

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
TECNÓLOGO EM RADIOLOGIA

JULIANA DOS SANTOS OLIVEIRA
MARIA EDUARDA SANTOS GUEDES
RENATA MELO DO BOMFIM
ROBERTA RAQUEL DA SILVA GUILHERMINO
VICTOR FERNANDO DE LIMA MACHADO

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NO SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR

RECIFE

2023

JULIANA DOS SANTOS OLIVEIRA
MARIA EDUARDA SANTOS GUEDES
RENATA MELO DO BOMFIM
ROBERTA RAQUEL DA SILVA GUILHERMINO
VICTOR FERNANDO DE LIMA MACHADO

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NO SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR

Artigo apresentado ao Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Radiologia.

Professor(a) Orientador(a): Camila Bezerra Correia Neves

RECIFE

2023

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

P967 Proteção radiológica no serviço de medicina nuclear/ Juliana dos Santos
Oliveira [et al.]... - Recife: O Autor, 2023.
20 p.

Orientador(a): Ma. Camila Bezerra Correia Neves.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário
Brasileiro - UNIBRA. Tecnólogo em Radiologia, 2023.

Inclui Referências.

1. Radioatividade. 2. Decaimento nuclear. 3. Medicina Nuclear. 4.
Proteção Radiológica. 5. Radiofármacos. I. Guedes, Maria Eduarda
Santos. II. Bomfim, Renata Melo do. III. Guilhermino, Roberta Raquel da
Silva. IV. Machado, Victor Fernando de Lima. V. Centro Universitário
Brasileiro. - UNIBRA. VI. Título.

CDU: 616-073.7

Dedicado primeiramente a Deus, pelo seu infinito amor. Atribuído em memória da resiliência de Julio Bernardo. A todo grupo pela parceria e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Satisfazemos a Deus por permanecer presente em todos os momentos, retribuimos nossos pais que lutam diariamente em prol dos profissionais que estamos nos tornando. Aos professores próximos, por acreditarem em nosso potencial. Gratidão ao imenso amor demonstrado através de atitudes em vida, hoje memorialmente Julio B.

À orientadora pelo suporte em longo prazo.

.

*“Gosto daquilo que me desafia.
O fácil nunca me interessou. Já o
obviamente impossível sempre
me atraiu e muito.”
(Clarice Lispector)*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	07
2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	09
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	10
3.1 RADIOATIVIDADE.....	10
3.2 MEDICINA NUCLEAR.....	11
3.3 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA.....	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
REFERÊNCIAS.....	24

PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NO SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR

Juliana Dos Santos Oliveira
Maria Eduarda Santos Guedes
Renata Melo Do Bonfim
Roberta Raquel da Silva Guilhermino
Camila Bezerra Correia Neves¹

Resumo: Este trabalho aborda diversos tópicos relacionados à radioatividade, decaimento nuclear, medicina nuclear e proteção radiológica. A justificativa reside na importância de compreender os fenômenos nucleares e suas aplicações na saúde. Os objetivos são discutir a história da radioatividade, descrever a descoberta e os efeitos da radioatividade, apresentar os princípios da medicina nuclear e explorar questões éticas e de segurança na proteção radiológica. A metodologia consiste na revisão bibliográfica de estudos relevantes. Os resultados revelam que a radioatividade está associada a elementos com radiação intensa, incluindo novos elementos análogos ao urânio. Na medicina nuclear, os radiofármacos desempenham um papel fundamental, e os equipamentos e geradores são essenciais para o diagnóstico e tratamento. A conclusão é que a radiação é emitida por núcleos energéticos e a proteção radiológica deve ser otimizada para garantir a segurança da equipe e dos pacientes. Recomenda-se a continuidade dos estudos nessa área.

Palavras-chave: Radioatividade. Decaimento nuclear. Medicina Nuclear. Proteção Radiológica. Radiofármacos.

1 INTRODUÇÃO

O conceito de Proteção Radiológica consiste na prevenção de possíveis danos à saúde associados à radiação ionizante. Decorrentes das exposições nos serviços da radiologia médica, tal como a Medicina Nuclear. Dessa forma, todo cuidado e medidas capazes de reduzir exposições denominam-se por outra

radioproteção. Nesse contexto, vale ressaltar que a radiação encontra-se associada a riscos que viabilizam efeitos biológicos conhecidos como estocásticos e probabilísticos, sendo deste modo necessária consideração de proteção dos pacientes e dos profissionais de saúde expostos, em vista destes potenciais perigos. (Moore apud Silva; 2021;Holmberg apud Martins;2017).

O objetivo primordial da Proteção Radiológica é proporcionar um padrão de segurança sem limitar as práticas benéficas, mediante aos riscos da radiação. Ou seja, não negligenciar nenhuma das normativas de PTR. Sobre esse viés cabe salientar a definição de radiação, que é precisamente energia em trânsito. Bem como a radiação ionizante, que é considerada ionizante por ser capaz de arrancar um elétron do átomo. É fato que antes das especialidades diagnósticas similares a Medicina Nuclear, que assim também utilizam radiação ionizante pudessem evoluir, o raio x convencional já havia se destacado como ciência inicial. (Pereira apud Silva;2021;Yoshimura;2016;Smanio apud Martins;2017).

Em primeira análise, em 8 de novembro de 1895 numa sexta feira, Wilhelm Conrad Rontgen, professor de física da universidade de Wurzburg na Alemanha, decidiu repetir o experimento com raios catódicos feitos por Philipp Lenard. Dessa forma observou que os raios emanados do tubo tinham capacidade de atravessar materiais. Mais tarde, em 22 de dezembro, Roentgen realizou a primeira radiografia da mão da sua esposa. Por conseguinte, registrou essa luminescência de raios x. Em virtude do avanço das técnicas radiográficas nos serviços de saúde, na década de 1990 o curso superior de tecnologia radiológica foi desenvolvido. A graduação tem grande importância no processo de conscientização em prol da responsabilidade profissional, a fim de melhorar a desenvoltura dos Tecnólogos em Radiologia dentro de uma equipe multiprofissional, com seus conhecimentos específicos adquiridos ao longo da graduação. (Okun;2016;Marques;2016).

Evidentemente a atuação prática dos Tecnólogos em Radiologia, está voltada para proteção radiológica por serem indivíduos ocupacionais expostos a radiação ionizante. Tanto quanto conhecem o controle de qualidade em equipamentos, além de serem instruídos para realização de exames de diagnóstico

por imagem de baixa a alta complexidade, refere-se por exemplo raios x e Medicina Nuclear. (Marques;2016). Neste efeito, mais precisamente, o Tecnólogo possui grande relevância para a sociedade realizando exames, desse modo colaborando para a resolução diagnósticas de patologias clínicas e cirúrgicas. Então é por certo que a relação entre tecnólogo /sociedade nos serviços de Medicina Nuclear e outros setores, seja através de atitudes humanizadas. (Duarte;2013).

Nessa perspectiva o aspecto da PTR é crucial, levando em consideração as irregularidades dentro da MDN . A fim de que os níveis de radiação sejam tão baixos quanto razoavelmente exequíveis, acarretando, conseqüentemente, a minimização da exposição às radiações ionizantes da população como um todo. (Cruz; 2004). Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo relatar os métodos para a proteção radiológica na Medicina Nuclear.

2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso é um estudo qualitativo de Revisão Integrativa Literatura referentes à proteção radiológica no setor da medicina nuclear, visando aprofundar o conhecimento sobre a temática. A Revisão de Literatura consiste em buscar a relação entre conceitos, características e ideias fazendo a união de dois ou mais temas, conforme Almeida (2011)

Foi realizado um levantamento nas bases de dados: Scielo, Google scholar e revistas como: Redalyc e BrazilianJournalofRadiationSciences, utilizando cruzamento dos Descritores de Ciências da Saúde (Decs): medicina nuclear, proteção radiológica, radiologia, profissional.

Foram utilizados como critérios de inclusão: artigos publicados nas bases de dados na língua portuguesa, publicados entre 2008 e 2021, além de bibliografias próprias sobre o assunto, tais como documentos oficiais e orientações técnicas de órgãos competentes.

Assim, os artigos e textos foram analisados, interpretados e apresentados de forma a responder o objetivo deste estudo. Após as etapas de leitura e análise,

serão apresentados os resultados em forma de quadro e discutida a literatura a respeito da temática. Além da seção introdutória e de delineamento metodológico, este trabalho se estrutura em Referencial Teórico, Resultados e Discussões e Conclusão. O Referencial Teórico, capítulo a seguir, está organizado dentro dos seguintes tópicos: radioatividade, medicina nuclear e proteção radiológica.

3.REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 RADIOATIVIDADE

Para que sejam abordados os aspectos aos quais esse estudo se propõe se faz necessário primeiramente realizar uma pesquisa sobre a radioatividade. Descoberta em 1896 após o esquecimento de Henry Becquerel, que foi o responsável por deixar uma rocha do primeiro isótopo natural denominado de urânio sobre o filme fotográfico virgem, levando a descoberta da Radioatividade pelo fato deste filme ter sido velado, dois anos depois em 1898 Marie Curie e Pierre Curie surpreenderam a ciência com a descoberta de outros elementos pesados com energia próxima à do urânio, sendo estes o Rádium e Polônio que tinham as mesmas propriedades, comprovou-se então que o núcleo é muito energético por ter excesso de partículas ou de cargas, tendo a estabelecer-se emitindo algumas partículas. (Yoshimura,2016)

Posto isso, os elementos que possuíam esta mesma propriedade foram denominados radioativos, ou seja, elementos com o número atômico maior do que 82, naturais ou artificiais, são instáveis. Em geral, a Radioatividade é um fenômeno que ocorre pela instabilidade de um núcleo atômico. Esse núcleo pode emitir partículas como prótons, elétrons e nêutrons. A radioatividade pode ser encontrada na natureza, como também produzida em laboratório ou usinas nucleares. A produção artificial de radioisótopos teve início com os trabalhos de transmutação artificial de Irene Curie (filha do casal Curie) e seu marido Frédéric Joliot, em 1934 eles produziram artificialmente o Fósforo P-30 e nitrogênio N-13. (Yoshimura;2016)

Entretanto, a produção de radioisótopos em massa só aconteceu após o desenvolvimento de ciclotrons por Ernest Orlando Lawrence e Milton Stanley

Livingston no início de 1930. Dessa forma, também seguiu com reatores nucleares de fissão durante a Segunda Guerra Mundial, estas máquinas faziam com que partículas atingissem um determinado alvo, resultando numa reação Nuclear. Os avanços da Radioatividade consistiram conforme Pierre Curie pressupôs, quando salientou se a humanidade estava pronta para lucrar com esses novos conhecimentos. (Yoshimura,2016).

Compreende-se a radioatividade como a emissão de radiação ionizante, sendo medida em Sievert e becquerel. Caracterizada por Becquerel pela sua Luminescência, em suma a radioatividade emite radiação eletromagnética, pela Luminescência que subdivide-se em fosforescência e fluorescência. A emissão de luz acontece na fluorescência quando termina a irradiação, ao contrário da fosforescência que continua mesmo após finalizar a excitação. Como afirma Martins a novidade é que a fosforescência invisível parecia durar mais do que a fosforescência visível, não sendo diferente do que se conhecia. Diante disso, no ano de 1903 Pierre Curie em seu discurso na Academia Sueca argumentou sobre a descoberta desse fenômeno, que foi de grande importância para a ciência pois através dela doenças como Lúpus e câncer puderam ser tratadas. (Martins;2010, Yoshimura,2016).

3.2 MEDICINA NUCLEAR

Por conseguinte, da Radioatividade relaciona-se a Medicina Nuclear, sendo notável para o seguimento deste estudo. Uma ciência diagnóstica e terapêutica, que utiliza fontes radioativas não seladas administradas nos pacientes, capaz de demonstrar a fisiologia dos órgãos estudados. Inicialmente, vale enfatizar a definição dos radiofármacos responsáveis por retratar a fisiologia, bioquímica ou patológica do corpo sem desencadear danos. 'A grande aplicação dos radiofármacos está na Medicina Nuclear diagnóstica, representando cerca de 95% dos procedimentos.' (Klein;2020, Ziessman;2015, Bortoleti;2008)

Para aplicações em diagnóstico na Medicina Nuclear, utilizam-se radiofármacos que apresentam na sua constituição emissores de radiação gama (γ) ou emissores de pósitrons (β^+), conhecidos também como radiotraçadores por serem administrados com doses sub farmacológicas. Os radiofármacos geralmente

são uma composição de um nuclídeo ou radionuclídeo permitindo a detecção externa, acompanhado obviamente de um fármaco ou uma molécula biologicamente ativa agindo como carreador.(Yumi;2016, Ziessman;2015)

Especificamente um nuclídeo pode ser estável e instável devido seu número atômico. Sendo assim,nuclídeos com o mesmo número de prótons são denominados isótopos, já os instáveis possuem diferença atômica, ou seja, os radionuclídeos. Estes emitem radiação eletromagnética a fim de desintegrar-se. Essa desintegração radionuclídeo deve resultar em emissões gama com energia de 100 a 511 kev, a variar da técnica aplicada na Medicina Nuclear, na gama câmara ou tomografia por emissão de pósitrons (Pet). O Tecnécio-99m conhecido outrossim como Pertecnetato é o mais utilizado na gama câmara, e o Flúor-18 no Pet. (Klein;2020;Ziessman;2015)

O Tecnécio foi descoberto em 1937 por Emilio Segré e Carlo Perrier, graças a uma amostra de molibdênio dada por Ernest Lawrence, criador do ciclotron. Essa amostra de molibdênio havia sido bombardeada com núcleos de deutério no ciclotron. O Pertecnetato tem meia vida de 6h, diferente do Flúor -18 que decai em 109 minutos ou exatamente 1 h á 49 minutos.(Ziessman;2015,Okun;2016).

A produção desses radionuclídeos se dá de forma artificial em reatores nucleares, aceleradores lineares como por exemplo os ciclotrons, ou mediatamente em geradores. Respectivamente essa produção difere em cada meio, especificamente nos reatores nucleares acontece uma fissão nuclear suscitada pela emissão de nêutrons devido a composição do reator, formado por um núcleo onde são fixadas barras de elemento combustível, fonte de Rádio e Berílio, barras absorvedoras, elemento moderador, defletores de nêutrons e as posições para irradiação de amostras. Todos os reatores utilizados no âmbito de pesquisa ou na área médica produzindo radioisótopos, são abertos e submersos em piscinas com água servindo para refrigerar o reator. (Haruki;2017)

Em contrapartida,nos aceleradores de partículas do tipo ciclotrons, há a reação nuclear por meio das interações de partículas com o alvo, de acordo com a energia que a partícula alcança o alvo. Dessa forma, os radionuclídeos são bombardeados com átomos estáveis e partículas carregadas, como íons de hidrogênio ou deutério.

A estrutura de um ciclotron é caracterizada por uma câmara de vácuo onde estão as placas metálicas, então continuamente quando as partículas são aceleradas passam por essas placas, enquanto o campo magnético faz as partículas executarem um movimento circular. Em seguida as partículas evoluem ganhando energia cinética suficiente para serem bombardeadas, resultando em radionuclídeos.(Haruki;2017)

Até este tempo a respeito da produção de radionuclídeos ou extração, o meio final acarreta-se aos geradores que fornecem radioisótopo por meio de uma eluição. No gerador de Molibdênio-99/Tecnécio A meia-vida física do molibdênio (pai do tecnécio) de 66,02 h decai por emissão de partícula β , isso implica dizer que 87% dos átomos decaem tornando-se Tecnécio com 13% restante e com meia vida de 6h, emitindo radiação gama com energia de 140 keV. Em consequência do tempo de meia-vida curto do tecnécio para transporte em lugares distantes, é necessário o uso do gerador nos serviços de Medicina Nuclear.(Rachel;2017;Klein;2020)

A vista disso, o tecnólogo em radiologia retira as proteções plásticas do gerador, depois a proteção das agulhas. Conectando-as com o frasco de solução salina e em seguida conectando-as no frasco de vácuo. Sendo assim, por causa da diferença compositora “a pressão”, a solução salina passa e lava a coluna cromatográfica de alumina com Molibdênio, existente no circuito interno do gerador. Como efeito, o tecnécio não se associa com a alumina, sendo carregado pela solução salina e o frasco de vácuo, finalizando, portanto, a eluição do Pertecnetato. (Klein;2020).

Após a origem dos radiofármacos, segue-se necessária a argumentação dos equipamentos utilizados na Medicina Nuclear. Dentre eles está a gama-câmara ou câmara Anger, aparelho usado em medicina nuclear com o objetivo de obter imagens funcionais do interior do corpo humano, às gama câmaras são equipamentos detectores de radiação formados por colimador, cristal de cintilação, fotomultiplicadoras, circuito elétrico e um computador. (Klein;2020)

Este equipamento funciona da seguinte maneira: o colimador tem a função de filtrar os fótons que atingiram os cristais de cintilação, neste caso o cristal usado é o cristal de iodeto de sódio dopado com tálio. Dessa forma, quando a radiação

entra em contato com os átomos do cristal ele cintila emitindo luz, essa luz é direcionada até as fotomultiplicadora e transformada em pulso elétrico assim registrada pelo computador. Neste aparelho podem ser realizados alguns exames como Cintilografia do coração, cintilografia da tireóide, cintilografia óssea e cintilografia cerebral, todos com uma técnica específica.(Klein;2020).

Além da gama-câmara utiliza-se a técnica de tomografia com emissão por pósitrons,diferentemente das imagens planas com radionuclídeos que sofrem alteração no contraste. A tomografia com abordagens entre 180 a 360 graus sem restrição possui um sistema objetivo com imagens tridimensionais (3D), por esta razão as imagens possuem boa definição dos detalhes especialmente em tecidos moles comparado a radiografia plana. Então a junção da tomografia computadorizada com o sistema de emissão por pósitrons da Medicina Nuclear PET/CT e SPECT/TC, se faz bastante precisa projetando imagens com resolução ainda mais positiva nos serviços de MDN. (O'Malley;2015)

Em resumo,o funcionamento da tomografia por emissão de pósitrons tem início quando o equipamento gira em volta do paciente, alcançando uma imagem de projeção em cada ângulo, até que os anéis detectores do PET/CT sinaliza um evento de aniquilação de pósitron, à emissão de dois fótons em direções opostas. (O'Malley;2015)

Em síntese, os exames da Medicina Nuclear são realizados com os equipamentos citados anteriormente. Por exemplo a cintilografia, que é um dos exames rotineiros bem diverso,há cintilografia do miocárdio, tireoide, cerebral, óssea, dentre outras. No caso da cintilografia óssea com MDP (ácido morônico) marcado com tecnécio, consiste em um estudo de varredura buscando anormalidades osteometabólicas dos pés a cabeça do paciente. (Klein;2020)

Quanto às respectivas cintilografias todas possuem indicações e protocolos, a cintilografia com perfusão do miocárdio pode ser solicitada com o aparecimento de dor torácica aguda; DAC; história de Infarto agudo do miocárdio (IAM); diabetes mellitus ou doença vascular periférica ou cerebral; eletrocardiograma (ECG) sugestivo de isquemia; angina instável; insuficiência cardíaca descompensada; doença valvar grave; disfunção ventricular grave; e escore de

Framingham. Os Radiofármacos aplicados na cintilografia de perfusão miocárdica são o ^{99m}Tc Sestamibi (^{99m}Tc -MIBI) ou ^{99m}Tc -tetrofosmin. (Klein;2020)

De acordo com as cintilografias mencionadas, pode-se frisar a cintilografia para avaliar doenças como o hiperparatireoidismo. Empregada para detectar tecido paratireoideano hiperfuncionante (adenoma, carcinoma ou hiperplasia). Uma observação importante discutida entre trabalhos científicos a respeito da cintilografia paratireoide, é a sua sensibilidade e especificidade na detecção pré-operatória de adenomas (sensibilidade de 91% e especificidade de 99%). Utiliza-se ^{99m}Tc Sestamibi (MIBI) para estudos de falso-positivo e falso-negativo, por ser um traçador tumoral inespecífico, captando tumores malignos e benignos. (Rachel;2017)

Concluindo de forma sucinta as aplicações das cintilografias na Medicina Nuclear, vale ressaltar a cintilografia cerebral não menos importante que as demais doenças, como Parkinson idiopática (DP) a segunda doença neurodegenerativa mais prevalente atrás apenas do Alzheimer, corresponde a uma degeneração dos neurônios. No presente, o exame da Medicina Nuclear que avalia o sistema dopaminérgico no Brasil, é feito com uso do radiofármaco TRODAT-1 marcado com tecnécio-99m. Os exames devem ser realizados 4h após a injeção, com aquisições de SPECT. (Rachel;2017)

3.3 PROTEÇÃO RADIOLÓGICA

Segundo Huhn “Com a confirmação de que altas doses de radiação ionizante danificam o tecido humano, vinte anos após o raio x, a Roentgen Society publicou as primeiras recomendações de proteção radiológica para os trabalhadores.” Como efeito, a Proteção Radiológica nos serviços de Medicina Nuclear converge com muitos requisitos estabelecidos pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), destacados objetivamente neste referencial. Pois, “toda atividade envolvendo aplicação de radiação ionizante, deve ser justificada e ter seus procedimentos de trabalho otimizados, assim como deve respeitar a limitação de

dose, de acordo com os três princípios básicos da proteção radiológica: justificação, limitação de dose e otimização”. De forma inicial, vale destacar respectivamente as normas com a mesma cronologia da CNEN. Então baseado no primeiro dever de radioproteção na MDN, salienta-se os recursos humanos mínimos, onde é subdividido os responsáveis por manter a organização e segurança do setor, esclarecendo a função do responsável legal mediante quaisquer mudanças na equipe profissional. (Lira;2012;Huhn;2016)

Segundo o Art. 2º “O Serviço de Medicina Nuclear deve ser constituído de, no mínimo:

I - Titular, responsável legal pelo Serviço de Medicina Nuclear junto à CNEN;

II - Médico nuclear, responsável técnico pelo Serviço de Medicina Nuclear;

III - Supervisor de proteção radiológica, responsável técnico pela proteção radiológica do Serviço de Medicina Nuclear, com qualificação específica para Medicina Nuclear e certificado vigente, concedido pela CNEN;

IV - Quantidade necessária e suficiente de profissionais de nível superior e médio, devidamente qualificados para o exercício de suas funções, em conformidade com as Resoluções da CNEN. Em caso de alteração na composição da equipe de profissionais listados nos incisos I, II e III:

I – O Serviço de Medicina Nuclear, representado legalmente pelo seu titular, deve comunicar formalmente à CNEN sobre os novos profissionais designados e comprovar seus vínculos profissionais junto ao Serviço de Medicina Nuclear, em um prazo máximo de trinta dias depois de ocorrida a alteração; e II - os novos profissionais devem se comprometer, formalmente, a implementar o estabelecido no Plano de Proteção Radiológica existente ou submeter um novo à CNEN”.(Comissão Nacional de Energia Nuclear;capítulo 1;2013)

Com base na organização da equipe profissional nos serviços de MDN, há uma responsabilidade propriamente atribuída. Principalmente quando refere-se ao responsável legal da unidade, pois qualquer violação aplicada a Proteção Radiológica correlacionada com as pessoas presentes no setor acarretará problemas que deverão ser justificados à CNEN. Bem como é dito no “Art. 3º O titular do Serviço de Medicina Nuclear é o principal responsável pela aplicação das resoluções da CNEN e pela segurança e proteção radiológica dos Pacientes

Injetados, além dos indivíduos Ocupacionalmente Expostos (IOE) e dos indivíduos do público. Para fins de aplicação desta resolução, entende-se como Paciente Injetado o indivíduo ao qual foi administrado radiofármaco”. (Do titular do serviço de Medicina Nuclear;seção 2;CNEN; 2013)

Continuamente, no artigo 4 é frisado a composição do quadro profissional mais especificamente, que deve então ser organizada pelo titular: “IV - designar formalmente os seguintes profissionais para compor o quadro funcional do Serviço de Medicina Nuclear:

a) o responsável técnico pelo Serviço de Medicina Nuclear e seu substituto eventual; e

b) o Supervisor de Proteção Radiológica. Assim como todo setor, o controle de qualidade também é exigido na MDN. (VII - adquirir instrumentos de medição e dispositivos necessários para o controle da qualidade dos equipamentos do Serviço de Medicina Nuclear). Quanto a prática profissional, acarreta-se aos tecnólogos em radiologia capacitados, conforme citado no parágrafo VIII - assegurar:

a) que somente pessoal treinado e autorizado opere os equipamentos e manipule as fontes radioativas, seladas ou não seladas, do Serviço de Medicina Nuclear; b) que um médico nuclear esteja presente no Serviço de Medicina Nuclear durante a realização dos procedimentos de medicina nuclear; c) o treinamento de Indivíduos Ocupacionalmente Expostos, com periodicidade máxima anual, tanto para atuação em situações normais de trabalho quanto em situações de incidente ou acidente; d) que o trabalhador, estagiário ou residente ingressante, somente seja habilitado como Indivíduo Ocupacionalmente Exposto após receber treinamento inicial em proteção radiológica”. (Do Titular do serviço de Medicina Nuclear;seção 2;CNEN;2013)

O manuseio das fontes pode ocasionar a contaminação do ambiente, portanto é exigido ainda no artigo 4 e letra f) “as condições necessárias para que todas as fontes radioativas, bem como os rejeitos radioativos, estejam condicionados armazenados de forma segura (Figura 3), de acordo com as resoluções da CNEN;

continuando no parágrafo XII - providenciar o recolhimento das fontes radioativas fora de uso no Serviço de Medicina Nuclear”. Em qualquer contratempo segundo XIII - notificar à CNEN, imediatamente após tomar conhecimento: a) a ocorrência de perda, roubo, furto ou danos de fontes radioativas; e b) a ocorrência de situações de emergência. Tendo por consequência e obrigação a segurança, como citado no parágrafo XVI - garantir o cumprimento dos procedimentos de trabalho adotados no Serviço de Medicina Nuclear e detalhados no Plano de Proteção Radiológica; (Do Titular do serviço de Medicina Nuclear; seção 2; CNEN; 2013)

Finalizando a seção 2 quanto às obrigações do titular no serviço de Medicina Nuclear, enfatiza-se os critérios de saúde dos tecnólogos em radiologia. Dito em XVII –“assegurar que todos os Indivíduos Ocupacionalmente Expostos do Serviço de Medicina Nuclear estejam em dia com os exames médicos ocupacionais; e XVIII - assegurar o registro atualizado, em formato de relatório, fazendo o uso de tabelas ou planilhas, das informações abaixo relacionadas: a) número de exames realizados anualmente, discriminados mensalmente por tipo de exame; b) taxa mensal de repetição de exames discriminada por tipo de exames; c) carga de trabalho anual em termos de número de Pacientes Injetados; d) atividade total recebida pelo Serviço de Medicina Nuclear, além da administrada aos Pacientes Injetados discriminada mensalmente por tipo de radionuclídeo; e) dose efetiva acumulada anual e nos últimos 5 (cinco) anos, por Indivíduo Ocupacionalmente Exposto; e f) dose equivalente anual, por Indivíduo Ocupacionalmente Exposto, quando aplicável”. (Do Titular do serviço de Medicina Nuclear; seção 2; CNEN; 2013)

Posteriormente, ao titular do serviço há ademais o responsável técnico. Aquele cujo responde a algumas responsabilidades voltadas para proteção radiológica, dentro do serviço de Medicina Nuclear, correlacionando em primórdio o

tecnólogo em radiologia, pacientes e todos envolvidos descritos assim pela CNEN na seção III.

Art. 5º “O responsável técnico do Serviço de Medicina Nuclear deve ser médico com título de especialista em Medicina Nuclear outorgado por seu órgão de classe específico. §1º O responsável técnico do Serviço de Medicina Nuclear deve possuir registro na CNEN. §2º O responsável técnico poderá responder por até dois Serviços de Medicina Nuclear. Art. 6º O responsável técnico pelo Serviço de Medicina Nuclear e seu substituto eventual devem ser médicos nucleares”.

Em conjunto com o responsável técnico, o supervisor de proteção radiológica agrega positivamente com toda parte legislativa atualizando o técnico do setor, referente às medidas de radioproteção necessárias e atuais. Mencionadas pela Comissão de Energia Nuclear na seção IV e Art. 8º-“O Supervisor de Proteção Radiológica deve possuir certificação na área de Medicina Nuclear, de acordo com as resoluções da CNEN”.(Do supervisor de proteção radiológica;seção 4;CNEN;2013).

Os tecnólogos em Radiologia estão presentes nos serviços de Medicina Nuclear expostos a altas doses em consequência do ofício, por isso a saúde deles é uma prioridade. Desta maneira, algumas atitudes necessárias para manter tal proteção radiológica, são prescritas na normativa da CNEN na Seção V do Indivíduo Ocupacionalmente Exposto.

Art. 12 “O Indivíduo Ocupacionalmente Exposto, além das responsabilidades citadas em outras resoluções da CNEN, deve: I - informar ao Supervisor de Proteção Radiológica e a seus superiores qualquer evento que, no seu entender, possa influir nos níveis de exposição, risco de ocorrência de acidente ou comprometimento da proteção radiológica; II - receber treinamento inicial em boas práticas de proteção radiológica em medicina nuclear, laboratório e radiofarmácia. III - participar dos treinamentos periódicos oferecidos pelo Serviço de Medicina Nuclear; IV - sempre que designado, utilizar adequadamente: a) os instrumentos de medição da radiação fornecidos pelo Serviço de Medicina Nuclear;(Figura 5) b) os monitores individuais de corpo inteiro e de extremidade fornecidos pelo Serviço de Medicina Nuclear;(Figura 1) c) os equipamentos de diagnóstico; e d) os equipamentos de proteção individual (EPI)(Figura 2); V - verificar a existência de contaminação radioativa nos instrumentos de medição da radiação, bem como nos equipamentos

de diagnóstico, sempre que designado para o uso de tais equipamentos, e notificar ao Supervisor de Proteção Radiológica caso haja ocorrência de contaminação; VI - comprovar o recebimento da notificação de doses resultantes de sua monitoração individual mensal do corpo inteiro e o de extremidades, quando aplicável; VII - apresentar mensalmente ao Supervisor de Proteção Radiológica e ao titular do Serviço de Medicina Nuclear os seus históricos mensais de dose relativos a cada instalação radiativa na qual atua; VIII - executar, quando designado, as atividades do programa de controle da qualidade em medicina nuclear; IX - submeter-se aos exames periódicos colocados à disposição pelo titular do Serviço de Medicina Nuclear; e X - realizar, sempre que designado, as monitorações de acordo com o estabelecido pelo Plano de Proteção Radiológica. Art. 13 O Indivíduo Ocupacionalmente Exposto que manipula ou administra radiofármaco deve: I - armazenar corretamente os radionuclídeos e radiofármacos, de acordo com as orientações do Serviço de Medicina Nuclear; II - preparar e fracionar o radiofármaco em conformidade com os protocolos ; e III - registrar a atividade prescrita e a administrada ao Paciente Injetado; IV - antes de administrar o radiofármaco ao Paciente Injetado, verificar: a) a realização e registro do controle de qualidade dos radiofármacos; b) se a atividade e o radiofármaco estão em conformidade com o prescrito pelo médico nuclear; e c) a identificação inequívoca do Paciente Injetado”. (Do Indivíduo Ocupacionalmente Exposto;seção 5;CNEN;2013)

Concernente a radiação absorvida frísada em dose efetiva e equivalente devem ser controladas,pois são indispensáveis aos tecnólogos em radiologia, a fim de favorecer a radioproteção. Desse modo, são citadas detalhadamente na seção IV da Monitoração Individual e dos Níveis de Notificação para Indivíduo Ocupacionalmente Exposto.

Art. 37 “A fim de garantir que não sejam atingidos os limites anuais de dose efetiva e equivalente, estabelecidos nas resoluções da CNEN, o titular do Serviço de Medicina Nuclear deve assegurar a existência de um programa de monitoração individual que inclua uma avaliação detalhada e sistemática da dose mensal, efetiva e equivalente, recebida pelo IOE. Parágrafo único. O programa de monitoração individual deve abranger todos os meios físicos disponíveis para avaliação da exposição externa e interna quando houver suspeita de incorporação, incluindo

dosímetros de dose efetiva e equivalente. Art. 38 O Serviço de Medicina Nuclear, representado legalmente pelo seu titular, deve definir níveis operacionais de dose efetiva e equivalente, inferiores aos limites, considerando: I - o número de instalações nas quais o Indivíduo Ocupacionalmente Exposto atua e esteja exposto à radiação ionizante; II - os níveis de investigação definidos pelas Resoluções da CNEN; e III - demais fatores que impliquem no aumento da dose do Indivíduo Ocupacionalmente Exposto. §1º Para fins de aplicação desta resolução, fica estabelecido o nível de notificação à CNEN para: I - dose efetiva acumulada: 20 mSv ao ano ou 4 mSv em qualquer mês; e II - dose equivalente acumulada, mãos e pés: 500 mSv ao ano ou 40 mSv em qualquer mês. §2º Deve ser estimado e registrado o valor de dose equivalente, no local da extremidade onde houve a maior exposição, a partir da leitura do monitor individual de extremidade, o qual deverá ser comparado ao limite anual de dose indicado nas resoluções da CNEN. §3º Caso os limites anuais de dose sejam atingidos em qualquer tempo, o titular e o Supervisor de Proteção Radiológica, além de realizar as ações constantes neste artigo, devem: I - providenciar o afastamento do Indivíduo Ocupacionalmente Exposto das atividades de rotina que impliquem em exposição ocupacional, até a conclusão da investigação. e II - submeter relatório detalhado à CNEN em um prazo máximo de 30 dias. §4º Caso o Indivíduo Ocupacionalmente Exposto seja exposto a valores de dose efetiva superiores a 100 mSv ao mês, o titular deve, adicionalmente ao que está disposto neste artigo, providenciar: I - avaliação do Indivíduo Ocupacionalmente Exposto por exames especiais, incluindo o exame de dosimetria citogenética; e II - descrição detalhada, acompanhada de laudo médico, das consequências eventuais decorrentes da exposição”. (Da Monitoração Individual e dos Níveis de Notificação para Indivíduo Ocupacionalmente Exposto; seção IV; CNEN; 2013)

Quanto aos EPIS destinados a proteger os IOES contra os efeitos da radiação ionizante. Destaca-se os mais utilizados os aventais de chumbo (longos ou curtos), os protetores de tireóide e de gônadas, os óculos plumbíferos, as luvas e as mangas protetoras (Figuras 1 e 2), com equivalência em chumbo a depender do tipo de radiação presente, outrossim, também utiliza-se anteparo móveis (Figura 3). (Azevedo; 2009)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Título	Autores/Ano	Objetivo	Conclusão
Desintegração Nuclear	Yoshimura;(2010)	Abordar de uma forma geral o decaimento nuclear, incluindo a história da radioatividade.	Com os estudos comprovou-se que novos elementos análogos ao urânio, possuíam uma radiação mais intensa. Denominando essas novas propriedades de radioatividade.
Como Becquerel não descobriu a radioatividade.	Martins;(2010)	Mostrar qual foi o trabalho de Becquerel,o caminho que levou à descoberta da radioatividade, além de discutir as dificuldades.	Relatar a grande dificuldade existente nos estabelecimentos de fenômenos que não são esperados teoricamente.
Elementos,radionuclídeos e radiofármacos;	Ziessman;(2015)	Discutir princípios básicos e conceitos importantes de instrumentação e radiofármacos.	Foi destrinchada a função dos radiofármacos, além da sua composição e funcionamento.

Medicina Nuclear na Prática.	Klein;(2020)	Descrever a Medicina Nuclear respectivamente em:Radiofármacos,geradores e equipamentos.	Esclarecimento das aplicações da Medicina Nuclear,de forma concisa.
Radioatividade	Cardoso;(2013)	Falar sobre a radioatividade e mostrar como a radiação é emitida.	Os núcleos muito energéticos tendem a estabelecer-se emitindo partículas.
Cintilografias	Haruki;(2017)	Descrever a indicação clínica das cintilografias, além de explicar seu funcionamento.	Foi Estudada exame de cintilografias,com grande relevância.
Plano de proteção radiológica e responsabilidade ética	Huhn;(2016)	Discutir a interface entre o PPR e a reflexão ética.	Analisar o PPR sob a perspectiva de análise de discussão ética, com vistas a proteger a equipe multiprofissional.
Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços de Medicina Nuclear.	Comissão de Energia Nuclear;(2013)	Dispõe sobre os requisitos de segurança e proteção radiológica em serviços de medicina nuclear.	Em relação às exposições causadas por uma determinada fonte, a proteção radiológica

			deve ser otimizada.
Otimização de Sistemas de Radioproteção Para Serviços de Medicina Nuclear (UFPE)	Lira;(2012)	Este trabalho tem como objetivo verificar a necessidade e a importância da otimização da radioproteção em serviços de MN para reduzir as doses dos indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE)	- Quando o intervalo de dose efetiva é mínimo, isto é, entre 0 e 1 mSv o custo do detrimento é menor.
Garantia de Qualidade aplicada a produção de radiofármacos.	Bortoleti;(2008)	Discutir alguns aspectos da produção, distribuição e utilização dos radiofármacos.	a produção de radiofármacos deve permanecer economicamente viável
Avaliação de alguns fatores interferentes na estabilidade radioquímica de alguns radiofármacos marcados com ^{99m} Tc	Yumi;(2016)	Avaliar o efeito da temperatura e umidade na estabilidade de alguns reagentes liofilizados.	Concluindo com uma condição de transporte e avaliando o efeito desta condição.
Proteção Radiológica: A reflexão da ergologia sobre o trabalho em saúde.	Silva;(2021)	Discorrer e refletir acerca da ergologia e suas contribuições no trabalho em saúde e na proteção radiológica.	Buscou-se acerca da ergologia e possibilidades para aplicações na Proteção Radiológica.
Estudo da exposição ocupacional dos profissionais das técnicas radiológicas em Medicina Nuclear.	Martins;(2017)	Identificar a aplicação das medidas de proteção radiológica pelos tecnólogos em radiologia em serviços de Medicina Nuclear, em Santa Catarina.	Mesmo possuindo informações a respeito das legislações e dos limites de dose, os

			profissionais apresentam resistência.
A formação para a prática do tecnólogo em radiologia.	Marques;(2016)	Investigar as características da prática do tecnólogo.	aspectos importantes para a prática do tecnólogo, precisam ser aprimorados.
Humanização do atendimento no setor de radiologia: Dificuldades e sugestões dos profissionais de enfermagem.	Duarte;(2013)	Sugerir melhoras em humanização nos setores da radiologia.	sugestões para a efetivação da humanização no setor de radiologia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizada neste trabalho ajudou a compreender profundamente sobre a proteção radiológica no setor da medicina nuclear. Foram citados temas como a produção e utilização do tecnécio, a estrutura e funcionamento dos equipamentos de Medicina Nuclear, e as normativas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) relacionadas à proteção radiológica.

A radioatividade, caracterizada pela emissão de radiação ionizante, é um fenômeno presente tanto na natureza quanto em aplicações produzidas em laboratório ou usinas nucleares. Na medicina nuclear, os radiofármacos desempenham um papel fundamental na realização de diagnósticos e terapias, sendo amplamente utilizados na gama câmara e na tomografia por emissão de pósitrons (PET). A proteção radiológica é essencial para garantir a segurança dos profissionais e dos pacientes nesse campo. É fundamental ter práticas adequadas e equipamentos de proteção, seguindo as diretrizes estabelecidas pela CNEN. O titular do Serviço de Medicina Nuclear tem a responsabilidade de assegurar a conformidade com essas normativas, garantindo a segurança e proteção radiológica. O conhecimento sobre as diferentes formas de obtenção do tecnécio, como por meio de reatores nucleares, aceleradores de partículas e geradores, é importante para

entender as peculiaridades desse radionuclídeo amplamente utilizado na Medicina Nuclear. Além disso, a compreensão do funcionamento dos equipamentos, como a gama-câmara e o PET/CT, é fundamental para a realização dos exames.

Recomenda-se que futuros trabalhos considerem a importância da proteção radiológica na Medicina Nuclear, buscando aprimorar as práticas e realizar estudos adicionais sobre a segurança e eficácia dos procedimentos. O cumprimento das normativas da CNEN e a implementação rigorosa das diretrizes de proteção radiológica são essenciais para garantir a segurança e qualidade dos serviços de Medicina Nuclear.

REFERÊNCIAS

Azevedo, Radioproteção em serviços de saúde. Fiocruz. v. 01, p. 30- Acesso em: Maio 18.2023. Disponível em :

<http://www.fiocruz.br/biossegurancahospitalar/dados/material10.pdf>

Bortoleti, Garantia de qualidade aplicada a produção de radiofármacos. Revista Brasileira de ciências farmacêuticas. v. 01, p. 12- Acesso em: março 20.2023. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcf/a/63mk6LKkvjKHDnhdVXGNKpj/?lang=pt&format=pd>

Comissão de Energia Nuclear, Requisitos de segurança e proteção radiológica para serviços na Medicina Nuclear; CNEN. v. 01, p. 26- Acesso em: Abril 19.2023.

Disponível em:

<https://www.gov.br/cnen/pt-br/aceso-rapido/normas/grupo-6/grupo6-nrm305.pdf>

Duarte, Humanização do atendimento no setor de radiologia: Dificuldades e sugestões dos profissionais de enfermagem, Redalyc. v. 01, p. 08- Acesso em: Maio 24.2023. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=483649281017>

Fragata, S. J. Noções de metodologia para elaboração de um trabalho científico. 2015. Revista portuguesa de filosofia.

Disponível: <https://philpapers.org/rec/FRANDM>

Haruki, Fausto. Medicina Nuclear princípios e aplicações. 2a edição 2017, Rio de Janeiro: Atheneu, 2017

Huhn, Plano de proteção radiológica e responsabilidade ética, Brazilian Journal of Radiation Sciences. V 01, p. 07- Acesso em: Março 19. 2023

Disponível: <https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/184/159>

Klein, Carina. Medicina Nuclear na Prática, IFSC. V 01, p. 237. Acesso em: Maio 01.2023 Disponível: <https://www.ifsc.edu.br/documents/30701/523474/Medicina+Nuclear+na+Pr%C3%A1tica/affd6204-e5f3-4e10-9040-7025ea465944>

Lira, Otimização de Sistemas de Radioproteção Para Serviços de Medicina Nuclear, PROTEIN. V 01, p.82. Acesso em: Maio 18.2023

Disponível: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/12390/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20-%20RENATA%20FARIAS.pdf>

Martins, Como Becquerel não descobriu a radioatividade, Instituto de Física "Gleb Wataghin" (UNICAMP). V 01, p. 19- Acesso em: Março 21.2023. Disponível: [file:///C:/Users/Maria%20Eduarda/Downloads/10061-Texto%20do%20Artigo-50402-1-10-20101116%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Maria%20Eduarda/Downloads/10061-Texto%20do%20Artigo-50402-1-10-20101116%20(3).pdf)

Martins, Estudo da exposição ocupacional dos profissionais das técnicas radiológicas na Medicina Nuclear, IFSC. V 01, p. 59- Acesso em: Março 21.2023

Disponível:

https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/555/TCC_-CAROLINA_FINAL_BIBLIOTECA_DECLARA%C3%87%C3%83O.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Marques, A Formação para a prática do tecnólogo em Radiologia, INOVAE. V 01, p. 09- Acesso em: Março 24.2023

Disponível: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/1148/1098>

Silva, Proteção Radiológica: A reflexão da Ergologia sobre o trabalho em saúde, Research, Society and Development. V 01, p.11- Acesso em: Março 21.2023

Disponível:

[file:///C:/Users/Maria%20Eduarda/Downloads/16886-Article-215872-1-10-20210702%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Maria%20Eduarda/Downloads/16886-Article-215872-1-10-20210702%20(2).pdf)

Yoshimura, Elisabeth. Física das radiações. 1 reimpressão 2014, 2 reimpressão 2017, ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

Yumi, Avaliação de alguns fatores interferentes na estabilidade radioquímica de alguns radiofármacos marcados com ^{99m}Tc, IPEN. V 01, p.99- Acesso em: Maio 18.2023

Disponível: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/52/002/52002323.pdf

Ziessman, Harvey A. Medicina Nuclear. Tradução 4

edição, 2015, Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015

ANEXOS



Figuras 1 <https://proteg.net.br/epi-radiologia-conheca-os-principais-equipamentos-de-protecao->



Figuras 2 <https://consultoriamd.com.br/validacao/r 1>





Figura 3 <https://images.app.goo.gl/dejhH3yyuDgcN8> 1