

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CARLA TAMY FUKUDA

INSALUBRIDADE NA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE: ANÁLISE CRÍTICA DA
LITERATURA

CURITIBA
2018/2019

CARLA TAMY FUKUDA

INSALUBRIDADE NA EXPOSIÇÃO À RADIAÇÃO IONIZANTE: ANÁLISE CRÍTICA DA
LITERATURA

Monografia apresentada como requisito parcial
à obtenção do título de Especialista, Curso de
Especialização em Perícias Médicas, do
Departamento de Saúde Coletiva da
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Dr. Geraldo Celso Rocha

CURITIBA
2018/2019

RESUMO

OBJETIVO: Realizar uma análise crítica da literatura sobre os estudos de avaliação dos efeitos biológicos da radiação ionizante, leis e normas que regem o tema e discutir se a exposição a esse agente se enquadra na CLT como atividade insalubre. **MÉTODOS:** As bases de dados SciELO, CNEN, Secretaria de Inspeção do Trabalho e UNSCEAR foram pesquisadas como também a lista de referências dos estudos incluídos para a identificação de outros artigos. **DISCUSSÃO:** Analisando estudos feitos com vítimas das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki e a repercussão do acidente com Cs-137 em Goiânia percebemos como a exposição à radiação ionizante é altamente agressiva para o corpo humano e que doenças graves e fatais podem surgir tanto de imediato quanto após um longo período do contato. Os efeitos biológicos ocasionados por essa exposição são diversos e podem atingir inclusive o restante da linhagem de um indivíduo devido ao caráter hereditário. **CONCLUSÃO:** Levando em conta que periculosidade seria o risco de ocorrer um acidente potencialmente fatal com algum agente, podemos considerar que um acidente com radiação ionizante teria graves repercussões para a vida do trabalhador. Portanto, é direito que atividades com exposição à radiação ionizante recebam adicional de periculosidade, encontrando amparo legal para tal na Portaria 518/03 do MTE.

Palavras-chave: Radiação ionizante, insalubridade, periculosidade, efeitos biológicos.

ABSTRACT

OBJECTIVE: To perform a critical analysis of the literature on studies evaluating the biological effects of ionizing radiation, the laws and regulations governing the subject, and to discuss whether exposure to this agent fits CLT as an unhealthy activity.

METHODS: The databases SciELO, CNEN, Secretariat of Labor Inspection and UNSCEAR were searched as well as the reference list of the included studies to identify other articles.

DISCUSSION: Analyzing studies done with victims of the Hiroshima and Nagasaki atomic bombs and the repercussion of the Cs-137 accident in Goiânia, we realize that exposure to ionizing radiation is highly aggressive to the human body and that serious and fatal diseases can arise both immediately and after a long period of contact. The biological effects caused by this exposure are diverse and can affect even the rest of an individual's lineage due to hereditary character. **CONCLUSION:** Considering that hazardousness would be the risk of a potentially fatal accident with an agent, we can consider that an accident with ionizing radiation would have serious repercussions for the life of the worker. Therefore, it is right that activities with exposure to ionizing radiation receive additional hazardousness, finding legal protection for such in MTE Ordinance 518/03.

Keywords: Ionizing radiation, unhealthiness, hazardousness, biological effects.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MORTALIDADE RELACIONADA À RADIAÇÃO IONIZANTES NO ESTUDO DO TEMPO DE VIDA (LIFE SPAN STUDY) COM OS SOBREVIVENTES DAS BOMBAS ATÔMICAS ACOMPANHADOS DE 1950 A 1997.

LISTA DE QUADROS

QUADRO I - ATIVIDADE E OPERAÇÕES PERIGOSAS – ANEXO (*) – ATIVIDADE E OPERAÇÕES PERIGOSAS COM RADIAÇÕES IONIZANTES OU SUBSTÂNCIAS RADIOATIVAS.

LISTA DE TABELAS

TABELA I - EFEITOS DE UMA RADIOEXPOSIÇÃO AGUDA EM ADULTOS.

TABELA II – EFEITOS DE EXPOSIÇÕES AGUDAS LOCALIZADAS.

LISTA DE SIGLAS

Gy – Gray

CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear

IRD – Instituto de Radioproteção e Dosimetria

CLT – Consolidação das Leis do Trabalho

NR – Norma Regulamentadora

DNA - Deoxyribonucleic Acid (Português: ADN - Ácido Desoxirribonucleico)

UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

INES - International Nuclear Events Scale

Cs-137 – Césio-137

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO -----	10
2- METODOLOGIA -----	14
3- DISCUSSÃO -----	15
4- CONCLUSÃO -----	24
5- REFERÊNCIAS -----	25

1. INTRODUÇÃO

A radiação é uma forma de energia transmitida pelo ar. Existem muitos tipos de radiação que encontramos com frequência na vida cotidiana, como calor, luz, ondas de rádio, microondas e raios-X. Alguns tipos de radiação estão associados a processos nucleares e atômicos e têm a capacidade de penetrar no material fazendo com que ocorra um processo chamado ionização. Uma radiação é considerada ionizante se for capaz de arrancar um elétron de um átomo ou de uma molécula, ao qual ele está ligado por força elétrica.

O uso de radiação ionizante iniciou em 1895, quando o físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen descobriu um tipo de radiação que poderia ser utilizada para olhar dentro do corpo humano, chamou-a de raios X. Um ano após a descoberta de Roentgen, o cientista francês Henri Becquerel colocou filmes fotográficos em uma gaveta junto a fragmentos de um mineral contendo Urânio. Quando ele revelou os filmes descobriu que haviam sido afetados pela radiação. O fenômeno foi chamado de radioatividade e ocorre quando energia é liberada de um átomo espontaneamente, sendo medida nos dias de hoje em unidades denominadas becqueréis (Bq).

Logo após a descoberta dos raios-X e radioatividade, teve início o uso desenfreado das radiações, que eram a solução para todos os males. Os próprios médicos iniciaram uma série de experimentos por curiosidade em si próprios, sem controle algum da intensidade e energia dos feixes de raios-X. Realizaram diversas radiografias para ver o formato de seus crânios e a utilizaram para remoção de pintas e manchas entre outros procedimentos. Aos poucos, tornou-se evidente que a exposição à radiação provocava efeitos deletérios imediatos e tardios nos tecidos humanos.

No início do século XX, quando ainda havia falta de maiores estudos sobre as propriedades físico-químicas da radiação, uma série de terapias com elementos radioativos (especialmente urânio, rádio e radônio) foram propostas e até mesmo comercializadas. Nos Estados Unidos, apenas a partir da década de 1930 foram tomadas medidas para proibir o uso de produtos com substâncias radioativas prejudiciais à saúde. De uma maneira geral, atualmente, as aplicações das radiações ionizantes na medicina compreendem um campo genericamente denominado

radiologia, que por sua vez compreende a radioterapia, a radiologia diagnóstica e a medicina nuclear.

Atualmente, segundo relatório do Comitê Científico das Nações Unidas sobre os Efeitos da Radiação Atômica, mais de 80% de nossa exposição provém de fontes naturais e apenas 20% de fontes artificiais feitas pelo homem. O uso da radiação em medicina para o diagnóstico e o tratamento de certas doenças desempenha um papel muito importante, sendo a principal fonte artificial de exposição no mundo. Em média, isso contribui em 98% da exposição à radiação de todas as fontes artificiais e, depois das naturais, é o maior contribuinte para a exposição da população em todo o mundo. Os outros 2% são referentes a: testes atmosféricos de armas nucleares; exposição ocupacional (as maiores exposições na população estão entre os trabalhadores de minas expostos ao gás radão); efeitos decorrentes do acidente de Chernobyl (1986); e o ciclo do combustível nuclear, incluindo a mineração, geração de energia e eliminação de resíduos. A exposição a fontes naturais de radiação incluem a inalação do gás naturalmente radioativo radônio (representa cerca de metade da média de exposição a fontes naturais); radiação cósmica; ingestão de ocorrência natural de elementos radioativos em alimentos e água; e irradiação externa de ocorrência natural de elementos radioativos no solo.

O órgão que estuda e trata das questões relacionadas à radiação ionizante no Brasil chama-se Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Trata-se uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), criada em 1956 e estruturada pela Lei 4.118, de 27 de agosto de 1962, para desenvolver a política nacional de energia nuclear. Sendo um órgão superior de planejamento, orientação, supervisão e fiscalização, a CNEN estabelece normas e regulamentos em radioproteção e é responsável por regular, licenciar e fiscalizar a produção e o uso da energia nuclear no Brasil. A CNEN investe também em pesquisa e desenvolvimento, buscando um uso cada vez mais amplo e seguro das técnicas do setor nuclear, e seu foco é garantir os benefícios da energia nuclear a um número cada vez maior de brasileiros, sempre com segurança na operação dos materiais e equipamentos radioativos. Nas atividades ou operações onde trabalhadores possam se 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 na Norma CNEN-NE-3.01: “Diretrizes Básicas de Radioproteção”, de julho de 1988, aprovada, em caráter experimental, pela resolução CNEN 12/88, ou daquela que venha substituí-la (Parágrafo dado pela Portaria 04, de 11/04/94).

No Brasil, atualmente, as definições de insalubridade e periculosidade estão nas seguintes leis: Lei nº 6514 - Art. 189: Serão consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos; e Lei nº 12.740 - Art. 193: São consideradas atividades ou operações perigosas, na forma da regulamentação aprovada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, aquelas que, por sua natureza ou métodos de trabalho, impliquem risco acentuado em virtude de exposição permanente do trabalhador a: I- inflamáveis, explosivos ou energia elétrica; II- roubos ou outras espécies de violência física nas atividades profissionais de segurança pessoal ou patrimonial.

A situação das atividades com exposição à radiação ionizante no Brasil é um tema que já levou a muitas discussões e teve diversas alterações no decorrer dos anos. Iniciou-se com a Portaria 3.393/87 que assegurou adicional de periculosidade ao empregado com exposição a radiações ionizantes ou substâncias radioativas. Após 15 anos a Portaria 496/02 revogou a Portaria 3.393/87, colocando fim ao adicional de periculosidade por radiações ionizantes, inclusive reconhecendo que: (1) as radiações ionizantes caracterizam-se como insalubres, (2) a periculosidade por radiações ionizantes não encontra amparo legal no art. 193 da CLT e (3) o ato administrativo que promulgou o adicional de periculosidade por radiações ionizantes foi ilegal. Apenas 4 meses depois da revogação do adicional de periculosidade, este foi novamente instituído pela Portaria 518/03 que considerou que o presente estado da tecnologia nuclear não permitiria evitar ou eliminar o risco em potencial oriundo de tais atividades. Quase 10 anos depois, a lei 12.740/12, cuja finalidade foi instituir novo agente perigoso (roubos ou outras espécies de violência física nas atividades profissionais de segurança pessoal ou patrimonial), ao dar nova redação ao art. 193 da CLT, não citou

o agente radiação ionizante, reconhecendo somente como agentes perigosos (1) os inflamáveis, (2) os explosivos e (3) energia elétrica.

Sendo assim, esta pesquisa foi desenvolvida a fim de entender e analisar de maneira crítica e com base na literatura atual se a exposição à radiação ionizante se caracteriza como atividade insalubre ou perigosa.

2. MÉTODO

Este artigo é uma análise crítica da literatura/normativa e fez parte de um trabalho de conclusão de curso da Especialização em Perícias Médicas da Universidade Federal do Paraná. Para a identificação dos artigos, realizou-se uma busca ativa de informações nas bases de dados SciELO, CNEN, Secretaria de Inspeção do Trabalho e UNSCEAR. A pesquisa bibliográfica considerou o tema central deste trabalho estudos de análise dos efeitos biológicos da radiação ionizante sobre o ser humano, as leis brasileiras e normas que regem o tema.

Os termos utilizados para busca de artigos foram: “radiação ionizante”, “efeitos biológicos”, “insalubridade” e “periculosidade”, utilizando a interseção dos conjuntos. A busca foi realizada nos idiomas português e inglês. Com o objetivo de localizar artigos que não tivessem sido encontrados na busca inicial, a lista de referências dos estudos incluídos foi utilizada para a identificação de outros artigos.

3. DISCUSSÃO

Os átomos do nosso corpo encontram-se unidos formando moléculas, algumas muito pequenas como as moléculas da água, e outras muito grandes como as moléculas de DNA. Quando uma partícula ionizante arranca um elétron de um dos átomos de uma molécula do nosso corpo, pode resultar em desestabilização e conseqüentemente sua quebra (OKUNO; YOSHIMURA, 2010; OKUNO, 1988). Fatalidades com as bombas nucleares de Hiroshima e Nagasaki, os desastres das usinas nucleares de Chernobyl e Fukushima e o acidente com Cesio-137 em Goiânia nos ajudam a entender melhor os efeitos biológicos da radiação ionizante em diferentes doses no corpo humano.

A natureza dos efeitos biológicos pode ser classificada em reações teciduais e efeitos estocásticos. As reações teciduais somente surgem acima da dose limiar, cujo valor depende do tipo de radiação e do tecido irradiado. Um dos principais efeitos é a morte celular, se poucas células morrerem o efeito pode ser assintomático, mas se um grande número de células de um órgão morrer, seu funcionamento pode ser prejudicado. Nessas reações, quanto maior a dose, mais grave é o efeito. Até recentemente acreditava-se que as reações teciduais eram efeitos que surgiam logo após a exposição, mas estudos epidemiológicos dos sobreviventes das bombas atômicas de Hiroshima e Nagasaki começaram a mostrar evidências de que há efeitos bastante tardios que resultam de danos nos tecidos como doenças vasculares cardíacas e cerebrais e catarata. Esses efeitos estão sendo recentemente comprovados com a coleta de dados de pessoas submetidas a radioterapia e no caso da catarata em médicos intervencionistas. Já os efeitos estocásticos são alterações que surgem em células normais, sendo os principais o câncer e o efeito hereditário. As recomendações de proteção radiológica consideram que esse tipo de efeito pode ser induzido por qualquer dose, inclusive devido a radiação natural; são sempre tardios e a gravidade do efeito não depende da dose, mas a probabilidade de sua ocorrência aumenta com a dose (OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M, 2010).

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica em sua publicação 118 de 2012 definiu dose limiar como sendo a dose estimada que provoca incidência de

reações teciduais em 1% dos tecidos irradiados. O gray, abreviado Gy, é unidade de dose absorvida de radiação; corresponde à energia média da radiação ionizante depositada por unidade de massa da matéria.

O limiar de dose para indução de catarata foi estabelecido como sendo de 0,5 Gy, tanto para exposição aguda quanto para crônica. Foi também proposto o valor de 0,5 Gy como limiar de dose para doenças circulatórias, tanto para morbidade quanto para mortalidade. A dose absorvida no tumor em uma sessão de radioterapia é de 2 Gy. A dose letal que mata 50% dos seres humanos irradiados no corpo todo, cerca de 30 dias após a irradiação, é de 4 Gy (ICRP, 2012).

Uma pessoa pode apresentar o que se chama síndrome aguda da radiação ao ser exposta num intervalo de tempo pequeno de até alguns dias à radiação. Essa síndrome pode variar com a dose. Se a dose absorvida no corpo todo for de 0,25 a 1 Gy, algumas pessoas podem ter náusea, diarreia e depressão no sistema sanguíneo; se for entre 1 e 3 Gy, além de sintomas anteriores, pode ter forte infecção causada por agentes oportunistas; entre 3 e 5 Gy pode ocorrer hemorragia, perda de pelos e esterilidade temporária ou permanente; ao redor de 10 Gy ocorre a inflamação dos pulmões, e para doses maiores os efeitos incluem danos no sistema nervoso e cardiovascular levando o indivíduo à morte em poucos dias. Conforme mostra as tabelas I e II (ICRP, 2012).

Tabela I - Efeitos de uma radioexposição aguda em adultos.

FORMA	DOSE ABSORVIDA	SINTOMATOLOGIA
Infra-clínica	Inferior a 1 Gy	Ausência de sintomatologia na maioria dos indivíduos.
Reações gerais leves	1-2 Gy	Astenia, náuseas, vômitos (3 a 6 hs. Após a exposição; sedação em 24 hs.)
Hematopoiética leve	2-4 Gy	Função medular atingida: linfopenia, leucopenia trombopenia, anemia; recuperação em 6 meses.
Hematopoiética grave	4-6 Gy	Função medular gravemente atingida.
DL ₅₀	4-4,5 Gy	Morte de 50% dos indivíduos irradiados
Gastro-intestinal	6-7 Gy	Diarréia, vômitos, hemorragias, morte 5 ou 6 dias.
Pulmonar	8-9 Gy	Insuficiência respiratória aguda, coma e morte entre 14 e 36 h.
Cerebral	superior a 10 Gy	Morte em poucas horas por colapso

Tabela II – Efeitos de exposições agudas localizadas.

DOSE ABSORVIDA (Gy)	SINTOMATOLOGIA
>4	Epilação temporária.
16 a 20	Epilação definitiva.
6 a 12	Radiodermite eritematosa que se manifesta oito dias após a exposição por dor e vermelhidão; freqüentemente substituída por pigmentação acentuada.
16 a 20	Radiodermite exudativa (bolhas, lesões) que regride em 5 ou 6 semanas.
25	Radiodermite e radionecrose que se manifesta por um eritema precoce, dor e exudação; o processo evolui para uma ulceração do tecido.
2	Catarata: quanto maior a dose, maior a velocidade do estabelecimento do processo; conjuntivite aguda de pouca gravidade.
0,3	Esterilidade temporária do homem.
5	Esterilidade definitiva do homem.
3	Esterilidade temporária da mulher.
6-8	Esterilidade definitiva da mulher.

O grande temor das pessoas com relação a algum tipo de radiação é a indução de câncer, que surge muitos anos após a exposição. O tempo de latência médio entre a exposição à radiação ionizante e a detecção do excesso de mortes com leucemia em Hiroshima foi de 2 anos e o pico foi alcançado (7 ± 1) anos após a explosão da bomba. Entretanto, no caso de cânceres sólidos, o tempo de latência médio pode ser de mais de 50 anos, como se pode ver na Figura 1.

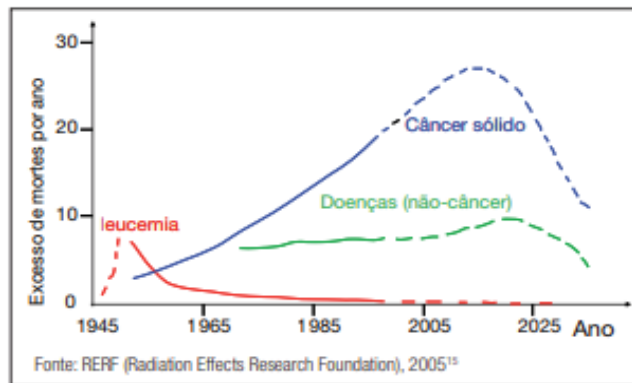


Figura 1. Mortalidade relacionada à radiação ionizante no Estudo do tempo de vida (life span study) com os sobreviventes das bombas atômicas acompanhados de 1950 a 1997.

No caso do acidente de Goiânia de 1987 com o equipamento de radioterapia, em que houve contato de pessoas com uma fonte de Césio-137, ocasionou no período de 1 mês após a exposição 4 mortes, e após 25 anos cerca de 60 mortes confirmadas em decorrência do acidente. Além das vítimas esse acidente também resultou em um volume total de 3.500 m³ de rejeitos radioativos vindos da demolição de sete casas, várias construções e barracões e da remoção de camadas dos solos de três terrenos altamente contaminados. É difícil imaginar que tudo isso ocorreu por uma fonte radioativa contida dentro de uma cápsula metálica cilíndrica de 3,6 cm de diâmetro por 3,0 cm de altura (OKUNO, E., 2013).

A Agência Internacional de Energia Atômica desenvolveu a partir de 1990 a International Nuclear Events Scale (INES) com o propósito de comunicar ao público de maneira clara e direta a gravidade de eventos em usinas nucleares e a todos os eventos associados ao transporte, armazenamento e uso de material radioativo e fontes de radiação. Os eventos são classificados em escala logarítmica, similar à escala de terremotos, de 1 a 7. Os níveis de 1 a 3 são designados incidentes e os níveis de 4 a 7, acidentes, dependendo do grau de contaminação radioativa e exposição do público e do ambiente à radiação. São considerados acidentes quando houver pelo menos uma morte por radiação (OKUNO, E., 1988).

Exemplos de alguns eventos em reatores nucleares e sua classificação segundo INES são: acidente nos reatores de Fukushima em março de 2011, e no reator número 4 de Chernobyl em abril de 1986 – nível 7; acidente no reator número 2 de Three Mile Island em março de 1979 – nível 5. Entre os acidentes envolvendo fonte radioativa e seu transporte podemos citar: incidente de nível 3 em Yanango, Peru, em 1999; e em Ikitelli, na Turquia, em 1999, ambos com fontes radioativas perdidas. O acidente de Goiânia em 1987 com uma fonte de Cs-137, parte de equipamento de radioterapia, foi classificado pela INES como de nível 5 (OKUNO, E., 1988).

As fontes de radiação ionizante podem ser: artificiais como reatores nucleares, aceleradores de partículas e tubos de raios X; ou naturais como os radionuclídeos e radiação cósmica. No quadro I abaixo vemos as atividades laborais que tem exposição à radiação ionizante e suas respectivas áreas de risco citadas na Norma Regulamentadora 16.

Quadro I - Atividade e Operações perigosas – Anexo (*) – Atividade e operações perigosas com radiações ionizantes ou substâncias radioativas.

Atividades	Áreas de risco
1. Produção, utilização, processamento, transporte, guarda, estocagem, e manuseio de materiais radioativos, selados e não selados, de estado físico e forma química quaisquer, naturais ou artificiais, incluindo:	Minas e depósitos de materiais radioativos Plantas-piloto e usinas de beneficiamento de minerais radioativos Outras áreas sujeitas a risco potencial devido às radiações ionizantes.
1.1 Prospecção, mineração, operação, beneficiamento e processamento de minerais radioativos.	Lixiviação de minerais radioativos para a produção de concentrados de urânio e tório. Purificação de concentrados e conversão em outras formas para uso como combustível nuclear.
1.2 Produção, transformação e tratamento de materiais nucleares para o ciclo do combustível nuclear.	Produção de fluoretos de urânio para a produção de hexafluoreto e urânio metálico. Instalações para enriquecimento isotópico e reconversão. Fabricação do elemento combustível nuclear. Instalações para armazenamento dos elementos combustíveis usados. Instalações para o retratamento do combustível irradiado Instalações para o tratamento e deposições, provisórias e finais, dos rejeitos radioativos naturais e artificiais.
1.3 Produção de radioisótopos para uso em medicina, agricultura agropecuária, pesquisa científica e tecnológica.	Laboratórios para a produção de radioisótopos e moléculas marcadas
1.4 Produção de Fontes Radioativas.	Instalações para tratamento do material radioativo e confecção de fontes. Laboratórios de testes, ensaios e calibração de fontes, detectores e monitores de radiação, com fontes radioativas.

1.5 Testes, ensaios e calibração de detectores e monitores de radiação com fontes de radiação.	Laboratórios de ensaios para materiais radioativos. Laboratórios de radioquímica.
1.6 Descontaminação de superfícies, instrumentos, máquinas, ferramentas, utensílios de laboratório, vestimentas e de quaisquer outras áreas ou bens duráveis contaminados com material radioativo.	Laboratórios para descontaminação de peças e materiais radioativos Coleta de rejeitos radioativos em instalações, prédios e em áreas abertas. Lavanderia para roupas contaminadas. Transporte de materiais e rejeitos radioativos, condicionamento, estocagens e sua deposição.
1.7 Separação isotópica e processamento radioquímico.	Instalações para tratamento, condicionamento, contenção, estabilização, estocagem e deposição de rejeitos radioativos. Instalações para retenção de rejeitos radioativos.
1.8 Manuseio, condicionamento, liberação, monitoração, estabilização, inspeção, retenção e deposição de rejeitos radioativos.	Sítio de rejeitos. Instalações para estocagem de produtos radioativos para posterior aproveitamento.
2. Atividades de operação e manutenção de reatores nucleares, incluindo:	Edifícios de reatores. Edifícios de estocagem de combustível.
2.1 Montagem, instalação, substituição e inspeção de elementos combustíveis.	Instalações de tratamento e estocagem de rejeitos radioativos.
2.2 Manutenção de componentes integrantes do reator e dos sistemas hidráulicos mecânicos e elétricos, irradiados, contaminados ou situados em áreas de radiação.	Instalações para tratamento de água de reatores e separação e contenção de produtos radioativos. Salas de operação de reatores. Salas de amostragem de efluentes radioativos.
2.3 Manuseio de amostras irradiadas.	Laboratórios de medidas de radiação.
2.4 Experimentos utilizando canais de irradiação.	Outras áreas sujeitas a risco potencial às radiações ionizantes passíveis de serem atingidas por dispersão de produtos voláteis.
2.5 Medição de radiação, levantamento de dados radiológicos e nucleares, ensaios, testes, inspeções, fiscalização e supervisão de trabalhos técnicos.	Laboratórios semiquentes e quentes. Minas de urânio e tório. Depósitos de minerais radioativos e produtos do tratamento de minerais radioativos.
2.6 Segregação, manuseio, tratamento, acondicionamento e armazenamento de rejeitos radioativos.	Coletas de materiais e peças radioativas, materiais contaminados com radioisótopos e águas radioativas.
3. Atividades de operação e manutenção de aceleradores de partículas, incluindo:	Áreas de irradiação de alvos.
3.1 Montagem, instalação, substituição e manutenção de componentes irradiados ou contaminados	Oficinas de manutenção de componentes irradiados ou contaminados. Salas de operação de aceleradores.
3.2 Processamento de alvos irradiados.	Laboratórios para tratamento de alvos irradiados e separação de radioisótopos.
3.3 Experimentos com feixes de partículas.	Laboratórios de testes com radiação e medidas nucleares.
3.4 Medição de radiação, levantamento de dados radiológicos e nucleares, testes, inspeções e supervisão de trabalhos	Áreas de tratamento e estocagem de rejeitos radioativos.

técnicos.	
3.5 Segregação, manuseio, tratamento, acondicionamento e armazenamento de rejeitos radioativos.	Laboratórios de processamento de alvos irradiados.
4. Atividades de operação com aparelhos de raios-X, com irradiadores de radiação gama, radiação beta ou radiação de nêutrons, incluindo:	Salas de irradiação e de operação de aparelhos de raios-X e de irradiadores gama, beta ou nêutrons.
4.1 Diagnóstico médico e odontológico.	Laboratórios de testes, ensaios e calibração com as fontes de radiação descritas.
4.2 Radioterapia.	
4.3 - Radiografia industrial, gamagrafia e neutronradiografia.	Manuseio de fontes.
4.4 Análise de materiais por difratometria.	Manuseio do equipamento.
4.5 Testes, ensaios e calibração de detectores e monitores de radiação.	Manuseio de fontes e amostras radioativas.
4.6 Irradiação de alimentos.	Manuseio de fontes e instalações para a irradiação de alimentos.
4.7 Esterilização de instrumentos médico-hospitalares.	Manuseio de fontes e instalações para a operação.
4.8 Irradiação de espécimes minerais e biológicos.	Manuseio de amostras irradiadas.
4.9 Medição de radiação, levantamento de dados radiológicos ensaios, testes, inspeções, fiscalização de trabalhos técnicos.	Laboratórios de ensaios e calibração de fontes e materiais radioativos.
5. Atividades de medicina nuclear.	Salas de diagnóstico e terapia com medicina nuclear.
5.1 Manuseio e aplicação de radioisótopos para diagnóstico médico e terapia.	Enfermaria de pacientes, sob treinamento com radioisótopos. Enfermaria de pacientes contaminados com radioisótopos em observação e sob tratamento de descontaminação.
5.2 Manuseio de fontes seladas para aplicação em braquiterapia.	Área de tratamento e estocagem de rejeitos radioativos.
5.3 Obtenção de dados biológicos de e pacientes com radioisótopos incorporados.	Manuseio de materiais biológicos contendo radioisótopos ou moléculas marcadas.
5.4 Segregação, manuseio, tratamento, acondicionamento e estocagem de rejeitos radioativos	Laboratórios para descontaminação e coleta de rejeitos radioativos.
6. Descomissionamento de instalações nucleares e radioativas, que inclui:	Áreas de instalações nucleares e radioativas contaminadas e com rejeitos.
6.1 Todas as descontaminações radioativas inerentes.	Depósitos provisórios e definitivos de rejeitos radioativos.
6.2 Gerenciamento dos rejeitos radioativos existentes, ou sejam: tratamento e acondicionamento dos rejeitos líquidos, sólidos, gasosos e aerossóis; transporte e deposição dos mesmos.	Instalações para contenção de rejeitos radioativos. Instalações para asfaltamento de rejeitos radioativos. Instalações para cimentação de rejeitos radioativos.

7. Descomissionamento de minas, moinhos e usinas de tratamento de minerais radioativos.	Tratamento de rejeitos minerais. Repositório de rejeitos naturais (bacia de contenção de rádio e outros radioisótopos). Deposição de gangas e rejeitos de mineração.
---	--

Nota Explicativa: (Inserida pela [Portaria MTE n.º 595/2015](#))

1. Não são consideradas perigosas, para efeito deste anexo, as atividades desenvolvidas em áreas que utilizam equipamentos móveis de Raios X para diagnóstico médico.

2. Áreas tais como emergências, centro de tratamento intensivo, sala de recuperação e leitos de internação não são classificadas como salas de irradiação em razão do uso do equipamento móvel de Raios X.

(*) Anexo acrescentado pela Portaria nº 3.393, de 17-12-1987.

Analisando alguns processos judiciais de solicitação de periculosidade no caso de exposição ao risco de radiação ionizante, é possível identificar que a grande maioria, em que foi comprovada a exposição real ao risco, ganhou a causa e em todos foi citada a Orientação Jurisprudencial 345/TST-SDI-I de 22/06/2005: “A exposição do empregado à radiação ionizante ou à substância radioativa enseja a percepção do adicional de periculosidade, pois a regulamentação ministerial (Portarias do Ministério do Trabalho nºs 3.393, de 17.12.1987 e 518 de 07.04.2003), ao reputar perigosa a atividade, reveste-se de plena eficácia, porquanto expedida por força de delegação legislativa contida no artigo 200, caput, e inciso VI, da CLT. No período de 12.12.2002 a 06.04.2003, enquanto vigeu a Portaria nº 496 do Ministério do Trabalho, o empregado faz jus ao adicional de insalubridade.”

Considerando-se a existência da Portaria Ministerial MTE 518/03, entende-se que o presente estado da tecnologia nuclear não permitiria evitar ou eliminar o risco em potencial oriundo de tais atividades perigosas envolvendo radiações ionizantes contidas no quadro de atividade e operações perigosas com radiações ionizantes ou substâncias radioativas da NR 16 (quadro I). Essas atividades foram incluídas no rol de Atividades e Operações Perigosas, aprovado pela CNEN. (MORAES, G.A., 2005)

4. CONCLUSÃO

Resumidamente falando para a caracterização de insalubridade o empregado deve estar exposto, em caráter habitual e permanente, a agentes nocivos à saúde, como químicos, ruídos, exposição ao calor, poeiras, etc., que podem causar o seu adoecimento. Já a periculosidade caracteriza-se pelo fator “fatalidade”, ou seja, a submissão do empregado a risco de vida, em função das atividades por ele exercidas. Atualmente recebem adicional de periculosidade trabalhadores que realizam atividades com exposição a inflamáveis, explosivos, energia elétrica, roubos ou outras espécies de violência física nas atividades profissionais de segurança pessoal ou patrimonial.

Entende-se que periculosidade se deve a possibilidade de ocorrência de um acidente potencialmente fatal. Levando em conta toda a literatura, um acidente com radiação ionizante pode ser considerado potencialmente fatal, e se não ocasiona morte imediata existe uma grande possibilidade de desenvolvimento de um câncer seguido de óbito. Por mais que a tecnologia nuclear esteja se desenvolvendo e os processos estejam cada vez mais seguros, o risco de acidentes ainda existe.

Levando em conta que a Portaria 518/03 está vigente, toda atividade nela citada deveria ser considerada como atividade perigosa até que seja assegurado que o risco de acidentes seja nulo.

5. REFERÊNCIAS

OKUNO, E.; YOSHIMURA, E. M. Física das radiações. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/F%C3%ADsica-da-Radia%C3%A7%C3%B5es--Okuno-e-Yoshimura.pdf>

OKUNO, E. Radiação: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Harbra, 1988. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/42998884/radiacao-efeitos-riscos-e-beneficios-emico-okuno>

BRASIL. Escola Nacional de Inspeção do Trabalho. NR 16 - Atividade e Operações perigosas. Brasília: Secretaria de inspeção do trabalho, 2015. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-16.pdf

TAUHATA, L.; SALATI, I. P. A.; DI PRINZIO, R.; DI PRINZIO, M. A. R. R. Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos - 10ª revisão abril/2014 - Rio de Janeiro – CNEN/IRD. 344p. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/Radioprotecao-e-Dosimetria-Fundamentos.pdf>

OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. Estudos Avançados, São Paulo, v. 27, n. 77, p. 185-200, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142013000100014&lng=en&nrm=iso.

NOUAILHETAS, Y.; ALMEIRA, C. E. B.; PESTANA, S. Radiação Ionizante e a vida. Comissão Nacional Energia Nuclear. Disponível em: <http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/radiacoes-ionizantes.pdf>

UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2008, Report to the General Assembly with Scientific Annexes. Disponível em: http://www.unscear.org/docs/publications/2008/UNSCEAR_2008_GA-Report-CORR.pdf

ICRP, 2012 ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2)

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INES: The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual, IAEA, Vienna (2013).

BRASIL. Tribunal Superior do Trabalho. Orientação Jurisprudencial n. 345/SBDI-1, em 16 de junho de 2005. Diário da Justiça [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 jun. 2005. Seção 1, p. 620

MORAES, G.A. Normas regulamentadoras comentadas, 5ª edição, volumes 1 e 2. rev., ampl. e atual, Rio de Janeiro, 2005.