

ANÁLISE DO CONTROLE DE QUALIDADE DE GAMA CÂMARA TIPO SPECT

**Oliveira, P. R. B.¹; Lopes Filho, F. J. ²; Silva, I. C. S. ¹; Cavalcanti, B.B.¹; Mariz, B. M. ¹;
Aragão Filho, G. L. ³ e Santana, I. E. ⁴**

¹ Graduanda em Tecnologia em Radiologia.

² Doutor em Tecnologias Energéticas Nucleares.

³ Graduado em Tecnologia em Radiologia.

⁴ Pós Graduado em Tecnologia em Radiologia.

RESUMO

Na medicina nuclear utiliza-se radiofármacos e/ou radionuclídeos que são emissores de radiação e são administrados no paciente para diagnosticar, tratar e investigar patologias. A gama câmara, é o equipamento utilizado para detectar a radiação emitida pelo mesmo. Para este equipamento funcionar corretamente exibindo uma imagem nítida para o médico laudista, o mesmo deverá estar dentro dos parâmetros que são definidos na realização do teste de controle de qualidade estabelecidos pela International Atomic Energy Agency (IAEA), National Equipment Manufacturers Association (NEMA) e a Instituição normatizadora e fiscalizadora Nacional (CNEN). Visando a importância desses controles de qualidade, realizaram-se os testes em um equipamento do tipo SPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) de um serviço de Medicina Nuclear de Pernambuco.

Palavras-Chaves: Medica Nuclear, Gama câmara, Controle de Qualidade

1. INTRODUÇÃO

A Medicina Nuclear é uma especialidade médica que utiliza métodos seguros, não invasivos para fins diagnósticos e terapêuticos através do uso de radiofármacos. Radiofármacos são preparações contendo um ou mais radionuclídeos [ANVISA]. Depois de injetado no paciente, o mesmo emite radiação gama através de seu decaimento; a radiação deste decaimento consegue atravessar os tecidos e será detectada externamente pela gama câmara, também chamada de câmara de cintilação. Um físico americano, chamado Hal Anger, em 1958 desenvolveu a gama câmara. Ela é a base até hoje de todos os equipamentos de obtenção de imagens nucleares em medicina [SABBATINI, RENATO. 2003]. Este equipamento é formado por detectores dotado de um cristal cintilador associado aos tubos fotomultiplicadores. A radiação emitida pelo paciente interage com o detector produzindo o efeito fotoelétrico, esse efeito por sua vez interage com o cristal resultando em luz; essa luz é proporcional à energia da radiação. Associados aos detectores existem tubos fotomultiplicadores que têm como função converter a luminosidade emitida pelo cristal em pulsos elétricos através do fotocátodo, esses pulsos elétricos por sua vez serão multiplicados e processados por sistemas de computadores, os software e assim, convertidos em imagens. Um equipamento que possui esta complexidade é de extrema importância dentro de um

serviço de medicina nuclear e precisa de um controle de qualidade eficiente. Estes controles são estabelecidos pelas normas vigentes e protocolos previamente estabelecidos pelas instituições citadas anteriormente. Para que os testes fossem realizados foram levadas algumas considerações como, por exemplo: a sequência correta para a realização do mesmo, a perocidade determinada, o isótopo usado, o tipo de fonte, a temperatura da sala e entre outras considerações que são de extrema importância para garantir a veracidade e eficiência do mesmo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A gama câmara utilizada para os testes de controle de qualidade foi da marca *Philips*, modelo *Forte*. Onde a mesma possui duas cabeças detectoras que permitem a captação da radiação por vários ângulos. Os testes realizados seguiram as exigências da NEMA, IAEA e da Agência reguladora Nacional (CNEN). Sendo estes:

Inspeção visual da integridade física do sistema: Analisou-se todo o sistema a fim de garantir que não houve danos. Examinou-se a “carcaça” que cobre o cristal procurando furos ou amassões, inspecionaram-se os botões presente no *gantry* a fim de garantir que não estejam soltos, observou-se os colimadores e também as conexões elétricas que compõem o sistema. Tudo isto para garantir o bom funcionamento do equipamento.

Radiação de fundo da sala de exame: Foi retirado o colimador, ajustou a posição do detector para coincidir com o centro da mesa, calibrou o mesmo para o radionulídeo e verificou a taxa de contagem do fundo da sala após um determinado tempo (100 segundos). Segundo IAEA, a taxa mínima de contagem é de 0,1 KCT (Kilo contagem) e máxima estabelecida pelo fabricante é de 1 KCT. Tudo a fim de garantir que não há contaminação no local.

Centralização e Largura da janela energética para radionuclídeo: Foi retirado o colimador e para a criação de uma fonte puntiforme utilizou-se uma seringa de 1 ml contendo uma atividade de 3,7 MBq (0,1 mCi) de Tecnécio Meta Estável (Tc^{99m}). Este valor é determinado pela IAEA, mas pode variar de acordo com o fabricante. Colocou a fonte em uma distância que equivale a cinco vezes o diâmetro do detector e só assim selecionou no software o radionuclídeo em questão. Foi determinado 20% de janela para cada lado, o que significa que o software só irá captar fótons que tem o valor de energia que possa variar entre 20% a mais ou a menos do valor dos fótons que apresentam a sua maior incidência de energia. Salientando-se que a taxa de contagem no final da calibração da janela não exceda 50.000 c/s, (Cinquenta mil contagens por segundo) dados do fabricante. Desta maneira garante-se que a imagem só será formada com os fótons “úteis”, ou seja, aqueles que estão dentro do percentual estabelecido, fornecendo assim uma boa imagem através de captações precisas de energias.

Uniformidade intrínseca de campo integral e diferencial: Retirou o colimador, colocou uma fonte radioativa puntiforme, que consistiu em uma solução de Tc^{99m} com atividade entre 0,8 mCi a uma distância de cinco vezes o diâmetro do detector, modo que a contagem não exceda 50.000 c/s (Dados do fabricante). Depois determina-se o radionuclídeo, estabelece a janela de 20% e seleciona para a análise ser feita nos dois detectores, então inicia-se as seguintes etapas para a validação do teste:

1º Analisar visualmente a uniformidade de campo útil e central de visão, respectivamente Useful FOV e Central FOV. Onde, **CFOV=75%UFOV**.

2º Verificar os valores de campo integral e diferencial para que os mesmos estejam dentro dos valores estabelecidos pelo fabricante (Tab. 1).

Este teste tem a finalidade de avaliar a uniformidade da imagem quando submetido a uma incidência de fótons, enfatizando a análise para o cristal e os tubos fotomultiplicadores.

Uniformidade intrínseca com janelas energéticas assimétricas: Retirou-se o colimador, alinhou a cabeça detectora ao local onde estava a fonte puntiforme de Tc^{99m} , a mesma deve ter uma atividade de 800 μCi de modo que a contagem não exceda 50.000 c/s (dados do fabricante). Depois, determina-se o radionuclídeo, estabelece a janela que agora será de 5% deslocada para mais e para menos. Então seleciona esses valores para só assim iniciar a análise nos dois detectores e poder formar as imagens que serão analisadas posteriormente. Se as imagens apresentarem no deslocamento para menos “pontos enegrecidos” e no deslocamento para mais os pontos que eram enegrecidos tornaram-se “brancos”, isso significa que a danos no cristal e que provavelmente seja pontos de hidratação, já que o mesmo é higroscópico.

Uniformidade de campo integral e diferencial Extrínseca do sistema: Colocou na cabeça detectora o colimador que desejou testar, em seguida colocou o fantoma físico chamado de "flood phantom" (Usado para simular a interação da radiação nos tecidos do corpo e também para avaliar a deposição de energia. Fig. 1) preenchido com uma solução de Tc^{99m} e água. Precisa-se garantir que a solução esteja homogênea para não criar artefatos na imagem que irá ser formada (Dados da IAEA). Esse fantoma teve uma atividade entre 2 e 5 mCi e foi posto à uma distância de aproximadamente 10cm do colimador, na sequência centralizou-se o fopico (20% de janela) e só depois formou-se a imagem. Examinou visualmente a imagem, a fim de não encontrar áreas de hipercapitação. Tendo em vista que essas áreas apresentam problemas nos colimadores, problemas estes que são ocasionados por danificações durante a troca no caso dos colimadores de baixas energias, pois estes apresentam uma maior sensibilidade com o transporte.

Resolução e linearidade espacial Extrínseca: Colocou-se uma fonte puntiforme de Tc^{99m} com uma atividade de 5 mCi a uma distância de cinco vezes o diâmetro do detector, em seguida colocou o colimador de baixa energia na cabeça detectora e sobre este o fantoma de Barras (Fig. 2), estabeleceu uma janela de 20% e iniciou a formação da imagem. Depois da imagem formada, para determinar a resolução (Equação 1.), visualiza-se o menor espaçamento das linhas ortogonais e multiplica o valor deste espaçamento que é dado em milímetro pela constante 1,75 e se obtém o valor da meia altura de uma fonte linear (FWHM) na qual deve estar dentro do parâmetro do teste de aceitação. Esse teste garante uma boa resolução do detector junto com o colimador, descartando assim imagens com o aspecto borrado.

$$FWHM = \text{Menor espessamento visualizado} \times 1,75(\text{constante}) \quad (1)$$

Resolução e linearidade espacial intrínseca: Colocou-se uma fonte puntiforme de Tc^{99m} com uma atividade de 2 mCi a uma distância de cinco vezes o diâmetro da cabeça detectora

e sobre este o fantoma de Barra sobre o cristal. Centralizou a janela com o percentual de 20% e só assim formou a imagem. Depois da imagem formada, segue-se a mesma sequência do teste anterior. Tudo a fim de garantir uma boa resolução através do detector junto com cristal.

Uniformidade Intrínseca para nuclídeos diferentes de Tc: Retirou o colimador, colocou uma fonte puntiforme de qualquer radionuclídeo que seja diferente do Tc^{99m} com uma atividade de 0,3 á 0,5 mCi, centralizou a janela com o percentual de 20 % e formou a imagem. Analisou-se a imagem visualmente anotando qualquer variação de brilho e densidade em CFOV e UFOV, verificando também os valores de campo integral e diferencial. É importante realizar para assegurar a resposta intrínseca da câmara para todas as energias.

Taxa máxima de Contagem: Foi retirado o colimador, utilizou-se uma fonte puntiforme de Tc^{99m} com uma atividade de 100 μ Ci e centralizou o fotopico no percentual já estabelecido (20%). Colocou a fonte dentro de um recipiente de plástico e prendeu-a em um suporte móvel de modo que a mesma ficou no centro do detector e iniciou a contagem por aproximadamente 100s (Dados do fabricante), depois certificou-se que o resultado não excedeu $\pm 20\%$ do valor estabelecido pelo fabricante, que é de 20.000c/s. Esse teste assegura que a gama câmara esteja realizando as contagens corretamente.

Centro de rotação da câmara SPECT: Alinhou a gama câmara de modo que a parte detectora ficou paralela ao centro de rotação. A fonte tinha uma atividade 5 mCi e estava suspensa por algum objeto que ficou aproximadamente dois centímetros do campo de visão, adquiriu-se 32 imagens de 6 segundos cada, utilizando uma matriz de 64x64. Realizando um giro completo de 360 graus. Analisa-se visualmente a imagem de modo que possa garantir que a fonte esteja percorrendo uma linha horizontal sem sair deste eixo, o limite de saída do eixo é de 2 mm no máximo. Isso garantirá que a gama câmara fará reconstruções exatas, dando assim uma veracidade no exame.

Sensibilidade Planar ou Tomográfica: Colocou-se o colimador na parte detectora, cobriu esta parte com um plástico e colocou o fantoma em cima. Esse fantoma deverá ter uma atividade de 1 mCi de uma solução de Tc^{99m} . Em seguida, centraliza-se a janela (20%) e estabelecer uma contagem de 10.000 por aproximadamente 100 segundos, depois calcula-se a sensibilidade (Equação 2.). Onde N representa a contagem, A a atividade e T o tempo, o resultado deve estar entre 50 a 140 Contagem por segundo/Mega Bequerel (CPS/MBq) para assim garantir a eficiência do cristal.

$$Sensibilidade = \frac{N}{A \times T} \quad (2)$$

Velocidade da mesa: Utiliza-se um fantoma do tipo planar (Fig. 1), com uma atividade de 15 mCi formando uma solução de Tc^{99m} e água. Depois, estabeleceu no software cortes de 15,20 e 25 cm/s (Centímetro por segundo) e uma taxa de contagem que não exceda 50.000 c/s e só depois, iniciou-se a aquisição de imagens. Com as imagens formadas analisa-se visualmente se a homogeneidade na imagem, descartando assim erros nos cortes e garantia nas reconstruções das imagens.

Resolução Energética: Retirou o colimador, colocou uma fonte pontual de Tc^{99m} com atividade de 1mCi, ajustou a gama câmara para realizar contagens durante um intervalo de tempo de 100 segundos, em diferentes valores de energia e janela de 20%. Obteve-se um gráfico de Contagens X Energia, sendo assim foi determinada a largura à meia altura do fotopico (FWHM). Com esse valor definido, aplicou na fórmula (Equação 2.) tudo a fim de verificar a capacidade do sistema em produzir respostas idênticas para fótons iguais.

$$Resolução\ de\ Energia = \frac{FWHM}{E(fotopico)} \times 100\% \quad (2)$$

	Central FOV	Useful FOV
INTEGRAL	4,5%	5%
DIFERENCIAL	4,5%	5%

Tabela 1. Valores de referência para CQ em Uniformidade Intrínseca



Figura 1. Fantoma *Flood Phantom*

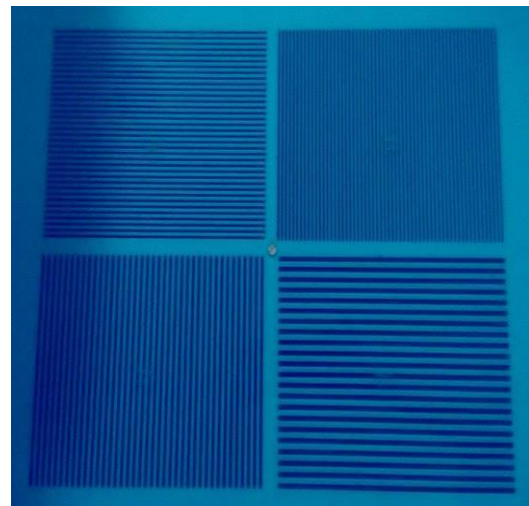


Figura 2. Fantoma *de Barra*

3. RESULTADOS E DISCURSÃO

TESTE	PERIODICIDADE	RESULTADOS E DISCURSÕES
Inspeção visual da integridade física do sistema	DIARIAMENTE	Durante todo o acompanhamento a gama câmara estava em perfeita ordem.
Radiação de fundo de sala	DIARIAMENTE	Os valores se intercalaram entre 0,3 KCT a 0,8 KCT. Mantendo assim a normalidade do teste.
Centralização e Largura da janela para radionúlideo	DIARIAMENTE	As contagens realizadas neste teste ficaram em torno de 40.000 c/s e não apresentaram variações no percentual de janela.
Uniformidade Intrínseca de campo integral e diferencial	DIARIAMENTE	Os valores de CFOV e UFOV ficaram dentro do limite estabelecido pelo fabricante e a análise visual das imagens estava em boas condições.
Uniformidade Intrínseca com janelas assimétricas	ANUAL	As imagens não apresentaram focos de hidratação do cristal, comprovando assim integridade do mesmo, já que este é o componente mais caro do equipamento.
Uniformidade Extrínseca de campo integral e diferencial	SEMESTRAL	Não encontrou-se áreas de hipercapitações certificando-se, que os colimadores estejam em boas condições. Garantindo a blindagem necessária e a boa formação da imagem através de fótons primários.
Resolução e linearidade espacial Extrínseca	ANUAL	Os resultados estavam dentro dos parâmetros, descartando assim a formação de imagens distorcidas.
Resolução e linearidade espacial Intrínseca	MENSAL	Os resultados estavam dentro dos parâmetros, certificando a eficiência do cristal e colimador.
Uniformidade Intrínseca para núclídeos diferentes de Tc^{99m}	ANUAL	As imagens não apresentaram nenhuma variação

Taxa máxima de Contagem	SEMESTRAL	Os valores não excederam o limite.
Centro de rotação da câmara SPECT	MENSAL	A imagem formada variou 1 mm porém, este valor ainda estar dentro dos parâmetros isso garante uma boa reconstrução das imagens dando mais veracidade ao exame.
Sensibilidade planar ou tomográfica	SEMESTRAL	A sensibilidade ficou em torno de 95(CPS/MBq), valor este que estar dentro do limite.
Velocidade da mesa	SEMESTRAL	As imagens analisadas foram formadas com 40.000 c/s e apresentaram homogeneidade, fazendo com os cortes realizados tenham dimensões precisas.
Resolução Energética	SEMESTRAL	Os resultados estiveram dentro dos padrões estabelecidos pelo fabricante, garantido a formação de imagens com fótons de energias muito próximas.

4. CONCLUSÃO

Os teste de controle de qualidade são de extrema importância dentro de uma serviço de medicina nuclear, uma vez que através deles é que conseguiu-se determinar falhas no desempenho do sistema. Falhas estas que podem criar diagnósticos errôneos, afetando assim interpretação dos exames e comprometendo o paciente. Evidenciou-se que a gama câmara da marca *Philips*, modelo *Forte* está adaptada para funcionar em um serviço de medicina nuclear visto que os resultados estavam dentro das normas e protocolos estabelecidos.

5. REFERENCIAS

- Control de calidad de los instrumentos de medicina nuclear. IAEA Tecdoc 602, 1991.
- CNEN-NE-3.05, **Requisito de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear**, COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, abril de 1996.
- SABBATINI,RENATO. *A História da Neuroimagem*. Revista Cérebro& Mente: Copyright 20 de Novembro de 2003. Parte 5 de 7, publivado no dia 1 de maio de 2003.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Radiofarmácios. Disponível em:http://www.anvisa.gov.br/hotsite/farmacopeiabrasileira/publicacoes/4_edicao/parte1/radiofarmacos.pdf. Acesso em 11 de Novembro de 2014.

- NEMA Standards Publication NU1-2001. Performance Measurements of Scintillation Cameras. Washington, DC: National Electrical Manufactures Association; 2001.
- ARAGÃO FILHO, G. L. Excelência das imagens cintilográficas a parti do controle de qualidade das gamas câmaras: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 2012. Palmas-Tocantins. VII CONEPI