspondentes pelo pulmão.

A medida de dose de radiação absorvida por um tecido tem sua dose equivalente expressa pelo Sistema Internacional em unidades de Sievert (Sv).

A tabela 3 fornece a dose efetiva por unidade absorvida de partículas em pó de 5 µm AMAD, tamanho padrão de distribuição normal em situações de trabalho, e 1 µm AMAD, distribuição de tamanho mais apropriada para as situações de trabalho em condições de temperatura mais elevadas.

Tabela 3: Dose comprometida por unidade absorvida por inalação de radionuclídeos em partículas

	5 µm AMAD Menores valores absorvidos pelo pulmão de cordo com a BBS	1µm AMAD Menores valores absorvidos pelo pulmão de cordo com a BBS
Ra-226	2.2×10^{-6}	3.2×10^{-6}
Pb-210	1.1×10^{-6}	8.9×10^{-7}
Po-210	2.2×10^{-6}	3.0×10^{-6}
Ra-228	1.7×10^{-6}	2.6×10^{-6}
Th-228	3.2×10^{-5}	3.9×10^{-5}
Ra-224	2.4×10^{-6}	2.9×10^{-6}

Fonte: (IAEA, 2003)

Para cada caso, os valores são cotados para a mais baixa absorção no pulmão listada na *International Basic Safety Standards*, BSS, para proteção contra radiação ionizante e para segurança de recursos de radiação.

Assim, a Tabela 3 indica que a inalação de partícula de 5 µm AMAD, incorporando ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{224}Ra com seus decaimentos completos e em equilíbrio, cada um com a concentração de 10 Bq/g, o que forneceria uma dose efetiva comprometida por unidade absorvida de entorno 0.1–1 mSv/g, o exato faixa de valor dependendo da extensão do crescimento interno do ^{228}Th do ^{228}Ra e a absorção pelo pulmão. E para as partículas de 1 µm AMAD, a dose efetiva comprometida por unidade absorvida seria em torno de 25 a 30% maior.

Ressalta-se que os valores das doses comprometidas por unidade absorvida por inalação de radionuclídeos em partículas de acordo com o Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN) brasileiro, são exatamente os mesmos citados na Tabela 3.

8. CONTROLE E PROTEÇÃO

A proteção e o gerenciamento de segurança de radioatividade na indústria de petróleo e gás dependem do cumprimento das devidas responsabilidades por parte das pessoas e das organizações envolvidas – as

agências reguladoras, operadoras responsáveis pelos campos de petróleo em produção, e prestadoras de serviços – que são diretamente responsáveis pelos trabalhadores em ambientes e condições com radioatividade; seja nas áreas de produção, transporte, posse, uso e descarte dos materiais contaminados. As operadoras e prestadoras de serviço devem possuir os quesitos legais de licenciamentos e treinamento adequado para manipular, ter a posse, usar ou descartar os materiais radioativos.

Também é importante que todos os trabalhadores envolvidos com radiação ionizante sejam adequadamente treinados e habilitados para quaisquer envolvimento. A informação e o conhecimento devem chegar àqueles trabalhadores que não estão diretamente ligados nesta situação, mas que possivelmente, possam ser afetados. O nível de instrução necessária deve ser apropriado aos diferentes níveis de competência encontrados nos cargos.

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram comprovadas a presença de ^{226}Ra e ^{228}Ra em incrustações e resíduos de petróleo no Brasil, em ambiente *offshore* na Bacia de Campos, e *onshore* no estado de Sergipe.

Os níveis de radiação nestes locais são superiores às referências de segurança recomendadas pela IAEA - *International Atomic Energy Agency* - e pelo CNEN – Conselho Nacional de Energia Nuclear -, que são agências de referência para as questões relacionadas à energia nuclear e radiação. Esta radiação é extremamente danosa aos trabalhadores e ao meio ambiente e, em muitas das vezes, não se tem o conhecimento de sua existência.

10. CONCLUSÃO

O problema de contaminação por radiação devido ao ^{226}Ra e ^{228}Ra na indústria petrolífera realmente existe e demanda medidas adequadas para sua mitigação ou sua solução. Tais medidas devem ser tomadas o quanto antes, pela segurança e integridade dos trabalhadores e do meio ambiente. Ressalta-se que com o aumento futuro da atividade petrolífera no Brasil, maior número de trabalhadores serão susceptíveis a problemas de saúde devido à exposição por radiação. As empresas responsáveis pelos trabalhadores devem preveni-los com o conhecimento e informação sobre este problema, propiciando treinamento e equipamentos de proteção individuais adequados. Face a esses aspectos, os órgãos reguladores, como a ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e

Biocombustíveis e o CNEM - Conselho Nacional de Energia Nuclear – devem ter atuação integrada, estando presentes na monitoração e fiscalização das atividades, dando suporte para evitar conseqüências indesejáveis relacionadas a esses problemas.

11. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao professor. Alfredo Victor Bellido Bernado, do Departamento de Físico-Química da UFF- Universidade Federal Fluminense, pelo auxílio e orientação durante o trabalho, pelo estímulo no aprendizado da química nuclear, e, principalmente, pela boa vontade em contribuir para a formação profissional dos alunos, colaborando no desenvolvimento do presente trabalho.

Agradecemos também à UFF- Universidade Federal Fluminense pelo estímulo na formação dos alunos por intermédio do apoio às atividades do Grupo PetroPET – Grupo de Educação Tutorial em Engenharia de Petróleo, por intermédio da Prograd, Pró-Reitoria de Graduação.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLAH, A.; AL MASRI, M.; AMIN, Y. Dissolution Of [226Ra]BaSO₄ And Partial

Separation Of 226Ra From Radium/Barium Sulfate: A New Treatment Method For NORM Waste From Petroleum Industry . **Applied Radiation and Isotopes** 107, 377–381, 2016.

ABO-ELMAGD, M.; SOLIMAN, H.; SALMAN, K; EL-MASRY, N. Radiological Hazards Of TENORM In The Wasted Petroleum Pipes. **Journal of Environmental Radioactivity** 101, 51–54, 2010.

ALMEIDA NETO, J. B. **Estudo de depósitos inorgânicos em campos petrolíferos**. 2012, 117p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. São Cristóvão-SE.

CONSELHO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Coeficientes de dose para Indivíduos ocupacionalmente expostos**. Posição regulatória 3.01/003:2011.

EL AFIFI, E; AWWAD, N; HILAL, M. Sequential chemical treatment of radium species in TENORM waste sludge produced from oil and natural gas production. **Journal of Hazardous Materials** 161, 907–912, 2009.

GODOY, J.; CRUZ, R. **226Ra and 228Ra in scale and sludge samples and their correlation with the chemical composition**. **Journal of Environmental Radioactivity** 70, 199–206, 2003.

GODOY, J.; GAZINEU, M.; ARAÚJO, A.; BRANDÃO, Y.; HAZIN, C. Radioactivity concentration in liquid and solid phases of scale and sludge generated in the petroleum industry. **Journal of Environmental Radioactivity** 81, 47e54, 2005.

HILAL, M.; ATTALLAH, M.; MOHAMED, G.; FAYEZ-HASSAN, M. *Evaluation Of Radiation Hazard Potential Of TENORM Waste From Oil And Natural Gas Production.* **Journal of Environmental Radioactivity** 136, 121e126, 2014.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY (IAEA). *International Basic Safety Standards for Protection against Ionising Radiation and for the Safety of Radiation Sources*, Safety Series No. 115, Vienna, Austria, 1996.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY(IAEA). **Radiation Protection and the Management of Radioactive Waste in the Oil and Gas Industry.** IAEA Library Cataloguing in Publication Data, 2003.

MÖBIUS, R.; MARTIN, B.; MÖBIUS, S. *Novel Ls Methods For Natural Radionuclides In The Oil And Gas Industry.* Arizona Board of Regents on behalf of the University of Arizona, 2009.

VIDAL, L. A. **Estudo sobre as incrustações inorgânicas nos campos de petróleo.** 2015, 50p. Trabalho de Conclusão de Curso,

Universidade Federal Fluminense, Curso de Engenharia de Petróleo. Niterói-RJ.

