

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

"JULIO DE MESQUITA FILHO"

ALEXANDRE FRANÇA VELO

APLICAÇÕES PRÁTICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NAS ÁREAS DE MEDICINA NUCLEAR E RADIODIAGNÓSTICO EM INSTALAÇÕES HOSPITALARES

Botucatu

2010

Alexandre França Velo

APLICAÇÕES PRÁTICAS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA NAS ÁREAS DE MEDICINA NUCLEAR E RADIODIAGNÓSTICO EM INSTALAÇÕES HOSPITALARES

Monografia apresentada ao Instituto de Biociências IB, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP como parte das exigências para obtenção do titulo de Graduado no Curso de Física Médica modalidade Bacharelado.

Orientador: Itamar Grochowski Rocha
Íon Consultoria em Proteção Radiológica e Radiações Ionizantes

Botucatu
2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CAMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: *ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE*

Velo, Alexandre França.
Aplicações práticas de proteção radiológica nas áreas de medicina nuclear e radiodiagnóstico em instalações hospitalares / Alexandre França Velo. – Botucatu, 2010

Trabalho de conclusão de curso (bacharelado – Física médica) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu.
Orientador: Itamar Grochowski Rocha
Assunto CAPES: 20000006

1. Medicina nuclear. 2. Radiação ionizante. 3. Radiação – Medidas de segurança.

Palavras-chave: Controle de qualidade; Medicina nuclear; Proteção radiológica; Radiodiagnóstico.

Dedicatória

À minha mãe, que sempre foi meu pai
e mãe, sendo meu exemplo de vida
por sua coragem, força e determinação
em todas as adversidades que a vida
lhe trouxe.

AGRADECIMENTOS

Aos meus irmãos, Vinicius e Fernanda por toda a força e companheirismo que me deram durante todos esses anos de convivência.

À minha avó, que sempre foi minha segunda mãe contribuindo para que eu chegasse aonde cheguei.

Ao meu padrasto Carlos, por seus conselhos e ajudas fornecidos durante todo o período que está conosco.

A toda a equipe da empresa Íon Consultoria em Proteção Radiológica e Radiações Ionizantes, que proporcionou a oportunidade desse estágio, sendo muito importante para a minha formação.

Aos professores, Joel Mesa Hormaza, Vladimir Eliodoro Costa e José Ricardo de Arruda Miranda, por toda companhia prestada durante a graduação e também por “segurarem a barra” quando mais precisei.

Aos moradores da República Carga Pesada, Matheus (Piah), Ralph (Penn`s Lane) e Eduardo (Alambique) pelo ano em que convivemos juntos dividindo alegrias e tristezas, e para todos os ex-moradores da extinta República CB.

Aos meus amigos de Piracicaba, onde acabamos crescendo juntos e criando laços fortes de amizade e companheirismo.

À IV turma de Física Médica da UNESP de Botucatu, sendo a melhor e inigualável turma que passará pela universidade.

À minha namorada Florença, que surgiu quando eu menos esperava, e que consegue me fornecer alegrias imensas me apoiando em minhas decisões e me ajudando em minhas decepções.

RESUMO

Introdução: Após a descoberta das radiações ionizantes, suas aplicações em diversas áreas da ciência passaram a tomar proporções significativas. No caso da medicina, destacam-se as aplicações nas áreas de radioterapia, radiodiagnóstico e medicina nuclear. Foi-se necessário então criar a área da proteção radiológica para estabelecer as condições necessárias para o uso seguro dessas radiações ionizantes. **Objetivo:** Aplicar conhecimentos obtidos durante a graduação e o estágio na prática da proteção radiológica nas áreas da medicina nuclear e de radiodiagnóstico. **Metodologia:** Na área da medicina nuclear, foram realizados os testes dos contadores Geiger-Muller (GM) e do calibrador de doses (curiômetro), as monitorações de radiação, gerenciamento de rejeitos, descontaminação do quarto terapêutico e o teste de controle de qualidade das gama-câmaras. Na área de radiodiagnóstico, realizaram-se os testes de controle de qualidade dos equipamentos de raios-X convencionais e dos equipamentos de raios-X com fluoroscopia, todos seguindo as normas da agência nacional de vigilância sanitária (ANVISA), e elaboração de relatórios dos testes realizados. **Discussão:** A rotina elaborada nos setores da medicina nuclear dos hospitais tem se mostrado de grande utilidade, uma vez que os controles de qualidade dos contadores GM contribuem para que os valores de possíveis contaminações sejam mais confiáveis. O controle do calibrador de doses possibilita que o paciente não receba doses diferentes das quantidades preconizadas, o que previne a repetição dos exames e a exposição desnecessária à radiação. A gerência de rejeitos segue as normas e legislações estabelecidas e exigidas para o seu gerenciamento. Os testes de controle de qualidade das gama-câmaras ajudam a avaliar seu desempenho para o diagnóstico médico por imagem. Na parte de radiodiagnóstico, os testes de controle de qualidade são realizados com o intuito de verificar se os equipamentos estão aceitáveis para o uso ou se precisam de reparos. **Conclusão:** As utilizações dos conhecimentos adquiridos no estágio serviram para consolidar o aprendizado do curso de graduação.

Palavras-chave: Controle de qualidade, Medicina Nuclear, Proteção Radiológica e Radiodiagnóstico.

ABSTRACT

Introduction: After the discovery of ionizing radiation, its applications in various fields of science began to take significant proportions. In the case of medicine, there are the application areas in radiotherapy, diagnostic radiology and nuclear medicine. It was then necessary to create the field of radiological protection to establish the conditions necessary for the safe use of such ionizing radiation. **Objective:** Apply knowledge obtained during the graduation stage and in the practice of radiological protection in the areas of nuclear medicine and diagnostic radiology. **Methodology:** In the area of nuclear medicine, tests were made in the Geiger-Muller counters (GM) and the dose calibrator (curiometer), the monitoring tests of radiation, waste management, clean of the Therapeutic room and testing the quality control of gamma-chambers. In the area of radiology, were performed tests of quality control equipment for conventional X-ray equipment and x-ray fluoroscopy, all following the rules of the National Health Surveillance Agency (ANVISA), and reporting of tests. **Discussion:** The routine developed in the fields of nuclear medicine in hospitals has proved very useful, since the quality control of GM counters contribute to the values of possible contamination are more reliable. The control of dose calibrator enables the patient not to receive different doses of the recommended amounts, which prevents the repetition of tests and unnecessary exposure to radiation. The management of waste following the rules and laws established and required for its management. Tests for quality control of gamma chambers help to evaluate its medical performance through image. In part of diagnostic radiology, tests for quality control are performed in order to verify that the equipment is acceptable for usage or if repairs are needed. **Conclusion:** The knowledge acquired at the internship consolidated the learning of graduation course.

Keywords: Quality Control, Nuclear Medicine, Radiation Protection and Radiodiagnostic.

Índice de Figuras

Controle de qualidade diário dos contadores Geiger-Muller (GM) de contaminação e de exposição

Figura 1: Contador Geiger de Contaminação.....13

Monitoração da taxa de exposição.

Figura 2: Contador Geiger de exposição.....22

Acondicionamento

Figura 3: Estiquetas usadas para identificar o rejeito radioativo.....20

Uniformidade

Figura 4: Imagem adquirida na calibração intrínseca do sistema.....29

Linearidade e resolução espacial

Figura 5: Imagem adquirida nos testes de resolução extrínseco utilizando simulador de barras.....31

Sistema de alinhamento e colimação do eixo central do feixe de raios X

Figura 6: Imagem demonstrando o posicionamento dos dispositivos.....33

Figura 7: Imagem do resultado final do teste.....33

Índice de Tabelas

Tabela 1: Testes de controle de qualidade realizados nos sistemas detectores de Medicina Nuclear e suas freqüências.....27

Sumário

Resumo

Abstract

1. INTRODUÇÃO.....10
2. OBJETIVO.....11
3. METODOLOGIA.....12

3.1. MEDICINA NUCLEAR.....12

3.1.1. Controle de qualidade diário dos contadores Geiger-Müller (GM) de contaminação e de exposição.....13

3.1.2. Controle de qualidade do Calibrador de Doses.....13

3.1.3. Monitoração de Radiação Ambiental.....14

3.1.4. Procedimentos de Monitoração.....15

3.1.4.1. Monitoração Individual.....15

3.1.4.2. Monitoração de Contaminação de Superfície.....15

3.1.4.3. Monitoração da taxa de exposição.....16

3.1.4.4. Monitoração de contaminação em trabalhadores.....17

3.1.5. Gerência de Rejeitos Radioativos.....18

3.1.5.1. Segregação na origem.....19

3.1.5.2. Acondicionamento.....19

3.1.5.3. Pré-tratamento de rejeitos radioativos.....20

3.1.5.4. Eliminação de rejeitos radioativos por via convencional..21

3.1.5.5. Coleta e transporte interno.....21

3.1.5.6. Armazenamento.....22

3.1.5.7. Registro e manutenção de inventário atualizado.....23

3.1.6. Descontaminação do Quarto Terapêutico.....24

3.1.7. Testes de controle de qualidade das gama-câmaras.....27

3.1.7.1. Uniformidade....28
3.1.7.1.1. Uniformidade intrínseca....28
3.1.7.1.2. Uniformidade extrínseca....28
3.1.7.2. Linearidade e resolução espacial....30
3.2. RADIODIGNÓSTICO....32
3.2.1. Testes para equipamentos de raios-X convencionais....32
3.2.2. Sistema de alinhamento e colimação do eixo central do feixe de raios X....32
3.2.3. Exatidão e reprodutibilidade da tensão do tubo....34
3.2.4. Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição....34
3.2.5. Reprodutibilidade e linearidade da taxa de kerma no ar....35
3.2.6. Rendimento do tubo de raios-X....35
3.2.7. Reprodutibilidade do controle automático de exposição....35
3.2.8. Camada semirredutora....36
3.2.9. Dose de entrada na pele....36
4. Discussão....28
5. Conclusão....39
Anexos....40
Anexo 1....41
Anexo 2....43
Anexo 3....44
Anexo 4....46
6. Bibliografria....47

1. INTRODUÇÃO

Com a descoberta dos raios X, e, logo após a descoberta dos outros três tipos de radiação ionizantes, houve um avanço muito importante na área médica. Sendo assim, nos 15 anos que se seguiram à descoberta dos raios X, os médicos passaram a exercer seu trabalho paralelamente ao dos físicos no exame de corpos humanos, esses médicos passaram a utilizar a radiação como forma de obtenção de diagnóstico em diversos casos que os pacientes poderiam apresentar como fraturas nos ossos, tumores e tuberculose, proporcionando o que se entende por radiodiagnóstico.

Sendo assim, as aplicações da radiação em diversas áreas da ciência, como na Medicina, na Biologia, na Agricultura, na Indústria e em diversas outras, passaram a tomar proporções significativas.

De maneira sucinta, na medicina, a principal área de aplicação, a radiação pode ser usada por meio de diversos métodos e para diferentes finalidades. As principais áreas que utilizam a radiação são a radioterapia, a medicina nuclear e o radiodiagnóstico, que vem sendo a área de maior aplicação da radiação, uma vez que diferentes tipos de técnicas e diversos métodos podem ser utilizados com fins de diagnóstico, que podem ser obtidos por meio de vários exames, como, por exemplo, os de tomografia e mamografia.

Entretanto, a aplicação das radiações ionizantes pode tomar proporções prejudiciais se realizadas de maneira incorreta. Sendo assim foi criada uma área denominada de proteção radiológica ou radioproteção, que serve para estabelecer parâmetros e condições necessárias para o correto uso das radiações ionizantes, dando mais segurança para quem está sujeito à esse tipo de radiação.

Esta área estuda os riscos das radiações ionizantes, bem como os efeitos biológicos causados em tecidos e órgãos do corpo. Além disso, também estuda os limites de quantidades de radiação ionizante permitidos para trabalhadores e públicos em geral. Munida destas informações, agências e órgãos públicos criam normas e leis, que formam um conjunto de medidas que visam a proteção tanto dos seres humanos como do meio ambiente dos efeitos nocivos deste tipo de radiação.

2. OBJETIVO

Esse trabalho teve como objetivo aplicar os conhecimentos de proteção radiológica adquiridos na graduação juntamente com o estágio, nas áreas de medicina nuclear e radiodiagnóstico em duas instituições hospitalares.

Na área da Medicina Nuclear, os trabalhos exercidos foram os seguintes:

- Controle de qualidade diário dos contadores Geiger-Müller de contaminação de superfície e de exposição;
- Controle de qualidade do curiômetro;
- Monitoração de radiação ambiental;
- Monitoração de contaminação em trabalhadores;
- Gerenciamento de rejeitos radioativos;
- Descontaminação do quarto terapêutico (Iodoterapia);
- Controle de qualidade das gama-câmaras.

Na área de Radiodiagnóstico, realizaram-se os testes de controle de qualidade em equipamentos de raios X convencionais seguindo as normas da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária).

Os testes para equipamentos de raios X convencionais realizados foram:

- Sistema de alinhamento e colimação do eixo central do feixe de raios X;
- Exatidão e reprodutibilidade da tensão do tubo;
- Reprodutibilidade e linearidade da taxa de kerma no ar;
- Rendimento do tubo de Raios X;
- Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição;
- Reprodutibilidade do controle automático de exposição (AEC);
- Camada semirredutora (CSR);
- Dose de entrada na pele.

3. METODOLOGIA

Este estágio, para que pudesse ter seus objetivos realizados, foi segregado em duas áreas citadas acima: Medicina Nuclear e Radiodiagnóstico. Além disso, foi realizado um levantamento bibliográfico consistindo de estudos da teoria envolvida e necessária para o cumprimento do trabalho.

- ✓ O estudo das normas, recomendações e protocolos nacionais, internacionais e da legislação nacional relativa à avaliação do nível de contaminação superficial por material radioativo. Tal estudo tem como finalidade verificar os objetivos, metodologias, limites de tolerância para cada situação e freqüência recomendada para a realização das medidas;
- ✓ O estudo das características dos materiais radioativos utilizados como fontes não seladas nos hospitais e os procedimentos gerais associados à sua utilização;
- ✓ O estudo das características dos aparelhos recomendados para a realização das medidas;
- ✓ A colaboração na realização das medidas de contaminação superficial e na avaliação dos resultados;
- ✓ O auxílio na elaboração dos relatórios e planilhas de testes.

3.1. MEDICINA NUCLEAR

É a especialidade médica que utiliza substâncias radioativas (também chamadas radiofármacos, quando um fármaco é associado à estas substâncias) na forma de fontes não seladas, para administração em pacientes ou uso de técnicas “in vitro” com as finalidades diagnósticas e terapêuticas.

Devido ao fato dessas fontes serem não seladas, a probabilidade de alguma contaminação causada por elas é quase que inevitável e, para que possa ter seus controles adequadamente, é necessário que os procedimentos propostos no objetivo, e que exigidos pelas normas, sejam cumpridos corretamente.

3.1.1. Controle de qualidade diário dos contadores Geiger-Müller (GM) de contaminação e de exposição

Diariamente é realizado nos GM, tanto de contaminação de superfície quanto de exposição, um controle de qualidade com o objetivo de analisar a reprodutibilidade do equipamento. Esse controle deve ser feito anteriormente a qualquer medida para se ter maior precisão dos valores fornecidos durante a rotina.

Na prática esse controle é simples de ser realizado, com uma fonte selada de Bário (^{133}Ba) ou de Césio(^{137}Cs), que alguma vezes vem embutida no equipamento, faz-se a medida e depois insere-se em um gráfico os resultados para averiguar a sua reprodutibilidade. Se as leituras estiverem dentro dos padrões, o GM estará disponível para o uso, caso essa apresente anormalidade, este será encaminhado à engenharia clínica, a qual analisará a possibilidade de reparo ou o seu encaminhamento para a calibração.



Figura 1: Contador Geiger-Muller de contaminação [12]

3.1.2. Controle de qualidade do Calibrador de Doses

Uma vez que o calibrador de dose (curiômetro) é empregado para determinar a atividade do radionuclídeo administrado ao paciente num exame específico ou em um procedimento terapêutico, é importante que ele esteja em seu funcionamento normal. Para assegurar o desempenho satisfatório dos calibradores de dose utilizados em um serviço de medicina nuclear, a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) estabelece que esses instrumentos sejam submetidos a testes de exatidão, precisão e linearidade, semestralmente, e de reprodutibilidade, diariamente [1]. Para os testes de linearidade utiliza-se, quando possível, a maior

atividade que o serviço utiliza. Com o passar do tempo essa fonte vai decaindo, e de hora em hora, faz-se o registro da atividade medida desta fonte. Essa verificação é feita até que a atividade atinja a menor atividade utilizada no serviço, geralmente cerca de 10 mCi.

Para o teste diário de reprodutibilidade é usado fonte padrão de cobalto-57 (^{57}Co) como referência. Este isótopo possui uma energia de 122 keV muito próxima a do ^{99m}Tc, que possui energia de 140,5 keV, e uma meia vida mais longa, facilitando a execução do teste com valores de energia próxima à emitida pelo ^{99m}Tc .

Essa fonte é utilizada diariamente para verificar se o calibrador de dose está mantendo os valores esperados. Esse teste é muito importante, pois caso o curiômetro esteja fora dos valores esperados, o paciente poderá receber uma maior ou menor dose, podendo culminar na reincidência do exame ou na exposição de uma quantidade desnecessária de radiação ionizante.

3.1.3. MONITORAÇÃO DE RADIAÇÃO AMBIENTAL

A monitoração de radiação ambiental nas instituições, de maneira geral, serve para manter a normalidade dentro do setor da medicina nuclear, para evitar qualquer transmissão dessa contaminação para outros setores e outros funcionários. Outra importância da monitoração é verificar se esses trabalhadores estão realizando os procedimentos do manuseio das fontes não seladas corretamente através da suas monitorações e da monitoração de superfície. A monitoração da taxa de exposição também é realizada, onde o GM de taxa de exposição mostrará o quão exposto o ambiente se encontra. Além disso, cada funcionário do setor recebe um dosímetro com o intuito de verificar a quantidade de dose que recebida por ele durante o mês.

3.1.4. Procedimentos de Monitoração

3.1.4.1. Monitoração Individual.

A monitoração individual é realizada a partir de dosímetros termoluminescentes utilizados pelos funcionários nos lugares onde há a presença de radiação ionizante. Esses dosímetros são fornecidos pelo laboratório de dosimetria credenciado pela CNEN onde realizam as leituras recebidas pelos funcionários. Essa leitura do dosímetro é mensal e serve para manter o controle de quão exposto foi o funcionário e se essa exposição está dentro dos limites estabelecidos pela CNEN para indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE). Caso o nível de dose recebida pelo IOE chegue próximo a esses limites, ele deverá ser afastado do trabalho com radiações ionizantes[1].

3.1.4.2. Monitoração de Contaminação de Superfície.

Nos locais onde há a possibilidade de contaminação da superfície é realizada uma monitoração diária, e todas as medidas lidas são verificadas se estão a baixo ou não da radiação de fundo (BG – *Background)* e em seguida anotados. É considerado pela empresa onde foi realizado o estágio, que valores acima de 300 cpm são considerados como contaminação. Superfícies que apresentam contaminação passarão pelo processo de descontaminação.

Os materiais utilizados na descontaminação estão presentes nos “kits descontaminação”, esses kits possuem buchas, papel toalha, lenços, solução descontaminante, tesoura, fita crepe e plásticos para forrar a superfície caso ela não tenha sido descontaminada.

Os pontos a serem examinados em relação à existência de contaminação são monitorados com o auxílio de um detector GM com sonda de contaminação de superfície (pancake). Essas monitorações são realizadas no setor da medicina nuclear, nas descontaminações dos quartos terapêuticos designados para iodoterapia e também para qualquer outro imprevisto que possa acontecer, como um acidente envolvendo as fontes radioativas.

As leituras dos detectores de radiação usados para monitoração de contaminação de superfície nos hospitais para este fim são fornecidas em contagens por minuto (cpm). Mensalmente utilizam-se esses valores anotados na planilha de

monitoração de superfície para fazer um relatório de contaminação do setor com a finalidade de ter um controle e, se necessário, implantar medidas de como fazer para que essas contaminações diminuam.

A ficha de monitoração de superfície encontra-se no anexo 1.

3.1.4.3. Monitoração da taxa de exposição.

Essa monitoração é realizada semanalmente por todo o setor da Medicina Nuclear para analisar o nível de exposição, e a partir dos valores obtidos pela sonda de exposição, tomar as providências necessárias quando necessárias. Caso os valores sejam muito altos, uma busca para descobrir o motivo dessa anormalidade deve ser realizada para que os trabalhadores não recebam doses a mais durante o expediente. Os valores das medidas são anotados em uma planilha para manter o controle das taxas. As unidades fornecidas pelos GM utilizados foram de mSv/h ou de mR/h.

Não é somente nos setores da medicina nuclear que essa monitoração é realizada, mas também nos depósitos de rejeitos radioativos, pois se esses valores forem muito altos, é inviável a permanência dentro deles, impossibilitando os processos de armazenamento dos rejeitos e de exclusão dos rejeitos.



Figura 2: Contador Geiger-Muller de exposição [13]

A ficha da monitoração da taxa de exposição encontra-se no anexo 2.

3.1.4.4. Monitoração de contaminação em trabalhadores.

Entretanto, não são somente medidas de monitoração de superfície do local de trabalho ou de taxa de exposição que devem ser tomadas, mas medidas de contaminação da superfície do corpo também. Isto ocorre diariamente em cada funcionário que trabalha no setor. Estas monitorações também podem ser feitas em caso de alguma suspeita de contaminação durante o trabalho com a fonte, ou por qualquer outro motivo que tenha levado a essa contaminação. Sob condições normais de trabalho (o que inclui o uso de equipamentos de proteção individual), apenas as mãos e os braços devem ser checados. E, se alguma contaminação ocorrer, na qual os pés, a face e outra parte do corpo tenham possivelmente entrado em contato com o material, a monitoração destes também deve ser feita [8].

3.1.5. GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS

Visando assegurar a proteção da saúde humana e do meio ambiente contra os possíveis danos associados à radiação ionizante inerentes aos rejeitos radioativos e reduzir os custos que possam advir de sua geração, faz-se necessário programar o gerenciamento integrado desses rejeitos. A gerência de rejeitos radioativos é composta por etapas sucessivas, abrangendo desde a geração até a deposição (disposição final) dos rejeitos.

Algumas atividades de gerência dos rejeitos podem ser delegadas a outras instalações ou empresas autorizadas pela CNEN, para execução desses serviços. Em qualquer caso, a responsabilidade final pelo rejeito cabe à direção da instalação geradora do rejeito. A responsabilidade pela deposição dos rejeitos radioativos está estabelecida em legislação vigente [8].

São etapas da gerência a serem realizadas pelos estabelecimentos prestadores de serviços de saúde [9]:

- Segregação na origem.
- Acondicionamento.
- Pré-tratamento.
- Caracterização primária e identificação.
- Eliminação.
- Coleta e transporte interno.
- Armazenamento.
- Registros e manutenção de inventário;

Todas as operações envolvidas na gerência de rejeitos radioativos são planejadas e seguem conforme a norma da CNEN – 6.05.

3.1.5.1. Segregação na origem

A segregação consiste na separação dos rejeitos de acordo com suas características físicas, químicas, biológicas e radiológicas, de modo a facilitar a gerência (CNEN-6.05, 1985). Além de facilitar a gerência, ela impede que resíduos não radioativos possam ser contaminados, possibilita a reciclagem de resíduos comuns, facilita o manuseio, o tratamento e a caracterização dos rejeitos. [59

Para realizar a segregação de rejeitos foram tomadas algumas providências que devem ser seguidas para que se facilite o gerenciamento. Tais providências são a segregação do rejeito pelo tempo de meia-vida dos radioisótopos envolvidos, pelas características de estado físico, combustíveis, compactáveis e putrescíveis e entre pérfurocortantes e outros rejeitos sólidos gerados como luvas e outros.

3.1.5.2. Acondicionamento

O acondicionamento consiste na preparação do rejeito radioativo para o manuseio, transporte, armazenamento e deposição seguros por meio de sua colocação em embalagens adequadas [9].

Para efetuar o acondicionamento, os rejeitos segregados anteriormente, necessitam de recipientes ou embalagens características para cada tipo de rejeito como sacos plásticos. Esses recipientes necessitam ser reforçados para que suportem o peso de cada rejeito. É obrigatória a sinalização com o símbolo internacional de presença de radiação ionizante e com indicação das informações necessárias para esses rejeitos, para isso foram utilizadas etiquetas que contêm todas as informações exigidas do rejeito.

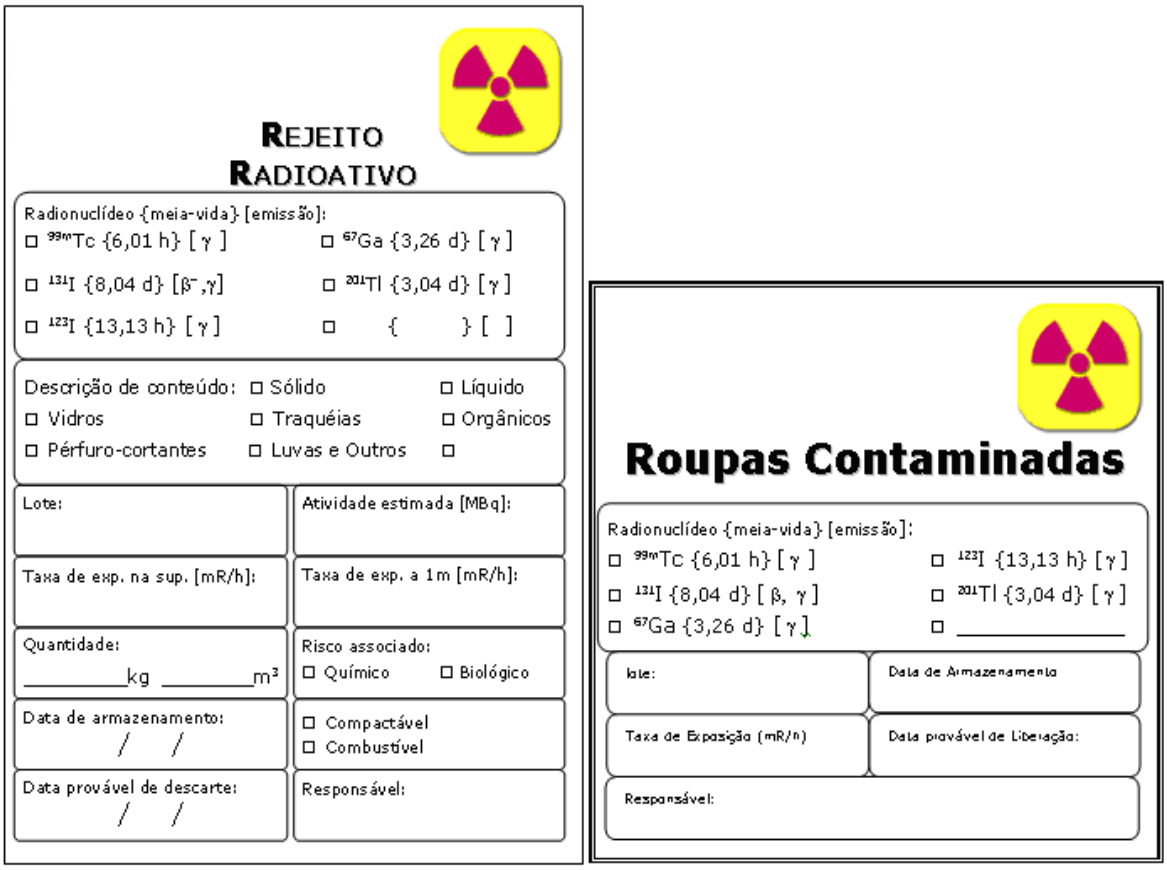


Figura 3: Etiquetas utilizadas para identificar o rejeito radioativo.

3.1.5.3. Pré-tratamento de rejeitos radioativos

Este pré-tratamento serve para evitar a putrefação dos rejeitos biológicos, para ser evitado, nos hospitais são utilizados freezers onde o rejeito é depositado até que atinja os limites para descarte.

Esses rejeitos orgânicos são gerados por pacientes que estão internados em tratamento por iodoterapia, pois uma parte do iodo é eliminado através da saliva, o que faz com que essas sobras alimentares, que acabaram tendo contato com a saliva do paciente, estejam contaminadas, necessitando um cuidado especial para o seu gerenciamento.

3.1.5.4. Eliminação de rejeitos radioativos por via convencional

A eliminação consiste na liberação planejada e controlada do rejeito radioativo para o ambiente (atmosfera, esgotos sanitários e sistema de coleta de lixo urbano) e baseia-se, principalmente, na toxicidade e meia-vida dos radionuclídeos e na concentração de atividade dos rejeitos. Tal liberação deve atender às restrições impostas pelos órgãos regulamentadores, radiológico e ambiental [10].

Na norma CNEN-NE-6.05 “Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas” estão estabelecidos os critérios gerais e os requisitos básicos para a eliminação de rejeitos líquidos, sólidos por uma instalação radiativa. Os limites de eliminação estabelecidos na citada norma e expressos em termos de concentração de atividade e/ou atividade total, são valores abaixo dos quais uma determinada corrente de rejeito pode ser liberada pelas vias convencionais, sob os aspectos de segurança radiológica.

Para efetuar esse descarte, os prováveis rejeitos que poderão ser descartados, são monitorados para certificar se atingiram a atividade mínima para o descarte, estabelecido em 75Bq/g (2nCi/g). Para efetuar o descarte, as etiquetas de cada rejeito são desfiguradas, e será anotado no inventário de rejeitos o dia que foi efetuado o descarte, a sua atividade final e o responsável que o efetuou. Caso não atinja a atividade mínima, o rejeito ficará armazenado no depósito para aguardar o decaimento [1].

3.1.5.5. Coleta e transporte interno

Consiste no recolhimento dos rejeitos nos pontos e a sua transferência até o local de armazenamento.

A coleta de transporte interna foi realizada em ambas as instituições, porém cada um com características diferentes. Na primeira instituição, esse transporte é realizado pelos responsáveis do gerenciamento desses rejeitos, onde cada tipo de rejeito será encaminhado para os locais de armazenamento adequados.

Na segunda, os rejeitos são retirados dos quartos pela equipe de higienização e armazenados em um depósito, onde ficarão armazenados provisoriamente, após

algum acumulo desses rejeitos eles são encaminhados para outro depósito onde ficarão armazenados até que atinjam a atividade mínima para o descarte.

3.1.5.6. Armazenamento

O armazenamento consiste na distribuição do rejeito radioativo, devidamente acondicionado e identificado, em área específica do estabelecimento. O armazenamento pode ser realizado visando o decaimento ou aguardar a sua remoção para os institutos da CNEN ou empresa autorizada [9].

A primeira instituição possui quatro depósitos de rejeitos radioativos, cada um reservado para cada tipo de rejeito. O primeiro é para armazenamentos rápidos, que são contaminados com isótopos radioativos de meia vida baixa, por exemplo, ^{99m}Tc, o segundo é para os provenientes dos quartos terapêuticos exclusivos para iodoterapia, onde o rejeito ficará armazenado até atingir a atividade mínima para o descarte, o terceiro é destinado para materiais que não serão descartados, como telefones contaminados do quarto terapêutico, roupas de pacientes entre outros, e o quarto que é um freezer, destinado para os rejeitos orgânicos sujeitos a putrefação.

A segunda instituição também possui quatro depósitos, sendo alguns deles para a mesma finalidade. O primeiro é o que fica na própria medicina nuclear, destinado aos rejeitos que possuem meia-vida baixa, o segundo sendo para rejeitos provisórios dos quartos terapêuticos da iodoterapia, onde eles ficam armazenados por um tempo e depois são encaminhados para o terceiro depósito onde ficarão até atingirem a atividade mínima para descarte e o quarto que é um freezer destinado aos rejeitos orgânicos.

Todos os depósitos, com exceção dos freezers, possuem paredes lisas e piso com cantos arredondados, possuem também blindagens e dispõem de procedimentos apropriados afixados em paredes.

Os depósitos dois, três e quatro de ambos os hospitais situam-se longe das áreas normais de trabalho, todos os depósitos são sinalizados com o símbolo internacional da presença de radiação ionizante e de área restrita, com acesso somente para pessoal autorizado e possuem inventário de rejeitos exigidos pela CNEN.

3.1.5.7. Registro e manutenção de inventário atualizado

São essenciais que, em todas as etapas da gerência, as documentações plenas sejam produzidas contendo informações sobre as características e origem dos rejeitos, liberações realizadas, entre outras; e que sejam aplicadas as medidas de segurança cabíveis. O sistema de rejeitos deve assegurar o rastreamento dos rejeitos radioativos transferidos ou eliminados localmente e deve garantir a manutenção do inventário de rejeitos atualizado [9].

O inventário dos rejeitos é uma maneira de se ter um controle de todos os rejeitos que estão armazenados, e dos que já foram eliminados, nesse inventário é necessário que se tenha todas as especificações desse rejeito, contendo o radionuclídeo com que foi contaminado, o número do seu lote, a atividade inicial, o dia que foi armazenado, o responsável pelo armazenamento, a provável data do descarte, a atividade final, a data que foi realmente descartada e o responsável por esse descarte.

As fichas de inventários dos rejeitos encontram-se no anexo 3.

3.1.6. DESCONTAMINAÇÃO DO QUARTO TERAPÊUTICO

Tanto a primeira quanto a segunda instituição utilizam a terapia por Iodo (^{131}I). Conforme a Norma NN-3.05 da CNEN,os pacientes que recebem uma dose com atividade superior a 30 milicuries não podem circular livremente, pois acabam se tornando uma fonte radioativa, então eles ficam isolados em quartos destinados para esse tipo de tratamento.

Na primeira instituição os quartos são exclusivos para pacientes da iodoterapia, e possuem uma frequência de internação, diferente da segunda, onde os quartos destinados para a iodoterapia, quando desocupados, podem ser utilizados por outros pacientes internados por motivos diferentes, e não segue uma periodicidade de internação. Então, por essa diferença em cada instituição e algumas outras peculiaridades de normas internas, as descontaminações dos quartos terapêuticos acabam tendo um procedimento diferente um do outro.

A primeira instiruição possui dois quartos destinados a iodoterapia, onde cada um possui quatro lixeiras de rejeitos onde possuem identificação sobre qual rejeito cada lixeira é designada. A primeira é para os orgânicos, onde só são depositados restos de alimentos que acabaram sendo contaminado devido ao provável contato com a saliva, o segundo é para bandejas e revistas, o terceiro para copos, papéis e forrações de superfícies e a quarta é destinada para o banheiro. O papel higiênico, por apresentar uma contaminação muito alta, acaba sendo descartado nos vasos sanitários.

Essa descontaminação é realizada em quatro etapas: na primeira etapa, as forrações, os alimentos não consumidos, telefones, janelas interruptores, enfim, todo o quarto, são todos monitorados para saber se existe a presença de contaminação.

No banheiro, toda a forração e qualquer outro produto que tenha sido utilizado nele, como sabonetes e escova de dente, são retirados e depositados em sua respectiva lixeira. No quarto, apenas as forrações contaminadas são retiradas, exceto no dia da limpeza terminal, que acontece uma vez na semana, em que toda a forração do quarto é retirada, independente se está contaminada ou não. As roupas de cama e banho são armazenadas em sacolas, que são mais resistentes que os outros sacos de lixo destinados aos rejeitos. Os rejeitos pérfurocortantes, onde estão presentes talheres e agulhas e vidros, também são retirados do quarto.

Após essa parte da monitoração do quarto e da segregação pelas lixeiras, todos os rejeitos, exceto as roupas, os orgânicos e os pérfurocortantes, são compactados em um saco de lixo apenas para melhor disposição no depósito onde ele será armazenado.

Caso aconteça do paciente deixar roupas nos quartos, contamine o telefone ou qualquer outro objeto do quarto que não é descartável, ele será encaminhado junto aos outros rejeitos para serem medidos e armazenados em seu respectivo depósito.

Enquanto os rejeitos são levados para serem monitorados, começa a segunda etapa que destinada ao pessoal da higiene, onde realizam a limpeza total dos quartos terapêuticos.

A terceira etapa consiste na monitoração, preenchimento de etiquetas para sinalizar o rejeito e preenchimento dos inventários dos rejeitos. Após a esse procedimento, os rejeitos são armazenados em seus devidos depósitos.

A quarta etapa vem após a limpeza dos quartos pelo pessoal da higiene, onde será monitorado todo o quarto para saber se contém alguma contaminação e registram-se os resultados em uma planilha. Seguindo essa monitoração, escreve-se num caderno para o pessoal que irá fazer a forração do quarto para o próximo paciente.

Doses com atividades iguais ou maiores a 200 mCi pelo paciente é necessário que forre o chão, para doses menores não é necessário. A forração é realizada por profissionais contratados pela instituição.

Como dito anteriormente, a segunda instituição não possui quartos exclusivos para a iodoterapia, permitindo que outro paciente com um tratamento diferente utilize o quarto quando este estiver vago. Por conta disso, a descontaminação tem que ser realizada diferentemente e com extrema responsabilidade para que esse paciente não se exponha a contaminações deixadas por um paciente da iodoterapia.

Da mesma maneira da primeira, a segunda instituição possui dois quartos destinados para a iodoterapia, porém possui cincos lixeiras para rejeitos radioativos, cada uma para um rejeito específico. A primeira é somente para alimentos, a segunda é somente para roupas de cama e de banho, a terceira destinada para rejeitos que tiveram contato com a saliva, a quarta é destinadas para rejeitos que serão destinados a reciclagem e a quinta que é exclusiva para o banheiro.

A descontaminação desses quartos possui três etapas, onde a primeira consiste em tirar toda a forração possível, tanto do quarto quanto do banheiro, separar os rejeitos e roupas em suas respectivas lixeiras, monitorar todo o quarto em busca contaminação. Essas leituras da monitoração de cada lugar do quarto são em uma planilha.

Ainda dentro do quarto inicia-se a segunda etapa, onde é feita a monitoração dos rejeitos, preenchimento da etiqueta cada um e atualização desses dados no inventário de rejeitos, após isso começa a terceira etapa, que é a retirada dos rejeitos dos quartos que são encaminhados para o depósito onde ficarão provisoriamente até serem levados para outro depósito onde aguardará o decaimento final de sua atividade.

A quarta etapa é higienização dos quartos pelos colaboradores da limpeza, caso o próximo paciente seja de internação da iodoterapia, o quarto precisará ser todo forrado novamente, essa forração é realizada pelos colaboradores da higiene.
A ficha de descontaminação dos quartos terapêuticos encontra-se no anexo 4.

3.1.7. Testes de controle de qualidade das gama-câmaras

Câmaras de cintilação são equipamentos complexos com componentes físicos, mecânicos e eletrônicos. O funcionamento incorreto ou quebra de qualquer destes pode prejudicar o desempenho do sistema e pode não ser reconhecido numa simples revisão de imagens clínicas. Por estas razões foram criados procedimentos sofisticados para assegurar o funcionamento adequado da gama-câmara [3].

Alguns testes de controle de qualidade utilizam o TecDoc 602 desenvolvido pela IAEA (Agência Internacional de Energia Atômica) e outros utilizam os parâmetros obtidos com as especificações do fabricante através da normatização NEMA (National Electrical Manufacturer's Association).

Abaixo segue uma tabela que ilustra a periodicidade dos testes de controle de qualidade realizado nos detectores, onde obedecem minimamente as periodicidades das normas da CNEN e da ANVISA.

Testes	Diário	Semanal	Trimestral	Semestral
Uniformidade de campo	X			
Radiação de fundo	X			
Inspeção mecânica do SPECT	X			
Resolução e Linearidade espacial plana		X		
Centro de rotação		X		
Resolução energética			X	
Resolução espacial com múltiplos picos			X	
Tamanho de pixel			X	
Uniformidade do sistema			X	
Sensibilidade				X

Testes	Diário	Semanal	Trimestral	Semestral
Taxa máxima de contagem				X

Tabela 1: testes de controle de qualidade realizados nos sistemas detectores de Medicina Nuclear e suas freqüências [11]

3.1.7.1. Uniformidade

O teste de uniformidade de campo consiste em verificar a resposta da capacidade da câmara em produzir uma imagem uniforme em todo o seu campo de visão. Os testes de uniformidade padronizados em duas características: Intrínseca e Extrínseca [9].

3.1.7.1.1. Uniformidade intrínseca

O teste de uniformidade intrínseca baseia-se na aquisição de imagens de todo o campo sem a presença de um colimador, onde se utiliza fontes puntiformes para a sua realização. Nos testes realizados foi utilizada uma fonte de ^{99m}Tc para a sua realização e devem possuir baixa atividade.

Esse teste permite identificar possíveis problemas referentes a todo o sistema de formação de imagens [4].

3.1.7.1.2. Uniformidade extrínseca.

O teste de uniformidade extrínseca baseia-se na aquisição de imagens de campo com a presença de um colimador. Diferente do intrínseco, esses testes utilizam fontes planas. Por exemplo: um simulador de uniformidade (*flood)*, que é uma estrutura que possui uma espessura onde é preenchido com água e com material radioativo, ou uma placa, homogeneamente radioativa, sobre o detector e o colimador. Nos testes realizados foi utilizado o *flood* preenchido com ^{99m}Tc misturado com água, e homogeneizados por toda a sua extensão. A seguir, a imagem dessa fonte é captada até que se atinja uma quantidade de contagens suficiente para análise [4]

Algumas vantagens desse teste é que o cristal fica protegido e pode ser realizado com câmaras multi-detectores. Ele pode revelar algum defeito ou problema

proveniente do colimador e, por ser rotineiro, há uma maior praticidade pelo fato dele ser realizado sem a necessidade de se retirar o colimador.

Há duas formas de quantificação da uniformidade: uniformidade integral e uniformidade diferencial. Na Uniformidade Integral utilizam-se valores de contagens máximos e mínimos nos pixels da imagem e é definido como:

$$Uniformidade\ Integral\ (\%) = 100 \times \left(\frac{Max - Min}{Max + Min} \right) \qquad 1$$

em que: Max. é a maior contagem e Min. é a menor contagem considerando todos os pixels do campo da imagem pesquisado.

Já na quantificação via Uniformidade Diferencial, utiliza-se das diferenças máxima e mínima entre os valores de contagens encontrados em cinco pixels consecutivos de uma linha ou de uma coluna da imagem, e é definida como:

$$Uniformidade\ Diferencial\ (\%) = 100 \times \left(\frac{Max^* - Min^*}{Max^* + Min^*} \right) \qquad 2$$

em que Max* é a maior contagem e Min* é a menor contagem para cada grupo de 5 pixels contíguos em linha ou coluna do campo pesquisado. O valor efetivo de uniformidade é o maior resultado encontrado entre os grupos.

Esse parâmetro é calculado para os campos UFOV e CFOV e seus valores mais comuns estão entre 2 a 4% [7].

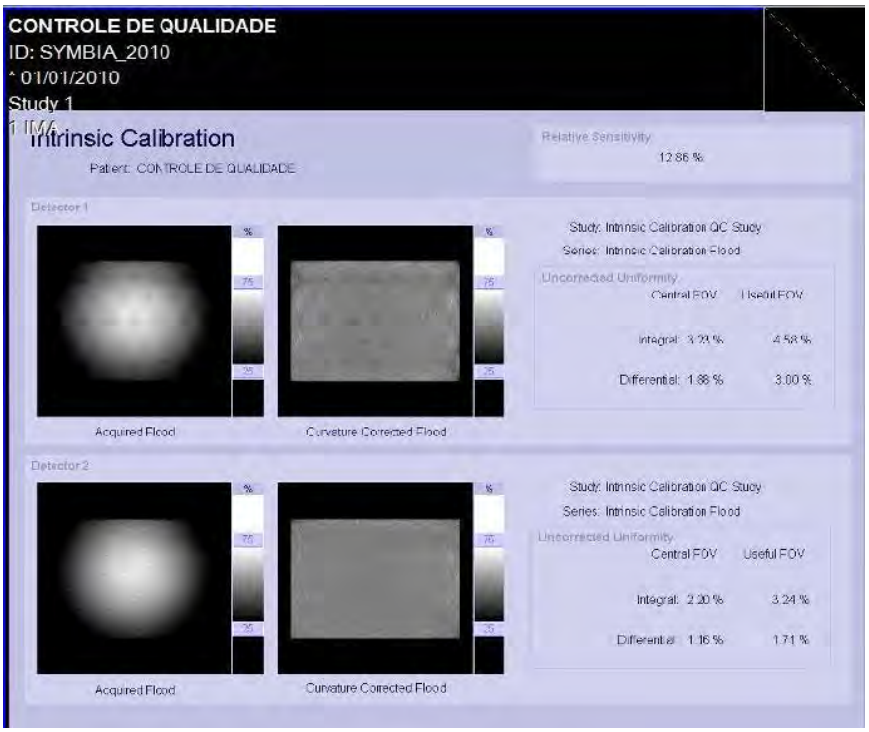


Figura 4: Imagem adquirida na calibração intrínseca do sistema.

O campo de visão (FOV – *Field of view*) de uma gama câmara é uma característica importante porque determina o quanto do corpo do paciente pode-se obter uma imagem de uma única vez. O FOV depende do tamanho do cristal, do tipo de colimador e, em alguns sistemas, da distância entre a fonte e o detector [3]. O campo de visão de um equipamento de medicina nuclear é dividido em duas partes: o UFOV (porção útil do campo de visão), que corresponde ao campo de visão da gama-câmara após desconsiderar a parcela da face da câmara afetada pelo efeito de borda e o CFOV (porção central do campo de visão) que corresponde a 75% da área do UFOV [5].

3.1.7.2. Linearidade e resolução espacial

Um simulador de barras em quadrante é provavelmente o mais utilizado para avaliar a linearidade e resolução espacial. Algumas autoridades recomendam que se faça este procedimento todos os dias. Mas para as gama-câmaras modernas basta uma avaliação semanal.

Este simulador é posicionado sobre a superfície do colimador com o seu centro coincidindo com o centro do campo de visão da câmara. Para os testes realizados, utilizou-se uma fonte plana de ^{99m}Tc colocado sobre o simulador de barras em quadrantes. Semanalmente é adquirida uma imagem desse simulador de barras, onde para cada imagem faz o giro de 90 graus para se avaliar os quatro quadrantes do detector [4].

A interpretação do resultado é realizada visualmente, checando se as barras formadas pela imagem não se fundem umas às outras e se é mantido o padrão linear de disposição destas barras. Esse teste previne que as imagens obtidas não sejam distorcidas e mantenham a mesma capacidade de distinguir fontes próximas de radiação com o decorrer do tempo [4].

A resolução espacial das gama-câmaras é freqüentemente expressa como largura à meia altura do ponto máximo (LMMA ou FWHM – *full width at half maximum*) de uma linha de espalhamento linear. Esta função é obtida fazendo primeiro o tamanho a imagem de uma fonte radioativa linear sobre o colimador

(avaliação extrínseca) ou sobre a face do cristal (intrínseca) e determinando o perfil de contagens ou histograma perpendicular através dela. Este histograma é chamado de *função de espalhamento linear*. Num sistema de aquisição de imagens como função de espalhamento linear perfeito, apenas uma linha mostra toda a atividade num pico, mas na prática uma curva em forma de sino (uma curva gaussiana).

Esta é a mesma medida descrita para a resolução de energia. Por analogia, quanto mais estreito for o pico, melhor a resolução e conseqüentemente a capacidade de diferenciar duas lesões muito próximas.

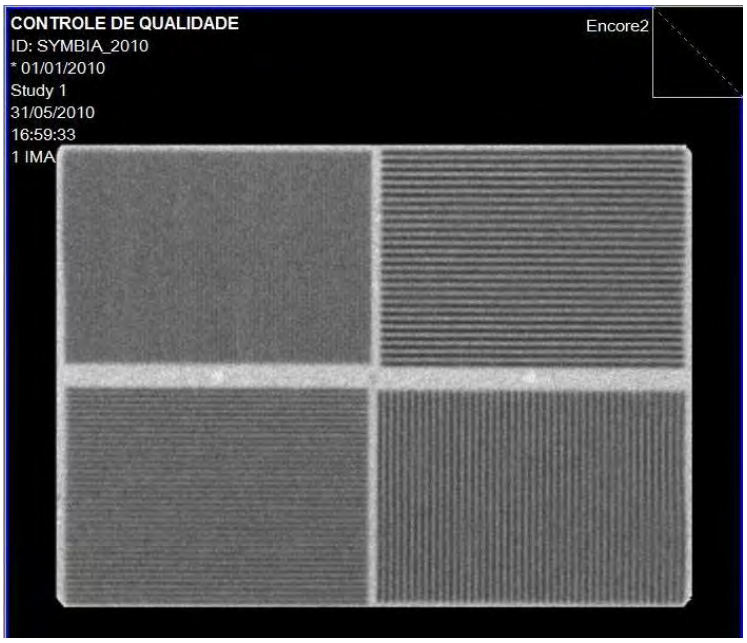


Figura 5: Imagem adquirida nos testes de resolução extrínseco utilizando de barras.

3.2. RADIODIGNÓSTICO

Como o próprio nome sugere, a técnica do radiodiagnóstico utiliza a radiação ionizante para a obtenção de um diagnóstico. Aparelhos empregados rotineiramente numa clínica utilizam este tipo de radiação para a obtenção de imagens, tendo como exemplos os aparelhos de raios X convencionais, angiografia, fluoroscopia, tomografia computadorizada entre outros.

De acordo com a Associação Brasileira de Física Médica (ABFM), associação de profissionais da especialidade no Brasil, as responsabilidades essenciais do Físico Médico especialista em radiodiagnóstico são de assegurar e garantir a segurança e aplicação eficaz da radiação para conseguir um diagnóstico ou um resultado terapêutico prescrito para o paciente.

Para manter o controle de qualidade dos equipamentos de raios-X, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), junto com uma equipe de físicos especialistas na área de radiodiagnóstico, produziram um livro com procedimentos para a realização desses controles.

A segunda etapa do trabalho desenvolvido foi a execução dos testes de controle de qualidade dos equipamentos emissores de raios x.

3.2.1. Testes para equipamentos de raios-X convencionais

- Para a realização desses testes, foram utilizados os seguintes equipamentos:
- Medidor de tensão e tempo de exposição não invasivo;
- Câmara de Ionização;
- Dispositivo de teste de alinhamento do feixe;
- Dispositivo de teste de coincidência de campos;
- Placas de alumínio com 99% de pureza.

3.2.2. Sistema de alinhamento e colimação do eixo central do feixe de raios X

Um problema comum em unidades de raios-X é o desvio entre o campo luminoso e o campo de radiação. Este desvio pode causar uma exposição desnecessária ao paciente, como também a perda de detalhes importantes da

imagem. O dispositivo para o teste de colimação é destinado a avaliar a coincidência do feixe luminoso com o campo de radiação. O desvio máximo aceitável é de 2% da distância foco-filme (DFF).

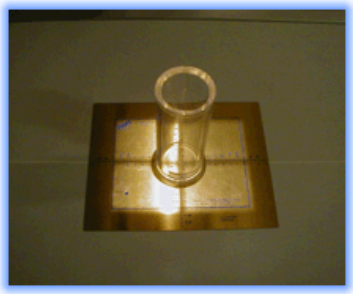


Figura 6: Imagem demonstrando o posicionamento dos dispositivos [14].

O dispositivo de testar alinhamento central dos feixes de raios-X, contém duas esferas de aço, uma diretamente abaixo da outra e separadas por 15 cm. A importância desse teste é determinar a perpendicularidade do feixe sobre a mesa. Esse teste, segundo a portaria 453/98, tem que ser menor que três graus.

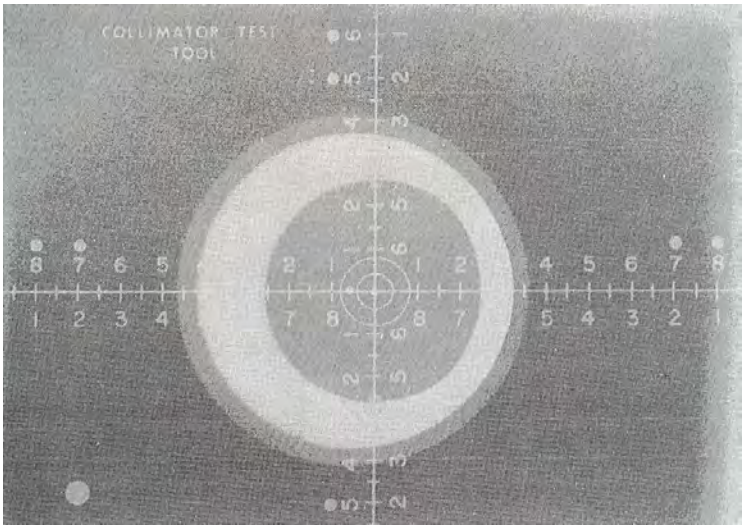


Figura 7: Imagem do resultado final do teste.

3.2.3. Exatidão e reprodutibilidade da tensão do tubo

O objetivo destes testes é avaliar se a indicação da tensão do tubo no painel de controle do equipamento, para qualquer corrente selecionada, está em conformidade com os obtidos pelo valor medido de tensão.

O teste de exatidão visa avaliar o quanto está correto o valor efetivo em relação ao valor nominal, e o de reprodutibilidade visa avaliar se ocorrem variações significativas nos valores de kVp quando a mesma tensão é utilizada com diferentes correntes e tempos. Para a realização deste teste utilizou-se um medidor de tensão e de tempo não invasivo.

Os resultados dos testes de exatidão e reprodutibilidade de tensão do tubo devem ser mais ou menos 10% e menor ou igual a 10% respectivamente, para estar em conformidade com a portaria 453/98 da ANVISA [6].

3.2.4. Exatidão e reprodutibilidade do tempo de exposição

A medida do tempo de exposição permite assegurar que não haverá exposição indevida ao paciente em um exame de radiodiagnóstico.

O teste de exatidão visa avaliar se os valores efetivos do tempo em relação ao valor nominal não apresentam disparidades muito grandes, e o de reprodutibilidade visa avaliar se ocorrem variações significativas nos valores de tempo de exposição. Para efetuar esse teste é necessário um medidor de tempo não invasivo, onde ele fornecerá o tempo de cada exposição realizada.

O resultado esperado para o teste de exatidão deve ser mais ou menos 10%, e o de reprodutibilidade do tempo de exposição deve ser menor ou igual que 10% para estarem em conformidade com a portaria 453/98 [6].

3.2.5. Reprodutibilidade e linearidade da taxa de kerma no ar

Através de uma câmara de ionização é possível verificar a taxa de kerma no ar. A importância do teste de reprodutibilidade é verificar se para repetidas exposições da mesma técnica haverá alguma variação nos resultados da taxa de kerma no ar obtidos. Essa variação pode causar alteração da qualidade da imagem final, podendo ou não obrigar a reincidência do exame.

No teste de linearidade é importante determinar se a taxa de kerma no ar aumenta linearmente com o produto corrente-tempo (mAs), ou seja, ao dobrar o mAs, a taxa de kerma no ar também deverá dobrar.

Os resultados, segundo a portaria 453/98, dos testes de reprodutibilidade e de linearidade devem ser menores ou iguais a 10% e 20% respectivamente [6].

3.2.6. Rendimento do tubo de raios-X

Segundo a portaria 453/98 da ANVISA, o rendimento do tubo de raios-X é denominado como a razão da taxa de dose pelo produto corrente-tempo. Como este teste apresenta uma periodicidade anual, é possível obter um controle da diminuição da dose fornecida pelo tubo utilizando uma mesma técnica anteriormente utilizada.

É através desse desgaste do tubo que possibilitará a analise do seu rendimento [6].

3.2.7. Reprodutibilidade do controle automático de exposição

Este teste serve para verificar a constância do controle automático de exposição, ou seja, se a dose fornecida pelo controle automático do equipamento pelo equipamento tem variações significativas, mantidas as mesmas condições. Para este teste, utiliza-se uma câmara de ionização, e placas de cobre.

Após verificar os resultados, precisa avaliar se o valor da reprodutibilidade está dentro do limite permitido pela portaria 453/98. Esse valor deve ser menor ou igual a 10% [6].

3.2.8. Camada semirredutora

O objetivo desse teste é verificar a qualidade dos feixes de raios-X produzidos pelo tubo do equipamento. Para isso, são medidas as doses em um feixe de raio x, mantidos todos os parâmentros geométricos e eletrônicos, com a inserção de diversas placas de alumínio entre o foco e o detector. Dadas as espessuras destas placas é possível a medida da espessura de alumínio necessária para que a dose seja reduzida à metade. Este valor é denominado camada semirredutora (CSR ou HVL – *half value layer*). O valor obtido deve ser comparado com os limites estabelecidos pela portaria 453/98 [6].

3.2.9. Dose de entrada na pele

Esse teste estima a dose de entrada na pele recebida pelos pacientes nas técnicas utilizadas no equipamento. Este teste permite estimar se a técnica utilizada no serviço fornece uma dose, na região escolhida para o exame, dentro dos valores de referência fornecidos pela portaria 453/98 [6].

4. Discussão

O trabalho desenvolvido durante o estágio possibilitou a junção dos conhecimentos teóricos adquiridos na área da proteção radiológica na graduação, com a prática empregada nos hospitais nas áreas da medicina nuclear e de radiodiagnóstico.

Com isso pôde-se ter um embasamento da importância dos objetivos propostos pelo estágio, permitindo uma visão mais ampla da relevância deles na rotina diária realizada nos hospitais.

Apesar de o controle de qualidade realizado nos contadores GM de exposição e de contaminação ser simples, ele serve para que as medidas realizadas sejam mais verdadeiras, dando mais confiança nos valores apresentados nessas medidas, o que torna mais eficiente qualquer tipo de monitoração que possa realizada.

Outro controle de qualidade que aparenta ter uma simplicidade para a sua realização, mas que tem uma importância relevante é o do calibrador de doses, pois ele tem a função medir a atividade da fonte que será utilizado para a realização de um exame, por isso ele deve ser realizado diariamente. Os testes de exatidão, precisão e linearidade são exigidos a realização semestralmente, porém durante todo o período de estágio só foi possível acompanhar o de linearidade.

As monitorações ambientais, tais como as individuais, de superfície e da taxa de exposição foram realizadas com o intuito de manter a normalidade dentro dos setores envolvidos.

As monitorações individuais são realizadas para ter um controle das doses recebidas por cada trabalhador ocupacionalmente exposto. As monitorações das taxas de exposição serviram para verificar se o ambiente de trabalho apresenta níveis normais de radiação aceitáveis, para que nenhum funcionário receba doses desnecessárias.

O controle para se ter um conhecimento dos procedimentos realizados com as fontes radioativas por cada trabalhador, se dá através das monitorações de

superfícies e das monitorações realizadas em cada um, pois, se através dessas monitorações apresentarem um aumento das contaminações, tanto dos trabalhadores quanto da superfície, significa que os procedimentos não foram operados corretamente ou devem ser revisados. Além de buscar focos de contaminações para que esta não seja dispersa pelo hospital ou para outros funcionários.

Apesar de haver uma teoria muito extensa sobre os procedimentos envolvidos para o gerenciamento de rejeitos radioativos, a prática deles é bem metódica deixando-o simples de ser realizado. Para cada tipo de radionuclídeo que o rejeito possa ter sido contaminado, existe uma tabela com os valores limites de dias de armazenamento, além disso, cada rejeito possui uma segregação e um acondicionamento prévio realizado pelos funcionários do setor, simplificando o processo. A única diferença desse gerenciamento para o dos quartos terapêuticos, é que nos quartos o acondicionamento é realizado por quem promove a sua descontaminação. Essas descontaminações dos quartos terapêutico foram realizadas com muita cautela, principalmente na segunda instituição, onde os quartos terapêuticos não são exclusivos da iodoterapia.

Com os controles de qualidade das gama-câmaras foi possível obter maiores conhecimentos sobre o funcionamento desses aparelhos, já que esses controles não puderam ser ensinados durante a graduação. Pelo tempo realizado no estágio só foi possível focar nos procedimentos para a execução de cada teste.

Na parte de radiodiagnóstico foi possível realizar os conhecimentos obtidos nas práticas dos testes de controle de qualidade em equipamentos de raios-X convencionais, onde foram elaborados relatórios para ter um controle da conformidade ou não de cada teste. Esses testes que apresentaram não conformidade pelos relatórios são avaliados pelos responsáveis pela manutenção de cada equipamento em busca de sua correção.

5. Conclusão

As experiências vivenciadas durante o período de estágio proporcionaram uma visão mais ampla de como é, na realidade, a função do físico médico nas instalações hospitalares.

Essa vivência no ambiente hospitalar obrigou que os conhecimentos da área da proteção radiológica fossem colocados em prática, tanto é verdade que para todo uso de radiações ionizantes, sendo elas oriundas de fontes seladas ou não seladas, possuem normas que são exigidas e devem ser seguidas para que se respeite os princípios básicos de radioproteção durante suas manipulações. Com isso, o objetivo proposto pelo estágio foi muito bem elaborado e realizado.

Na área da medicina nuclear ficou clara a importância dos objetivos, pois caso qualquer parte da rotina não fosse realizada, ela poderia comprometer o andamento, não somente do setor, como também do controle dos acontecimentos propostos pelos físicos.

Diferentemente da área da medicina nuclear, onde não foi possível possuir muitos conhecimentos sobre alguns assuntos durante a graduação, como os controles de qualidade das gama-câmaras, a parte de radiodiagnóstico possibilitou uma maior facilidade para realizar os procedimentos dos testes de controle de qualidade devido aos ensinamentos obtidos.

Então, conclui-se que o estágio alcançou um objetivo além do proposto, que foi preencher os espaços que faltaram durante a graduação.

ANEXOS

Anexo 1.

Monitoração de Contaminação de Superfícies



Unidade de Medida	CPM	CPM	CPM	CPM	CPM
Sala de Controle					
Telefones					
Teclados e periféricos					
Mesas					
Cadeiras					
Sala de Exames					
Maca					
Piso					
Sala de Ergometria					
Maçanetas					
Esteira					
Corrimao					
Mesa de apoio					
Piso					
Maca					
Teclados e periféricos					
Outros					
Trabalhadores					
Responsável					

Ficha B

Anexo 2.

Monitoração de Contaminação de Superfícies

Data	__/__/__	__/__/__	__/__/__	__/__/__	__/__/__
Unidade de Medida	**CPM**	**CPM**	**CPM**	**CPM**	**CPM**
Sala Quente					
Bancada					
Piso próximo à bancada					
Bancada do curiômetro					
Teclado do Curiômetro					
Copo/Suporte do Curiômetro					
Maçanetas/Puxadores					
Materiais de Apoio					
Porta seringas					
Bandejas/Cubas					
Castelos					
Sala de Rejeitos					
Maçanetas/Puxadores					
Enfermagem					
Telefone					
Bancada					
Mesa de apoio					
Cadeira					
Sala de Injeção					
Piso					
Apoio de braço					
Cadeira					
Mesa de apoio					
Sanitário dos Pacientes					
Maçanetas					
Vaso					
Piso					
Botão da descarga					
Sala de Espera					
Poltronas					
Piso					
Sala do Captador					
Carro de emergência					
Teclado do Captador					

Ficha A

SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR

Registro de Monitoração de Taxa de Exposição

Ficha nº



Local /Data Unidade de Medida Radiação de Fundo (BG)	___/___/___ mR/h	___/___/___ mR/h	___/___/___ mR/h	___/___/___ mR/h	___/___/___ mR/h
Sala Quente					
Porta da sala					
Em frente ao Gerador					
Blindagem de Manipulação					
Em frente ao Curiômetro					
Em frente a Geladeira					
Em frente a Capela					
Sala de Rejeitos (Sala Quente)					
Porta da sala					
Dentro da sala					
Sala de Injeção					
Pessoal de Enfermagem					
Sala de Controle					
Mesa de comando					
Sala de Rejeitos (Depósitos do Piso Técnico)					
Depósito Grande					
– Porta					
– Centro					
– Área do Cercadinho					
Depósito Pequeno					
– Porta					
– Centro					
– Área da porta (fechada)					
– Freezer					
– Área fora da Corrente					
Responsável					

Anexo 3 .

SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR
Inventário de Roupas
Data de Armazenamento
Taxa exp. máx. (mR/h)
Data provável de descarga
Responsável
Data de descarga
Taxa exp. máx. (mR/h)
Responsável

SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR

Inventário de Rejeitos

Radionuclídeo {meia vida} [emissão]:

- ☐ ^{99m}Tc {6,02 h} [γ]
- ☐ ^{131}I {8,04 d} [γ,β]
- ☐ ^{67}Ga {3,26 d} [γ]
- ___ ^{201}Tl {73,06 h} [γ]

Descrição do Conteúdo: ☐ Sólido ☐ Líquido

- ☐ Vidros
- ☐ Perfuro-cortantes
- ☐ Traquéias
- ___ Luvas
- ___ Roupas
- ___ Orgânicos
- ___ Outros

Cofre num. ___

Lote	Ativ. estim. [MBq]	Data de armazenamento	Tx exp. sup. [mR/h]	Tx exp. a 1m [mR/h]	Massa [kg]	Data provável de descarte	Responsável	Data de descarte	Tx exp. sup. [mR/h]	Ativ. estim. [MBq]	Responsável

Íon, Consultoria em Proteção Radiológica e Radiações Ionizantes S/C Ltda
Rua Mourato Coelho, 799 / 104 - CEP 05417-011 - São Paulo / SP
Fone: 3813-0283 • contato@ioncons.com.br • www.ioncons.com.br

Responsável pela Radioproteção

Monitoração de Contaminação de Superfícies



Unidade de Medida	CPM	CPM	CPM	CPM	CPM
Sala de Controle					
Telefones					
Teclados e periféricos					
Mesas					
Cadeiras					
Sala de Exames					
Maca					
Piso					
Sala de Ergometria					
Maçanetas					
Esteira					
Corrimao					
Mesa de apoio					
Piso					
Maca					
Teclados e periféricos					
Outros					
Trabalhadores					
Responsável					

Ficha B

Anexo 4.

6. Referencias Bibliográficas

[1] Comissão Nacional de Energia Nuclear: Requisitos de radioproteção e segurança para serviços de medicina nuclear. Resolução CNEN–10/96. Diário Oficial da União, 19/4/1996.(CNEN–NN–3.05)

[2] C. S. FARMERY (Escócia). University of Edinburgh. **Radiation Protection Guidance Note:**Surface Contamination Monitoring Procedures in Research Laboratories. Disponível em:<http://www.safety.ed.ac.uk/resources/Radiation/GN003_Contamination_Monitoring.pdf>. Acessado em: 28/03/06.

[3] SPRAWLS, P.; **Physical Principles of Medical Imaging,** Ed. Madison: Medical Physics Publishing, 1995.

[4] CHERRY, S.R.; SORENSON, J.A.; PHELPS, M.E.; **Physics in Nuclear Medicine**, 3ª ed., Saunders, 2003, 523p.

[5] AGÊNCIA INTERNACIOANAL DE ENERGIA ATÔMICA; **TecDoc-602: Quality control of nuclear medicine instruments**, 1991.

[6] Brasil. Portaria 453. Diretrizes de proteção radiológica e radiodiagnóstico médico e odontológico. Brasília: Secretaria de Vigilância Sanitária, Ministério da Saúde, 1998.

[7] Thrall J. H.; Ziessman H. A. Medicina Nuclear, 2ª ed., Guanabara Koogan S.A., 2003, 28p.

[8] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Diretrizes básicas de radioproteção**. Rio de Janeiro: CNEN, 2005. (CNEN-NE-3.01).

[9] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Gerência de rejeitos radioativos em instalações radiativas**. Rio de Janeiro: CNEN, 1985

[10] SZTANYIK, L. B. A review of the management of radioactive waste in medical institutes. **Waste management & research**, Kailua-Kona, v. 11, 1993, p. 429-439.

[11] BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Norma Regulamentadora nº 32:**Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde. Publicada no D.O.U. em 16de novembro de 2005.

[12] Disponível em :

< http://www.marimar.com.br/resgate/curiosidades/contador_geiger.gif>.

Acessado em: 06/06/2010.

[13] Disponível em:
<http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/nuclear/images/geiger_muller_counter.jpg>.
Acessado em: 06/06/2010.

[14] Disponível em:

<http://www.rxnet.com.br/serviçoes/imagens_serviçoes/controle_qualidade_03.gif.>

.Acessado em: 06/06/2010.