



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO RADIOLOGIA

NAFTALI DE SOUSA PEREIRA

CONTROLE DE QUALIDADE DOS MONITORES DE TAXA DE DOSE NOS
SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR

TERESINA

2024

NAFTALI DE SOUSA PEREIRA

CONTROLE DE QUALIDADE DOS MONITORES DE TAXA DE DOSE NOS SERVIÇOS
DE MEDICINA NUCLEAR

Trabalho de Conclusão de curso (artigo científico
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Tecnólogo em Radiologia do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
Campus Teresina Central

Orientador: Prof. Dr. Eutrópio Vieira Batista

TERESINA

2024

CONTROLE DE QUALIDADE DOS ATIVÍMETROS NOS SERVIÇOS DE MEDICINA NUCLEAR

Naftali de Sousa Pereira ¹

Eutrópio Vieira Batista ²

RESUMO

Este trabalho visou fazer uma descrição e uma explicação sobre os vários testes de controle de qualidade que são feitos nos ativímetros, equipamento que é frequentemente usado nos procedimentos que serão feitos em Medicina Nuclear. Esses procedimentos de testes são feitos conforme a norma CNEN 3.05, porém foi constatado a necessidade de atualização por parte da norma. No teste de repetibilidade em sua descrição, traz uma redundância, já que os conceitos se assemelham com o teste de precisão. Outras falhas encontradas na norma são a de não trazer referências para os testes, sendo necessário em alguns casos, a busca em documentos internacionais para se conseguir realizar um teste efetivo. Em alguns casos a norma brasileira traz um limite bem maior do que é visto em outras normas de referência, como a TRS 454, AAPM 118. Temos como exemplo, o teste precisão, enquanto na CNEN 3.05 traz $\pm 5\%$, as normas internacionais trazem $\pm 1\%$, isso pode influenciar diretamente na dose que será injetada no paciente, por isso existe a necessidade do alinhamento com as práticas internacionais, com o objetivo de reduzir a exposição tanto de pacientes, quanto dos trabalhadores em medicina nuclear.

Palavras-chave: controle de qualidade; medicina nuclear; ativímetro; curiômetro.

ABSTRACT

This work aimed to provide a description and explanation of the various quality control tests that are carried out on activity meters, equipment that is frequently used in procedures that will be carried out in Nuclear Medicine. These test procedures are carried out in accordance with the CNEN 3.05 standard, but the standard was found to need to be updated. In the

¹ Discente do Curso Tecnólogo em Radiologia do Instituto Federal do Piauí *Campus* Teresina Central e-mail: naftali.sousa@gmail.com

² Docente do Curso Tecnólogo em Radiologia do Instituto Federal do Piauí *Campus* Teresina Central. Doutor em Tecnologia Energética Nucleares (PROTEN/UFPE). e-mail: eutropio.batista@ifpi.edu.br

repeatability test in its description, it brings redundancy, since the concepts are similar to the accuracy test. Other flaws found in the standard are that it does not provide references for tests, making it necessary in some cases to search international documents to be able to carry out an effective test. In some cases, the Brazilian standard brings a much higher limit than is seen in other reference standards, such as TRS 454, AAPM 118. For example, the accuracy test, while in CNEN 3.05 it brings $\pm 5\%$, international standards bring $\pm 1\%$, this can directly influence the dose that will be injected into the patient, which is why there is a need to align with international practices, with the aim of reducing exposure to both patients and nuclear medicine workers.

Keywords: quality control; nuclear medicine; activimeter; curiometer.

Data de aprovação: 27/06/2024

1 INTRODUÇÃO

A medicina nuclear é uma das subáreas da radiologia, segundo o que diz a lei nº 7.394/85, lei que regula o exercício da profissão de técnico em radiologia. Essa especialidade pode ser usada tanto para o diagnóstico de imagem, por meio dos estudos de cintilografia e de tomografia por emissão de pósitrons(PET), quanto para fins de terapia, como a iodoterapia e terapia radionuclídica. Uma das suas vantagens com relação ao método convencional seria as avaliações fisiológicas, já que em muitos casos primeiro ocorre a alteração fisiológica, e logo após pode acontecer as alterações morfológicas. Segundo CARDOSO(2023), nos períodos de 2017 a 2021, no Brasil, em exames liberados pelo SUS, “53% da produção em medicina nuclear concentra-se na região Sudeste”. Nota-se também que a produção do Nordeste (19,9% do total) é maior que a região Sul (18,6%), no entanto a população do Nordeste é bem maior que a do Sul, podendo sugerir a melhor cobertura do Sul em relação ao Nordeste. O fato da produção hospitalar do Sul ser maior que a do Nordeste, provavelmente pela maior presença de hospitais na região Sul, corrobora esse fato e pode indicar também que existe um subdimensionamento comparativo entre as regiões.”

Por usar fontes radioativas, a Comissão Nacional de Energia Nuclear(CNEN) é a responsável pela regulamentação e fiscalização das instalações radiológicas. A norma regulamentadora NN 3.05 de 17 de dezembro de 2013, que tem por título, Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear, traz vários requisitos

para o funcionamento do serviço de medicina nuclear, entre eles está a obrigatoriedade do uso de monitor de taxa de dose, principal e reserva. Com os calibradores de dose, é possível determinar a atividade dos radionuclídeos administrados a pacientes, basicamente consiste em uma câmara de ionização do tipo poço e um eletrômetro com mostrador digital.

Entre os vários requisitos, um deles é o de haver uma periodicidade do controle de qualidade dos equipamentos usados no serviço de medicina nuclear, tendo em vista a importância desse controle, pois este garante um bom funcionamento dos aparelhos e trazem confiabilidade, possibilitando uma melhoria na proteção radiológica dos pacientes e dos profissionais, já que os efeitos das radiações ionizantes, podem ser severos, e a depender da dose podem trazer sequelas irreversíveis. O objetivo deste trabalho é descrever os testes para o controle de qualidade para os ativímetros que são feitos com base na NN 3.05, e comparar com outras normas internacionais, que poderão ser usadas para futuras atualizações desta norma.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em setores de medicina nuclear (SMN) os materiais radioativos são amplamente utilizados, tanto para diagnóstico quanto para terapias, e suas atividades devem ser determinadas com precisão antes da administração a um paciente obtendo resultados desejáveis do tratamento. Para garantir a confiabilidade da dose prescrita pelo médico é utilizado o instrumento de medição nomeado de ativímetro, anteriormente chamado de curiômetro. A Comissão Nacional de Energia Nuclear estabelece que nos SMN tenha pelo menos um ativímetro e que sejam realizados testes periódicos de um programa de controle de qualidade. Esses medidores de atividade devem ser bem calibrados para que forneça resultados os mais confiáveis possíveis e os fatores de calibração devem ser rastreáveis para cada radionuclídeo.

Sistemas de medição indireta com câmara de ionização tipo poço são largamente utilizados em metrologia, radioproteção e medicina nuclear. Conhecido como calibrador de doses ou ativímetro, este detector possui uma grande dependência geométrica e energética, ou seja, ao ocorrer uma variação do formato da ampola onde será medido a atividade do radionuclídeo que será injetado no paciente, poderá ocorrer um erro de dose. Entretanto, outros parâmetros de influência devem ser considerados, como o estado do gás detector e a pressão no interior da câmara de ionização. [9]

Além disso, a medição da atividade com exatidão contribui para a obtenção de uma boa qualidade da imagem preservando a exposição tanto do paciente quanto do trabalhador.

Essa medição é realizada nos SMN com um instrumento denominado ativímetro, também conhecido como curiômetro, calibrador de dose ou medidor de atividade. [6]

Dentre as maiores fontes de erro nas medidas realizadas com um ativímetro estão a espessura, o tamanho e o volume do frasco que contém o radiofármaco, considerando que um ativímetro típico tem sua resposta reconhecidamente dependente do frasco utilizado. Uma variação na espessura do frasco de vidro de 0,12 mm pode alterar a resposta do ativímetro em até 7% dependendo do radionuclídeo. [6]

A norma da CNEN 3.05 traz consigo elencado, os testes de controle de qualidade, entre eles podemos citar a repetibilidade, exatidão, precisão, linearidade e o teste de geometria, em comparação com as normas internacionais como TRS[Technical Reports Series] 435, da IAEA[International Atomic Energy Agency], foram constatadas algumas falhas que foram trazidos por alguns autores e serão discutidas neste trabalho.

3 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo com coleta de dados, se fez o uso de fontes secundárias, por meio de levantamento bibliográficos, de estudos que já abordaram esse tema. Para o levantamento de artigos foi feito buscas no google acadêmico, e usado literaturas oficiais como a norma CNEN-NN-3.05 “Requisitos de radioproteção e segurança para serviços de medicina nuclear”, e normas internacionais como o TRS 454 da IAEA.

Foram utilizados para busca dos artigos, os seguintes descritores “Medicina nuclear”, “Controle de qualidade medicina nuclear”, “controle de qualidade ativímetros”, “quality assurance medicine nuclear”.

Os critérios de inclusão definidos para inclusão foram artigos em inglês, português, espanhol; artigos que retratam a temática abordada, ao menos parcialmente.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 REPETIBILIDADE

A norma CNEN 3.05, traz o conceito de repetibilidade, “Verificar a constância na resposta do equipamento para diferentes fontes de referência, devendo as medidas estar dentro de um intervalo de $\pm 5\%$ (cinco por cento). Isso se relaciona diretamente com o conceito de precisão que é outro teste a ser feito. Ou seja, a norma já traz uma redundância que poderia ter sido evitada.

A repetibilidade traz em seu conceito, conforme o VIM, que deve ser avaliado a variação das respostas, a repetição de procedimentos em um intervalo de tempo curto, por isso

a necessidade do teste ser feito diariamente, sob as mesmas condições de medição. Temos fatores que podem influenciar a medição, como condições de temperatura, umidade do ambiente, níveis de radiação de fundo e até mesmo o próprio operador.

4.2 EXATIDÃO

A norma CNEN 3.05 traz o conceito de exatidão descrito como “Verificar a exatidão nas medidas de um calibrador de dose através da utilização das fontes de referência, devendo as medidas estar dentro de um intervalo de $\pm 10\%$ (dez por cento).” As fontes de referência que podem ser usadas são o Co-57, Ba-133, Cs-137 e Co-60, que são fontes de meia vida longa, a geometria das fontes padrão não são idênticas às usadas no cotidiano do serviço, ou seja, não tem o mesmo formato e isso influencia diretamente na medição, porém como esse teste não é uma calibração, é um teste de estabilidade do sistema. Tem por objetivo demonstrar que para uma sequência de testes de medida, o valor não irá variar, mais do que 10%. Como as fontes usadas são de grande meia vida, pode ser necessário fazer uso do fator de correção para decaimento das fontes que tem por base o tempo de meia vida. No Brasil, o Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes é o responsável por produzir e calibrar as fontes padrão para esses testes.

4.3 ALTA VOLTAGEM

Segundo a norma CNEN 3.05, esse teste serve para testar a tensão de entrada no equipamento, como vimos no tópico sobre repetibilidade, a tensão pode influenciar na medida que será captada pelo ativímetro. As medidas devem estar no intervalo de $\pm 1\%$ (um por cento). Esse teste deve ser feito diariamente. No AAPM(American Association of Physicists in Medicine) Report nº 181[6], diz para comparar de acordo com o fabricante, e a tolerância deve está de acordo com o manual de instruções do operador.

4.4 RADIAÇÃO DE FUNDO

Outro importante teste no controle de qualidade é o da radiação de fundo, outra medida que pode afetar a real medida da dose do radiofármaco que será injetada no paciente. Esse teste se torna um dos mais importantes por conta que o ambiente da sala quente, que onde são preparados os radiofármacos, e onde fica o ativímetro, tem muitas fontes, e mesmo com as constantes medições para ver se há algum vazamento de radiação, esse contexto pode influenciar as medidas que serão obtidos no equipamento. Segundo a norma CNEN 3.05, as medidas devem está no intervalo de $\pm 20\%$ (vinte por cento). Os valores iniciais de radiação

de fundo devem ser obtidos no teste de aceitação, essas medidas devem ser feitas antes do primeiro uso do dia, e deve ser realizado a cada uso. Uma das falhas da norma é não especificar como esses testes devem ser realizados, tem que ser usado outras fontes internacionais para se obter o método como realizar o teste.

4.5 AJUSTE DO ZERO

O zero deve ser testado, ajustado a cada primeiro uso do dia e comparado com as instruções de tolerância do fabricante, no manual do operador. O valor obtido deve ser comparado com os valores anteriores e mantido constante. Uma variação poderá significar a necessidade de manutenção.

4.6 PRECISÃO

Segundo a norma CNEN 3.05, esse teste tem como objetivo “Verificar a precisão nas medidas de um calibrador de dose através da utilização das fontes de referência, devendo as medidas estar dentro de um intervalo de $\pm 5\%$ (cinco por cento)”. Mais uma vez a norma falha em não especificar ou esclarecer em como esse intervalo pode ser verificado, permitindo assim uma possível interpretação errada, levando a possíveis erros.

Assim sendo, é necessário a consulta a materiais internacionais, como a TRS 454[10], que traz por completo como deve ser feito esse procedimento, o objetivo é o de confirmar que a incerteza aleatória de uma única medição, é principalmente determinada pela natureza aleatória do decaimento, e se for obtido um valor maior do que o esperado, pode indicar uma possível presença de uma fonte aleatória de incerteza. O processo do cálculo é feito da seguinte forma, são registrado dez leituras sequenciais, no intervalo de 1 min, desses valores são determinados a média e o desvio padrão, esse processo é repetido mais nove vezes em intervalos de tempo distintos, então se pode mensurar se realmente o ativímetro está bem calibrado. Segundo, essa norma de referência, a frequência desse teste deve ser mensal. Segundo as normas internacionais o limite é de $\pm 1\%$.

4.7 LINEARIDADE

A norma CNEN 3.05, traz que o teste consiste em: “Verificar a linearidade nas medidas de um calibrador de dose através da utilização de uma fonte de meia vida curta, devendo as medidas estar dentro de um intervalo de $\pm 10\%$ (dez por cento).” A periodicidade pedida é no intervalo anual. Mais uma vez não é especificado os métodos para serem usados

para verificar essa linearidade, mas consiste basicamente em realizar medições sequenciais, são feitas até que a atividade da fonte utilizada esteja próxima a radiação de fundo.

Tem por objetivo principal, verificar se a resposta do ativímetro é de fato proporcional a atividade do radionuclídeo medido, na faixa de atividade dos radionuclídeos utilizados no serviço de medicina nuclear. Nas normas TRS 454 e AAPM 181, já evoluem nessa verificação e trazem duas possibilidades de metodologias, usando o decaimento da fonte ou usando a blindagem. O método mais usado é o do decaimento, as fontes utilizadas são as da rotina da clínica, geralmente ^{99m}Tc ou ^{18}F , em intervalos de 2 horas entre as medidas. Diferente da norma nacional, o limite é de $\pm 5\%$.

4.8 GEOMETRIA

Como vimos anteriormente, no tópico 4.1, um dos fatores que podem influenciar nos valores aferidos no ativímetro, é a geometria das fontes, ou seja, o formato delas, além disso onde a fonte está guardada também pode vir a influenciar. O teste de geometria vem até citado na norma CNEN 3.05, no seu artigo 36, que faz parte da seção III, que trata sobre “Da Manipulação e Administração de Radiofarmacos”. É citado da seguinte forma: “atividade do radiofármaco a ser administrada ao Paciente Injetado, na forma líquida ou sólida, deve ser previamente aferida no medidor de atividade.” No parágrafo único temos, “A geometria adequada deve ser considerada no procedimento para aferição do radiofármaco no medidor de atividade.” Como veio na norma, é necessário levar em conta o tipo de frasco para o qual o ativímetro foi calibrado, isso interfere bastante no resultado que será obtido. MARTINS[6] concluiu em sua teste, a necessidade de, ao mudar os frascos, também considerar um novo fator de correção, sem usar isso, a atividade que o ativímetro traz possivelmente estará errada. Mais uma vez a norma CNEN 3.05, não esclarece como os testes poderão ser feitos, outra falha é que ao considerar os testes usuais, com fontes de referência, que são o ^{57}Co , ^{133}Ba e ^{137}Cs , teremos uma geometria totalmente diferente das que são de rotina da clínica, já que essas fontes são sólidas. E também não são considerados fatores de tolerância, sendo assim não tem como estabelecer parâmetros, caso o SMN fosse usar somente a norma nacional para realizar os testes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi visto ao longo deste trabalho, a norma CNEN 3.05 ao ser comparada com outras normas internacionais, trouxe falhas que necessitam de correção. Em vários testes não traz parâmetros necessários para se conseguir obter a correta calibração do ativímetro, sendo

por várias vezes indispensável a consulta às normas internacionais. Outra falha em comparação com as normas internacionais é que em alguns parâmetros se traz uma diferença considerável em termos de intervalo de aceitação, isso vai de encontro ao princípio de proteção radiológico ALARA, já que poderíamos ter uma dose menor tanto ao paciente, quanto ao profissional de radiologia.

A periodicidade desses testes é outra importante observação, já que em caso de falhas em alguns dos testes, o mesmo deve ser encaminhado para a calibração, para que possa ser corrigido eventuais falhas, e consigo, erros que podem trazer risco ao paciente, por isso a necessidade dos testes serem feitos na periodicidade que é pedido na norma, e ao comparar com outras normas, vemos que em alguns casos a norma estabelece prazos de periodicidade maior que as normas internacionais.

Com isso, vemos a necessidade de possíveis atualizações da atual norma, visando a melhora do serviço de medicina nuclear no que tange a proteção radiológica do público em geral, e dos profissionais que trabalham no SMN.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Monalisa et al. **Determinação das Incertezas das Medições de um Detector Capacitado Portátil**. CONGRESSO BRASILEIRO DE METROLOGIA DA RADIAÇÕES IONIZANTES, 2020. Disponível em: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/52/051/52051491.pdf. Acesso em: 09 jun. 2024.
- AMERICAN ASSOCIATION OF PHYSICISTS IN MEDICINE. **Report No 181 2012: The Selection, Use, Calibration, and Quality Assurance of Radionuclide Calibrators Used in Nuclear Medicine (Michigan, USA)**. Disponível em: https://www.aapm.org/pubs/reports/rpt_181.pdf. Acesso em: 09 jun. 2024.
- CARDOSO, Fabrício Rocha. **Mapeamento dos Serviços de Medicina Nuclear no Brasil de 2017-2021: caminho para pesquisar cobertura e acesso**. 2023. 152 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/61844>. Acesso em: 09 jun. 2024.
- CONSELHO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Norma **CNEN NN 3.05 Resolução CNEN 159/13: Requisitos de Segurança e Proteção Radiológica para Serviços de Medicina Nuclear**. Brasil, 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/cnen/pt-br/acesso-rapido/normas/grupo-6/grupo6-nrm305.pdf>. Acesso em 09 jun. 2024.
- CUNHA, Paulo Gonçalves et al. **Análise crítica do programa de garantia da qualidade para ativímetros utilizados em medicina nuclear conforme definida na norma CNEN 3.05**. Metrology 2023: CBMRI: Brazilian congress on ionizing radiation metrology, Brazil, 2023. Disponível em: https://metrologia2023.org.br/?page_id=6589. Acesso em: 09 jun. 2024.
- FRAGOSO, Maria et al. **Controle da qualidade dos calibradores de radionuclídeos nos serviços de medicina nuclear na região Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Física Médica, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 43–46, 2015. DOI: 10.29384/rbfm.2010.v4.n3.p43-46. Disponível em: <https://www.rbfm.org.br/rbfm/article/view/96>. Acesso em: 15 jun. 2024.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Technical reports series, ISSN 0074-1914, no. 454 2006: Quality assurance for radioactivity measurement in nuclear medicine**. (Vienna : International Atomic Energy Agency). Disponível em: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TRS454_web.pdf. Acesso em: 10 jun. 2024.
- MARTINS, Elaine Wirney. **Estudo e determinação de fatores de influência das dimensões dos frascos de radiofármacos utilizados no IPEN para calibração de ativímetros**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-08082011-104737/>. Acesso em: 06 jun. 2024.
- MARTINS, ELAINE et al. **Aplicação de calibração de ativímetro para 131I**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA NUCLEAR, 37., 21-23 de setembro, 2023, Porto de Galinhas, PE. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/34433>. Acesso em: 04 jun 2024.

SOUSA, Carlos Henrique Simões et al. (2017). **Determinação da função tempo de operação em ativímetros.** *Brazilian Journal of Radiation Sciences*, 5(3-A), Rio de Janeiro, Brazil, v. 5, n. 3-A, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.15392/bjrs.v5i3.296>. Acesso em: 12 jun. 2024.