

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**RELATÓRIO DE PRÁTICAS PROFISSIONAIS EM MEDICINA NUCLEAR**

**JENIFFER MEIRA RAMIRES DINIZ**

Botucatu  
Novembro - 2016

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM RADIOLOGIA**

**JENIFFER MEIRA RAMIRES DINIZ**

**RELATÓRIO DE PRÁTICAS PROFISSIONAIS EM MEDICINA NUCLEAR**

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Rejane de Lima e Silva

Relatório de Práticas Profissionais em Radiologia apresentado à FATEC - Faculdade de Tecnologia de Botucatu, como exigência para cumprimento do Trabalho de Conclusão de Curso no Curso Superior de Radiologia.

Botucatu  
Novembro – 2016

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DAS PRÁTICAS PROFISSIONAIS.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Infraestrutura .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Equipamento .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Acessórios .....</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Equipe.....</b>	<b>9</b>
<b>2.5 Materiais utilizados para realização do exame.....</b>	<b>9</b>
<b>2.6 Exames realizados no setor.....</b>	<b>11</b>
<b>2.7 Procedimentos para realização dos exames .....</b>	<b>12</b>
<b>3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O PERÍODO DAS PRÁTICAS PROFISSIONAIS .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Exames realizados durante o período de estágio.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2 Procedimentos acompanhados pelo graduando durante o período de estágio .....</b>	<b>14</b>
<b>4. PROCEDIMENTO TÉCNICO .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Introdução .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 Medicina Nuclear (MN) .....</b>	<b>25</b>
<b>4.3 Cintilografia Óssea no Câncer de Próstata .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Resultados .....</b>	<b>31</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>33</b>
<b>REFERÊNCIA.....</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O presente relatório expõe um período de 40 dias de práticas profissionais de um aluno do curso Tecnólogo em Radiologia, da Faculdade de Tecnologia de Botucatu, no setor de Medicina Nuclear (MN), o qual é escolhido pelo graduando entre quatro possíveis setores, do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual Paulista (HC-FMB), no intervalo de 03 de Outubro a 02 de Dezembro de 2016, totalizando 240 horas de acompanhamento das rotinas realizadas neste setor. Este relatório traz as atividades realizadas pelo graduando durante o período de aula prática, apresenta as situações analisadas no setor bem como a quantidade de exames realizados e tipos de exames solicitados no período de 03/10/16 ao dia 30/11/2016.

O relatório será entregue antes do final das práticas profissionais, pois o mesmo será utilizado como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC). Sendo assim, constará no mesmo relatório uma breve revisão de literatura, baseada em bases de dados científicas, de um determinado exame acompanhado no setor de MN, sendo este exame escolhido pelo próprio graduando. Todo este método se faz necessário, pois o mesmo é exigência para a formação do graduando.

O objetivo deste relatório é expor o conhecimento do graduando após ter realizado aula prática na área em que já havia conhecimento teórico. As práticas são importantes para que o graduando tenha oportunidade de se aperfeiçoar no conhecimento teórico e prático. Segundo o que se observou no período de estágio exigido ao graduando, no setor de MN, o Tecnólogo em Radiologia pode atuar nesta área através da marcação dos fármacos, eluição de geradores, monitoramento de área e superfície, captação de radiação de Iodo-131, realização dos exames, processamento dos mesmos e envio para o PACS (Sistema de Comunicação e Arquivamento de Imagens). Mediante a estas responsabilidades de atuação de um Tecnólogo

na MN, se faz necessário uma oportunidade de estágio para proporcionar ao aluno, uma visão mais ampla e fidedigna de como exercer sua profissão em um serviço de radiologia.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DAS PRÁTICAS PROFISSIONAIS**

A prática profissional foi realizada no setor de Medicina Nuclear, do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Botucatu da Universidade Estadual Paulista (HC-FMB). O horário de funcionamento do setor é das 7 às 18 horas, de segunda a sexta-feira. Às 240 horas de Estágio de Práticas Profissionais foram divididas entre o período da tarde e da manhã, pois a rotina do setor é diferente em ambos os períodos. Os exames são realizados de acordo com o dia da semana, sendo de segunda e terça-feira exames realizados com o Sestamibi, como PCI com sestamibi, cintilografia de paratireoide, cintilografia de mama e cintilografia de perfusão do miocárdio exceto pesquisa de linfonodo sentinela que é realizado com outro fármaco; quarta-feira realiza-se cintilografia óssea, cintilografia renal dinâmica e cintilografia de trânsito esofágico; quinta-feira realiza-se cintilografia renal quantitativa, cintilografia renal dinâmica, cintilografia óssea, cintilografia de esvaziamento gástrico e pesquisa de linfonodo sentinela; sexta-feira são realizados cintilografia de perfusão pulmonar, SPECT cerebral, PCI com iodo, linfocintilografia de membros inferiores (MMII), cintilografia de tireoide e ventriculografia (gated).

O graduando realizou a aula prática tendo início no período da tarde das 13 às 17 horas, por 21 dias e finalizando o estágio no período da manhã das 7 às 11 horas, por 10 dias, até o presente momento, restando ainda mais 5 dias para completar a carga horária de 240 horas (20 horas semanais), totalizando um período de 31 dias concluídos de aula prática, sendo 4 horas diárias de segunda a sexta-feira.

## 2.1 Infraestrutura

O setor de MN passou recentemente por uma reforma. A área que foi reformada consta de duas salas de exames com equipamentos novos da marca GE (NM Discovery 630 e uma NM/CT Discovery 670), uma sala de comando, sala de injeção, sala de rejeito, sala quente e sala da cardiologia.

A parte já utilizada há mais tempo é composta por apenas uma sala de exame, que apresenta a gama câmara mais antiga, da marca GE (Millennium), além da secretaria, sala de laudos, almoxarifado, cozinha e banheiro, sala de captação, sala dos docentes com banheiro, sala quente, sala de pacientes injetados e banheiro para pacientes injetados.

**2.1.1 Sala de exames:** As salas que foram reformadas já estão sendo utilizadas e são compostas pela gama câmara, acessórios para realização do exame, eletrocardiograma, carrinhos de colimadores, desumidificador e ar condicionado. A sala antiga é composta pelos mesmos citados acima, acrescido dos computadores de aquisição e processamento, pois não há separação da sala de exame com a sala de comando, isso proporciona ao funcionário uma exposição direta a radiação emitida pelo paciente.

**2.1.2 Sala de comando:** Esta sala também faz parte da reforma, ela está localizada entre as duas gamas câmaras novas, é a mesma sala de comando para as duas. É composta de doze computadores (1 para aquisição da 630, 1 para processamento da 630 e 1 para laudar exames da 630; 1 para aquisição da gama câmara 670, 1 para aquisição de CT da 670, 1 para processamento da 670 e 1 para laudar exames da 670, os restantes não são utilizados, pois o número de computadores excede a demanda do local).

**2.1.3 Sala de injeção:** a sala nova de injeção começou a ser utilizada na primeira semana de novembro de 2016. É composta por duas cadeiras confortáveis para paciente, uma pia para lavagem das mãos, uma bancada e um carrinho de injeção. Antes da primeira semana de novembro, a sala de injeção estava adaptada na sala quente, ambas estavam separadas por um armário.

**2.1.4 Sala de cardiologia:** a sala é composta por uma esteira, por um monitor com eletrocardiograma e uma maca. A sala não está sendo utilizada devido a erros estruturais, (tamanho da sala: cardiologistas se negaram a utilizar a sala devido ao seu pouco espaço e

risco para o paciente, caso ocorra algum acidente físico). Atualmente os pacientes são deslocados do setor de MN para o setor da cardiologia para realizar o procedimento. São injetados com o radiofármaco na sala da cardiologia, porém quando retornam ao setor de MN voltam irradiando o corredor por onde passam.

**2.1.5 Sala de rejeito:** a sala é composta por um espaço bem pequeno e uma bancada; é separada da sala quente por uma porta. Esta sala também não está sendo utilizada por não estar de acordo com as normas, pois não possui exaustor.

**2.1.6 Sala quente:** a sala nova é composta por bancada, armários e uma pia. Também não está sendo utilizada a sala nova, por não estar dentro das normas exigidas (falta de exaustor e ralo falso). A sala quente utilizada atualmente continua no mesmo local, sendo a sala de rejeito no mesmo ambiente, isso não é correto perante as normas, porém se leva em conta o risco ao setor e benefício ao paciente. Na sala quente fica a geladeira com os fármacos, o gerador, os protetores de chumbo para os radiofármacos, o curiômetro, a caixa de perfuro cortante blindada, lixos e caixas de rejeito blindados para os respectivos radionuclídeos e demais acessórios utilizados.

**2.1.7 Banheiro de pacientes injetados:** é de fácil acesso e reservado apenas aos pacientes que foram injetados.

**2.1.8 Sala de pacientes injetados:** é composta por cadeiras, um bebedouro, uma balança, uma maca e uma TV. É destinada para os pacientes que já foram injetados aguardar a realização do exame. Desconheço a informação de sala blindada.

## **2.2 Equipamento**

As três gama câmaras utilizadas no setor são da marca da GE, e as três apresentam duas cabeças (detectores I e detector II), sistema digital de processamento e computador.

**2.2.1 Gama câmara GE Millennium:** é mais antiga, não tem monitor para acompanhamento do posicionamento do paciente acoplado a gama câmera, está ligada diretamente ao monitor do computador da estação de trabalho. Na sala onde se encontra este aparelho não tem uma sala de comando separada, então o monitor de acompanhamento é o do próprio computador



que adquirir as imagens do exame, e os funcionários ficam presentes na mesma sala onde está sendo realizado o exame, juntamente com o paciente que emite a radiação. O método de aproximação dos detectores e da movimentação da mesa é realizado manualmente por meio de um controle. Nesta sala contém apenas 3 tipos de colimadores: LEHR (baixa energia com alta resolução), MEGP (média energia e uso geral) e HEGP (alta energia e uso geral) .

**2.2.2 Gama câmara NM Discovery 630:** é nova e tem monitor de acompanhamento de posicionamento do paciente, a sala de comando é separada da sala de exame. Esta gama câmara apresenta sensores o que permite a aproximação dos detectores e movimentação da mesa serem automáticos, e o giro dos detectores é mais rápido que a gama Millennium. Nesta sala contém 4 tipos de colimadores: LEHR, MEGP, HEGP e GPPH (alta energia Pinhole).

**2.2.3 Gama câmara NM-CT Discovery 670:** Esta gama câmara é da mesma forma como a 630, a diferença entre ela e a 630, é a presença da Tomografia Computadorizada (CT) juntamente com a gama câmara. Na sala de comando tem dois teclados, um é para a CT e o outro para a gama câmara. A sala de comando da gama câmara 630 e da gama câmara 670 são a mesma. Também apresenta os 4 tipos de colimadores.

## 2.3 Acessórios

**2.3.1 Captus:** é um captador que mede a avidéz da glândula tireoide por iodo-131, sendo este valor dado em porcentagem, utilizado para diagnóstico diferencial e cálculo de dose terapêutica.

**2.3.2 Geiger Müller:** é um contador de radiação ionizante, suas unidades de medida são CPM (contagem por minuto),  $\mu\text{R/h}$  (microrentgen por hora),  $\text{mR/h}$  (miliroentgen por hora) e  $\text{R/h}$  (Roentgen por hora). São utilizados três Geiger no setor, um é analógico e dois são digitais, sendo um destes utilizados apenas para sala de iodoterapia.

**2.3.3 Curiômetro:** é um calibrador de dose, utilizado para medir a atividade de radionuclídeos e radiofármacos.

**2.3.4 Gerador de  $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ :** fornece o eluato ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) para a marcação dos fármacos.

**2.3.5 Colimadores/Detectores:** captam a radiação que está sendo emitida pelo paciente para a formação da imagem. No setor utilizam colimador de alta resolução e baixa sensibilidade (LEHR), colimador de média sensibilidade para todas as finalidades (MEGP), colimador de alta sensibilidade para todas as finalidades (HEPG) e colimador pinhole (GPPH), utilizados respectivamente para tecnécio e tálio, gálio, iodo e todos os radionuclídeos. O mais utilizado é o LEHR.

**2.3.6 Avental de chumbo:** são utilizados pelos funcionários para proteger região de tórax e abdome. Ficam localizados na entrada da sala quente, contém 2 aventais para manipulação de Iodo-131, 3 aventais para manipulação de outros radionuclídeos e 3 aventais azuis que são utilizados pela equipe de enfermagem. Os funcionários não costumam utilizar protetor de tireoide, exceto no caso de manipulação do Iodo-131.

## 2.4 Equipe

A equipe é formada por 2 secretárias, 3 biomédicos, 3 técnicos em radiologia, 3 médicos, 1 residente e 5 técnicos em enfermagem que são divididos por período. No período da manhã trabalham 2 biomédicos, 1 técnico em radiologia, 3 técnicos em enfermagem e o residente. No período da tarde trabalham 1 biomédico, 2 técnicos em radiologia, 2 técnicos em enfermagem e o residente. Os médicos estão presentes de manhã e a tarde em determinados dias da semana.

## 2.5 Materiais utilizados para realização do exame

Para que seja possível a realização dos exames é necessário ter um material que emita a radiação, esses são chamados de radionuclídeos ou radioisótopos. Outro material necessário, que deve conter afinidade com órgãos específicos a serem analisados são os fármacos. Os radionuclídeos utilizados no setor da MN do HC-FMB de Botucatu são: tecnécio-99<sup>m</sup> (<sup>99m</sup>Tc), iodo-131 (<sup>131</sup>I), tálio-201 (<sup>201</sup>Tl) e gálio-67 (<sup>67</sup>Ga). Dentre eles o mais utilizado é o tecnécio, que neste caso são produzidos por geradores de radiação de Molibdênio (<sup>99</sup>Mo), que decai para <sup>99m</sup>Tc, e os outros já vem prontos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), pois são produzidos em ciclotrons, como o <sup>67</sup>Ga, o <sup>201</sup>Tl e o <sup>131</sup>I, estes tem dias

específicos para chegar no setor, o tálio só vem se tiver paciente agendado, o iodo e o gálio são intercalados por semana, uma semana vem gálio e na outra vem iodo. Os fármacos utilizados são: MDP (ácido medrônico), DMSA (succímer), DTPA (ácido pentético), MAA (macroagregado de albumina), FITATO (ácido fítico), PIRO (pirofosfato tetrassódico), SESTAMIBI (tetrafluorborato tetramibi cuproso), ECD (dicloridrato de etilenodicisteína dietiléster), SnCol (fluoreto estanoso), DISIDA (disofenina) e DEX 500 (Dextrana-500).

Quando esses fármacos são marcados com o radionuclídeo, então se tem um novo material, o radiofármaco, que será injetado no paciente para aquisição das imagens (Tabela 1). Em alguns exames os radionuclídeos são administrados sem marcações, no caso o  $^{99m}\text{Tc}$  é utilizado apenas com soro fisiológico (Pertecnetato); o  $^{131}\text{I}$  é administrado com água por via oral, o  $^{67}\text{Ga}$  e  $^{201}\text{Tl}$  são administrados diretamente no paciente, não apresenta nenhum tipo de preparação antes de ser injetado.

Tabela 1. Tipos de exames realizados com os fármacos

<b>FÁRMACO</b>	<b>VIA DE ADMINISTRAÇÃO</b>	<b>EXAME</b>
<b>MDP</b>	Venosa	Ósseo
<b>DMSA</b>	Venosa	Renal (cicatrização)
<b>DTPA</b>	Venosa	Renal (função)
<b>SESTAMIBI</b>	Venosa	PCI, mama, paratireoide e coração
<b>FITATO</b>	Superficial a lesão	Linfonodo sentinela, melanoma
<b>MAA</b>	Venosa	Pulmão
<b>DISIDA</b>	Venosa	Fígado e vias biliares
<b>DEX 500</b>	Superficial entre os dedos	Sistema linfático e membros
<b>ECD</b>	Venosa	Cerebral
<b>SnCol</b>	Venosa	Esvaziamento gástrico e Trânsito esofágico
<b>PIRO</b>	Venosa	Ventriculografia (Gated) e sangramento

Cada radiofármaco tem afinidade com um órgão diferente, apresenta tempo de marcação e dose máxima de atividade permitida diferente (Tabela 2), além do tempo de espera para aquisição das imagens e dose de radiação administrada também ser diferente. O mesmo ocorre com os radionuclídeos.

Tabela 2. Tempo da reação de marcação dos fármacos com  $^{99m}\text{Tc}$ 

FÁRMACO	TEMPO DE MARCAÇÃO		ADIÇÃO DE $^{99m}\text{Tc}$ AO FÁRMACO		ATIVIDADE DE $^{99m}\text{Tc}$	
	Na bula	No setor	Na bula	No setor	Na bula	No setor
<b>MDP</b>	10 minutos	10 minutos	3-5 ml	3-5 ml	250 mCi	350 mCi
<b>DMSA</b>	30 minutos	30 minutos	2-3 ml	2-3 ml	100 mCi	100 mCi
<b>DTPA</b>	15 minutos	15 minutos	2-3 ml	2-3 ml	100 mCi	100 mCi
<b>SESTAMIBI*</b>	10 minutos	10 minutos	1-3 ml	1-3 ml	500 mCi	600 mCi
<b>FITATO</b>	15 minutos	10 minutos	2-3 ml	2-3 ml	100 mCi	100 mCi
<b>MAA</b>	30 minutos	30 minutos	3 ml	3 ml	100 mCi	100 mCi
<b>DISIDA</b>	15 minutos	15 minutos	3-5 ml	3-5 ml	100 mCi	100 mCi
<b>DEX 500</b>	15 minutos	15 minutos	1-5 ml	1-5 ml	100 mCi	100 mCi
<b>ECD</b>	30 minutos	30 minutos	1-2 ml	1-2 ml	100 mCi	100 mCi
<b>SnCol</b>	15 minutos	15 minutos	1-5 ml	1-5 ml	100 mCi	100 mCi
<b>PIRO</b>	30 minutos	30 minutos	2-3 ml	2-3 ml	100 mCi	100 mCi

\* Único fármaco que vai ao fogo em banho maria por 10 minutos em fervura e 15 minutos para esfriar

## 2.6 Exames realizados no setor

Cintilografia de Perfusão do Miocárdio, Cintilografia de Perfusão Cerebral, Cintilografia de Perfusão Pulmonar, Cintilografia Óssea, Cintilografia de Mama, Cistocintilografia direta e indireta, Cintilografia de Paratireoide, Cintilografia de Tireoide, PCI com iodo, PCI com tálio, PCI com gálio, PCI com sestamibi, Cintilografia Renal Quantitativa, Cintilografia Renal Dinâmica, Cintilografia de Esvaziamento Gástrico sólido ou líquido, Cintilografia de Trânsito Esofágico, Pesquisa de Linfonodo Sentinela, Pesquisa de Sangramento, Linfocintilografia, Cintilografia de Glândulas Salivares, Cintilografia do Testículo, Cintilografia de Vias Hepáticas e Biliares, Ventriculografia (Gated) e Cintilografia de Viabilidade Miocárdica.

## **2.7 Procedimentos para realização dos exames**

Para a realização da maioria dos exames, ou todos realizados com o tecnécio, é necessário fazer a eluição do gerador, e fazer os testes de qualidade no eluato (teste de pureza radionuclídica e pureza química). Posteriormente realiza-se a marcação dos fármacos e em seguida também faz-se o controle de qualidade da marcação (pureza radioquímica). Estando todos os testes satisfatórios, são separadas as doses de acordo com cada exame a ser realizado. Além da eluição do gerador, antes de realizar qualquer exame, tem que fazer os testes de controle de qualidade nas gama câmaras. Cada semana um funcionário fica responsável por fazer a eluição e as marcações, enquanto os outros dois, realizam o teste e após iniciam os exames.

Após as marcações, as doses separadas são passadas para a equipe de enfermagem que irá realizar a injeção dos radiofármacos. Dependendo do exame, os pacientes aguardam na sala de pacientes injetados ou no corredor externo ao lado do setor de MN, isso caso tenha que esperar horas para adquirir as imagens. No caso da cintilografia do miocárdio, na fase de estresse, o paciente é retirado do setor de MN e acompanhado pelos enfermeiros até o setor de cardiologia, na sala que se realiza o estresse físico ou farmacológico. Logo após o procedimento na cardiologia o paciente retorna ao setor de MN. Alguns exames se faz necessário, um preparo antes por parte do paciente, que depende do exame a ser realizado, como suspensão de café, suspensão de iodo da dieta, estar em jejum e estar bem hidratado.

### 3. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O PERÍODO DAS PRÁTICAS PROFISSIONAIS

#### 3.1 Exames realizados durante o período de aula pratica

Durante o período de aula pratica de 03/10/2016 a 24/11/2016 foram realizados no total 666 cintilografias. Abaixo segue figura com as cintilografias mais realizadas (Figura 1), e tabela com os demais exames realizados e a quantidade destes exames no período descrito (Tabela 3).

Figura 1. Cintilografias mais realizadas no setor de MN do HC-FMB no período de 03/10/2016 a 24/11/2016

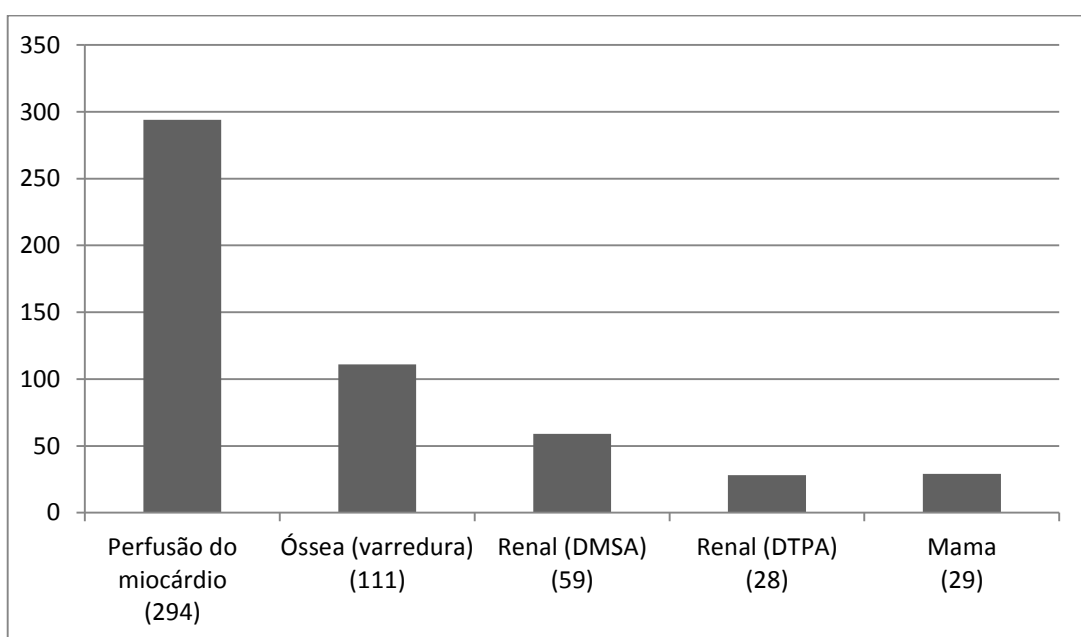


Tabela 3. Demais cintilografias realizadas no setor de MN do HC-FMB no período de 03/10/2016 a 24/11/2016

<b>Cintilografias realizadas</b>	<b>Quantidade realizada</b>
Linfonodo sentinela	16
PCI com iodo-131	15
PCI com gálio-67	15
Paratireoide	13
Trânsito esofágico	12
Perfusão pulmonar	11
Viabilidade do miocárdio-tálio 201	10
Tireoide	10
Esvaziamento gástrico	9
Óssea-fluxo	8
Sangramento	5
Gated	4
Cerebral-SPECT	4
Linfocintilografia (MMII)	3
Vias biliares	3
Glândula salivar	3
Varredura-MIBG	2
Óssea-SPECT	1
Cerebral-fluxo	1
<b>Total</b>	<b>145</b>

### 3.2 Procedimentos acompanhados pelo graduando durante o período de aula pratica

Durante as 204 horas de aula pratica realizadas no setor de MN, o graduando do curso de Tecnólogo em Radiologia, acompanhou 124 cintilografias no total, dentre eles o mais observado foi a cintilografia de perfusão do miocárdio, como mostra a tabela abaixo (Tabela 4).

Tabela 4. Cintilografias acompanhadas pelo graduando durante os 31 dias de aula pratica

<b>Cintilografias acompanhadas pelo graduando</b>	<b>Quantidade de cintilografias acompanhadas</b>
Perfusão do miocárdio	65
Óssea	15
Renal quantitativo	11
Renal dinâmico	9
Linfonodo sentinela	5
PCI cm iodo-131	3
Viabilidade do miocárdio	3
Esvaziamento gástrico	3
Sangramento	2
Mama	2
SPECT de mama	1
Tireoide	1
Paratireoide	1
Trânsito esofágico	1
PCI com gáli-67	1
Gated	1
<b>Total</b>	<b>124</b>

O graduando também pôde acompanhar durante os 31 dias de aula pratica os seguintes procedimentos:

### **3.2.1 Posicionamento de paciente, realização do exame e aquisição das imagens**

Cintilografia de Perfusão do Miocárdio: indicada para avaliação de doenças coronárias, infarto agudo do miocárdio e função ventricular. Realizado em dois dias, sendo um dia para a fase de estresse e o outro para a fase de repouso. O estresse pode ser físico ou farmacológico, este último é utilizado para pacientes que não conseguem caminhar na esteira e pacientes com pressão alta, para estes será injetado no paciente o dipiridamol. O paciente deve fazer um preparo para realizar a fase de estresse farmacológico. O exame é realizado em decúbito dorsal para mulheres (detector a 0°, girando para a esquerda), com as mãos passando a cabeça e decúbito ventral para homens (detector a 180°, girando para a direita), com as mãos cruzadas de apoio para a face, com gated cardíaco nas duas fases. Tem duração de 6-7 minutos dependendo do equipamento, realizado com Sestamibi e dose de 30-35mCi. Após 1



hora da injeção, realizar aquisição das imagens. Além da injeção o paciente precisa comer algo gorduroso, é oferecido pelo setor queijo pasteurizado, e o paciente deve caminhar, para estimular a atividade do fígado.

Cintilografia de Viabilidade do Miocárdio: indicado para avaliar evento isquêmico do miocárdio, utilizada também para infarto recente. É realizado com o tálio-201 e dose de 3,5mCi. Realiza-se a primeira aquisição após 10 minutos da injeção. Após 4 horas da injeção, voltar para adquirir nova imagem. Após reinjetar metade da dose de tálio injetada no início e voltar depois de 24 horas da primeira injeção para fazer nova aquisição. O posicionamento do paciente é o mesmo de perfusão do miocárdio citado acima. Não é realizado com o gated cardíaco, pois não se deseja ver a fração de ejeção do ventrículo. Paciente deve estar de 4-6 horas de jejum.

Cintilografia Óssea: indicada para doenças metastáticas, trauma ósseo, fraturas por estresse, osteomielite, doença óssea metabólica, displasia óssea, artrite e tumores primários ósseos malignos. Pode ser realizada das seguintes formas: varredura de corpo total, segmentar (partes do corpo) ou trifásica. A segmentar é realizada em caso de pacientes com suspeita de câncer de mama ou próstata. Nesses casos é realizada além da varredura uma imagem estática do tórax (lateral e anterior) e uma estática da pelve (anterior) antes da varredura de corpo inteiro, respectivamente. A cintilografia óssea trifásica é realizada em casos de pacientes com infecções, inflamações ou dor local, sendo em 3 fases: 1ª fase é de fluxo, logo após a injeção adquirir a imagem; 2ª fase é de equilíbrio, após 5 minutos da injeção adquirir imagem; 3ª fase é de varredura completa, após 3hs da injeção. Também faz parte da segmentar a imagem de crânio vértex, realizado quando não é possível analisar áreas do crânio na varredura. Para realização do exame o paciente deve estar hidratado. O exame é realizado em decúbito dorsal, paciente imobilizado com uma faixa na região do abdome prendendo os braços ao longo do corpo. Tem duração de 20 minutos aproximadamente, o fármaco utilizado é o MDP e a dose de 30mCi para 70Kg. Após 3hs da injeção realizar a aquisição de imagem quando for varredura completa. Detector 1 fica a 0° (imagem anterior) e detector 2 a 180° (imagem posterior).

Cintilografia de Mama: indicado para avaliar a extensão da lesão, resposta a quimioterapia, linfonodos axilares acometidos, detecção de tumores multicêntricos, malignidade oculta em mamografia e suspeita de recorrência da doença. É realizado com o Sestamibi e dose de 10mCi. A injeção é realizada no pé, para que o radiofármaco chegue ao mesmo tempo nas mamas. Paciente não necessita de preparo. Utiliza-se o colchão de mama, onde o paciente fica sobre ele em decúbito ventral com as mamas posicionadas no local

próprio. Após 10 minutos da injeção adquirir as imagens em lateral direito e esquerdo, oblíqua posterior direita e esquerda, todas com 10 minutos. Após retirar o colchão e realizar uma imagem planar em decúbito dorsal. Se houver suspeitas na imagem realizar o washout (imagem após 1 hora da injeção no local de interesse).

Cintilografia Renal Dinâmica: indicada para avaliar filtração glomerular, fluxo sanguíneo renal, nefropatia obstrutiva, necrose tubular aguda e viabilidade de transplante renal. Paciente precisa estar hidratado antes do exame e esvaziar a bexiga urinária. O exame é realizado em decúbito dorsal, com as mãos em direção a cabeça, paciente será injetado na mesa de exame, logo após inicia a aquisição de imagem imediata. É composta por duas fases: 1ª fase é o fluxo de 1 minuto, seguida de mais 30 minutos de imagem dinâmica, após o término fazer uma imagem estática pré-micção de 1 minuto e pedir ao paciente que esvazie a bexiga urinária novamente. Após realizar uma imagem estática pós-micção de 1 minuto. Após estas imagens realizar uma imagem de controle de crânio, para ver a eficiência de marcação (se o  $^{99m}\text{Tc}$  não foi captado pela tireoide). Caso tenha acumulado na tireoide deve reconvocar o paciente, pois a marcação não foi satisfatória. Se o paciente estiver com alguma alteração, realiza-se a segunda fase, injetando diurético e logo após inicia mais 20 minutos de aquisição antes de realizar o controle de crânio. É realizada com o DTPA (avaliar glomérulos renais) e dose de 20mCi para 70Kg.

Cintilografia Renal Quantitativa: indicada para detecção de cicatrizes, pesquisa de rim ectópico e parênquima renal funcional. Paciente deve esvaziar bexiga e não é necessário hidratação. Paciente em decúbito dorsal com as mãos acima da cabeça. É realizado com o DMSA (avaliar túbulos renais) e dose de 5mCi para 70Kg. Após 2 horas da injeção, adquirir imagens anterior e posterior com 500 kilocontagens (Kcts), laterais direita e esquerda com 300 Kcts e oblíquas posterior direita e esquerda com 400 Kcts. Só realiza-se oblíqua anterior quando há alteração anatômica no rim (rim ferradura).

Pesquisa de Linfonodo Sentinela: indicado para avaliar se houve comprometimento de linfonodos em casos de câncer de mama, melanoma, tumores ginecológicos e tumores de cabeça e pescoço, paciente não necessita de preparo, o exame é realizado em decúbito dorsal ou ventral dependendo do local de interesse. Os residentes aplicam a injeção no local de interesse superficialmente, com o paciente na mesa de exame, realiza-se imagem imediata de fluxo, logo após imagem com 30 segundos utilizando o flood, após aquisição anterior de 5 minutos e laterais com 5 minutos. Após essas imagens realizar a demografia, utiliza-se um marcador de tecnécio para localizar a lesão e marca-se o local com uma caneta, após faz a contagem no local com o Gama-Probe, para estimar contagem no momento da cirurgia. Após

1 hora da injeção, realizar aquisição novamente para analisar se não houve migração para outro lugar. Se não migrar em 1 hora realizar nova aquisição com 2 horas e com 4 horas se não migrou reinjetar e fazer aquisição com 30 minutos após a reinjeção. É realizado com fitato, o fármaco é marcado com 30mCi em 1ml, devido a viscosidade do fármaco é injetado no paciente apenas 0,1 ml por injeção, com 3mCi devido a dor.

Cintilografia de tireoide: indicada para bócio, nódulos, detecção de metástases de carcinoma da tireoide e anatomia da tireoide. O paciente deve fazer dieta pobre em iodo por um período de 21 dias. Na quinta feira toma dose de iodo padrão (diluída) com atividade de 7-12 $\mu$ Ci/ml. Paciente toma 1ml da solução padrão, faz captação de 2hs, 6hs, 24hs após a dose. Dependendo da porcentagem da captação de 24hs, paciente recebe a dose de tecnécio-99m logo após a captação, a dose é baseada em uma tabela. Se a porcentagem for alta, administra pouca dose de  $^{99m}\text{Tc}$  e se a porcentagem for baixa, administra alta dose de  $^{99m}\text{Tc}$ . Paciente fica em decúbito dorsal com o pescoço em hiperflexão. Realiza-se aquisição de imagens com colimador pinhole. Após 10 minutos da injeção de pertecnetato, realizar imagem estática anterior, oblíqua anterior direita e esquerda com 200Kcts, e anterior com marcador e chumbinho de 2x1cm no lobo direito, com 250Kcts. O marcador é colocado um na cartilagem cricóide e um na fúrcula.

Cintilografia de paratireoide: indicado para hipertireoidismo, adenoma, hiperplasia, ectopia e carcinoma. O paciente não precisa de preparo, o exame é realizado em decúbito dorsal, com as mãos ao longo do corpo, o paciente é injetado na mesa de exame e realiza-se uma imagem imediata anterior com fluxo de 15 minutos, estática cervical com 200Kcts e tórax com 600Kcts. Após realiza-se nova aquisição com 2 horas da injeção, imagem anterior cervical tardia com 200Kcts e anterior torácica tardia com 600Kcts, se for necessário realizar nova aquisição com 4 horas. É realizado com o sestamibi e dose de 25mCi.

PCI com iodo-131: indicado para avaliar resto de tecido tireoidiano, ou metástases cervicais regionais ou metástase á distância. Paciente precisa fazer uma dieta de 21 dias pobre em iodo, suspensão de hormônios. Paciente recebe a dose de iodo-131 dependendo do valor da captação realizada. As imagens serão realizadas após 48 horas da dose administrada via oral, sendo que o paciente deve ficar em jejum por 2 horas após a dose. A dose é de 2 mCi para a primeira PCI, e 5 mCi quando com PCI prévia. Paciente em decúbito dorsal, realiza-se a varredura de corpo total de 34 minutos, realizado com colimador de alta energia. Após realizar uma imagem estática da cervical com marcador de  $^{99m}\text{Tc}$  localizado na cricóide e na fúrcula na janela de  $^{99m}\text{Tc}$ , para orientação de tamanho da tireoide, com aquisição de 10 minutos.

PCI com gálio-67: indicado para avaliação de partes moles. O paciente toma laxante no dia anterior e no dia do exame. É realizado em decúbito dorsal com uma faixa na região de abdome prendendo os braços. A dose é administrada ao paciente de segunda feira, e o exame só será realizado na quarta feira, ou administrado na quarta para realizar exame na sexta. A dose é 3mCi para 70kg. Realiza-se uma varredura de 34 minutos, se necessário realizar SPECT e imagens adicionais segmentares. A aquisição é realizada com colimador de média energia.

Pesquisa de Sangramento: indicado para hemorragias, é realizada com o pirofosfato e dose de 30mCi, o pirofosfato não é marcado com tecnécio, apenas inseri no frasco do pirofosfato 2ml de soro fisiológico, injeta-se apenas 1ml no paciente. Após 20 minutos injeta o tecnécio-99m puro (Pertechnetato), e adquire imagem dinâmica por 1 hora e uma imagem de fluxo de 1 minuto.

Gated: indicado para avaliar a fração de ejeção do ventrículo esquerdo, é realizado com o pirofosfato frio (marcação in vivo), coloca-se no frasco 2 ml de soro fisiológico e injeta apenas 1 ml no paciente. Após 20 minutos da injeção do pirofosfato, injetar 30 mCi de  $^{99m}\text{Tc}$  no paciente, após 20 minutos da última injeção realizar aquisição de imagem. Fazer imagem estática anterior com 4.500 Kcts e oblíquas direita e esquerda com 4.500 Kcts.

Cintilografia de Esvaziamento Gástrico Sólido: indicado para avaliar o tempo de esvaziamento do estômago, o paciente deve estar de jejum por 6 horas e manter o jejum nas próximas fases, exceto para a primeira imagem. Para realizar o exame tem 10 minutos para comer um pão de forma torrado, com clara de ovo frita e geleia de morango, realiza-se com estanho coloidal e dose de 1mCi. Adquire uma imagem imediata, uma imagem após 1 hora do lanche, após 2 horas e após 4 horas do lanche, cada imagem com 1 minuto. O paciente fica de pé no centro do detector, detector 1 fica a  $90^\circ$  e o detector 2 em  $270^\circ$ , detector 1 fica anterior ao paciente e detector 2 fica na posterior.

Cintilografia de Trânsito esofágico: indicado para avaliar o trânsito esofágico. Paciente deve estar de jejum por 6 horas. Para a realização do exame utiliza-se 3 copos de café com 10 ml de água, sendo 1 apenas com água e os outros dois com o radiofármaco SnCol, com atividade de 1 mCi. Antes de iniciar a aquisição se faz um teste com o paciente apenas com a água. Se o paciente realizar o teste corretamente, inicia o exame. Paciente fica em decúbito dorsal, coloca-se um marcador de  $^{99m}\text{Tc}$  na cartilagem cricóide para orientação na imagem. Coloca-se a água com o radiofármaco na boca do paciente e o mesmo não deve engolir, então inicia a aquisição e pede para o paciente engolir a água, e pede para engolir a saliva por mais uma vez no decorrer da aquisição dinâmica de 50 segundos. Após realizar

imagem estática de 1 minuto. Realizar novamente o mesmo processo de aquisição dinâmica, após término nova imagem estática de 1 minuto. Se houver resíduo na última imagem, voltar uns 30 minutos depois para fazer aquisição estática tardia com 1 minuto.

### **3.2.2 Eluição de gerador e marcação de fármacos**

O gerador é eluído todos os dias pela manhã e se necessário é reluído no período da tarde. De segunda feira ou após feriado é realizado o teste de alumina (pureza química) e pH no eluato. Realiza-se o teste no curiômetro com uso de Césio-137 todos os dias pela manhã, para avaliar se está medindo a atividade corretamente (Teste de reprodutibilidade). Também realiza-se todos os dias o teste de pH e o teste de pureza radionuclídica ( $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ ) no eluato, sendo o teste positivo, faz-se a marcação dos fármacos. Cada fármaco tem um volume e atividade específica de marcação. Após a adição de tecnécio-99m ao frasco do fármaco, não deixar entrar ar no frasco, pois a marcação será ineficiente, espera-se um tempo determinado para a marcação do radiofármaco ocorrer. A cada marcação coloca-se a data e o horário realizado, deve-se realizar o teste de eficiência de marcação (pureza radioquímica), porém não é realizado todos os dias no setor, apenas é analisado o aspecto visual.

### **3.2.3 Fechamento de sala quente e monitoração de área e superfície**

O fechamento da sala quente ocorre todos os dias no final do expediente, consiste em medir a atividade dos fracos de radiofármacos utilizados na semana passada e no dia. Os fracos utilizados na semana passada devem dar 0 mCi para que possa ser realizado o descarte no perfuro cortante. Os fracos são descartados da seguinte maneira: os fracos utilizados na segunda-feira serão descartados na segunda-feira da próxima semana. Para os fracos utilizados no dia e as seringas que foram retiradas as doses, deve medir a atividade e anotar no anexo C e no caderno do setor a atividade do rejeito, esses fracos vão para caixa de rejeito de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  para decaimento.

A monitoração de superfície também ocorre todos os dias após o fechamento da sala quente em pontos específicos da sala quente, vaso sanitário do banheiro de pacientes injetados e mãos dos trabalhadores. É utilizado o Geiger Müller, geralmente o digital, com sonda pancak e unidade de medida contagem por minuto (CPM).

A monitoração de área é realizada a cada 15 dias e serão monitoradas todas as salas do setor de MN e pontos específicos na sala quente, utilizando o Geiger Müller, geralmente o digital, com sonda cilíndrica e unidade de medida  $\mu\text{R/h}$ ,  $\text{mR/h}$  ou  $\text{R/h}$ .

Todos esses procedimentos realizados são monitorados através de anotações realizadas no anexo C, no caderno de controle do setor e nas folhas de controle.

### **3.2.4 Controle de fármacos, lixos e rejeitos da sala quente**

O controle de fármacos é realizado a cada marcação, realizando a contagem de cada fármaco presente na geladeira, todos os dias deve ser marcado em uma folha de controle os fármacos utilizados e a quantidade de frascos. No fechamento do mês faz-se uma análise entre a quantidade de fármacos que se tinha, a quantidade que foi utilizada e a quantidade que chegou. Baseado neste controle a médica responsável sabe se será necessário fazer um novo pedido de fármacos. Esse controle tem a função de evitar o vencimento de fármacos.

Os lixos comuns são retirados todos os dias pela equipe de limpeza do setor, já os lixos de rejeito do  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  ou outros isótopos são retirados quando cheios, identificados com a data em que foi retirado e a data prevista para descarte, esse saco de lixo fica em um ponto da sala quente menos frequentado, pois não há espaço suficiente na caixa de rejeito, poderá ser descartado quando a atividade estiver menor que  $50\mu\text{Ci}$ . Se estiver no limite é descartado no lixo comum.

### **3.2.5 Liberação dos geradores**

Os geradores são liberados conforme datas especificadas pelo IPEN, a data já vem impressa no suporte de armazenamento do gerador. É necessário preencher um formulário emitido pelo próprio IPEN, devendo estar assinado pelo responsável do setor, caso contrário o gerador não é retirado do setor e paga multa por atraso na entrega.

### **3.2.6 Liberação do quarto de Iodoterapia**

O quarto é destinado a pacientes que recebem uma dose alta de iodo-131 e ficam no quarto terapêutico até o decaimento da radiação chegar no valor permitido para liberação. Será liberada quando o paciente for monitorado a 2 metros de distância na altura do tórax e a

radiação for  $\leq$  a 30  $\mu\text{S/h}$ . Os processos descritos abaixo são realizados apenas quando o paciente fica internado. Todos os objetos que o paciente tem possibilidade de entrar em contato são envoltos com papel filme. Após a saída do paciente são medidos todos os pontos que constam na folha de controle, e anotado a atividade do local medido; após é retirado o papel filme dos objetos e medido novamente, esse processo é chamado de descontaminação. As roupas de banho e de cama são colocadas em um saco e armazenadas no tanque de decaimento. Os plásticos retirados também são armazenados no mesmo. Restos orgânicos ou vômitos são armazenados no freezer. Quando o tanque está cheio, são retirados os mais antigos, porém menor que 50  $\mu\text{Ci}$ , leva em média 2 meses para decaimento, pode demorar mais se a dose administrada for muito alta. Todos os sacos devem conter a data de armazenamento e o tipo de isótopo para ser armazenado. A atividade é medida com o Geiger Müller sonda cilíndrica  $\mu\text{S/h}$ .

### **3.2.7 Controle de qualidade das gama câmaras**

O graduando teve a oportunidade de acompanhar todos os testes de controle de qualidade das gamas câmaras realizado no setor. Há teste que é realizado diariamente e testes que é realizado mensalmente.

Teste de Uniformidade: realizado todos os dias de manhã antes de iniciar os exames, para analisar a qualidade das fotomultiplicadoras. Primeiro retira-se os colimadores da cabeça da gama câmara e coloca o acrílico no mesmo lugar. Após, nas gama câmaras novas (630 e 670), faz-se o teste BG (background) e depois com o detector 1 e 2, respectivamente. Os detectores ficam virados para a parede a uma distância pré-determinada, de frente com a fonte de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  que está inserida na parede, com uma atividade entre 300-900  $\mu\text{Ci}$ , não podendo ultrapassar essa atividade, por questão de segurança das fotomultiplicadoras. A única diferença para o teste realizado na Millennium está no fato de que não se faz o teste de BG, os demais são iguais. Se o teste for satisfatório, retira-se o acrílico e coloca novamente o colimador.

Teste de Linearidade Extrínseca: é realizado uma vez por mês no período da tarde. Faz-se com o colimador; com uma fonte plana, chamada flood, que contém água e 40 mCi de atividade de  $^{99\text{m}}\text{Tc}$  em seu interior e deve ser homogeneizado; e o phantom de barras. É realizado nos dois detectores, um de cada vez. Coloca-se o phantom de barras em cima do detector e o flood em cima do phantom. Logo adquire a imagem até 4000kcts.

Teste de Linearidade Intrínseca: é realizado uma vez por mês no período da tarde. Se faz sem o colimador, com uma fonte pontual de  $^{99m}\text{Tc}$  com 1 mCi de atividade. A atividade é um pouco maior, pois a distância da fonte ao detector é maior. É realizado nos dois detectores, um de cada vez. Coloca-se o acrílico e vira o detector de frente para a fonte de tecnécio. Logo adquire a imagem até 2000 kcts, para cada detector.

### **3.2.8 Calibração do Captus**

Captus é o aparelho de captação de iodo. É realizada no dia em que será realizada a captação de iodo ou pelo menos uma vez na semana se não houver paciente. Utiliza-se o Césio-137 e o Europium-152 para fazer a calibração. Após estar calibrado, deve registrar todos os pacientes no sistema do Captus e utilizar um phantom com a mesma atividade da solução padrão total de iodo, para realizar um controle de quanto tinha na solução total e o quanto o paciente recebeu de dose.



## **4. PROCEDIMENTO TÉCNICO: HISTÓRICO DA MEDICINA NUCLEAR**

### **4.1 Introdução**

Nos últimos anos a evolução e o avanço dos métodos de diagnóstico por imagem permitiram aos serviços de saúde, de um lado, a implementação de novas tecnologias e do outro, como consequência, o aumento de custo no serviço prestado. A sociedade atualmente tem enfrentado desafios quanto à relação de utilização de métodos mais precisos e altos custos associados à utilização dessas novas tecnologias (SOARES JUNIOR, 2010).

O Sistema Único de Saúde (SUS) classifica os métodos de diagnóstico por imagem como medicina nuclear, ressonância magnética e tomografias computadorizada, como sendo procedimentos que envolvem alta tecnologia e alto custo (BRASIL, 1990). A medicina nuclear (MN) teve início com a descoberta da radioatividade natural em 1896, por Henri Becquerel, e de elementos radioativos em 1898 por Marie e Pierre Curie (ROBILOTTA, 2006; MARTINS, 2012). Hal Anger também foi de grande importância para a medicina nuclear, pois em 1958, desenvolveu o sistema de câmara de cintilação, e Paul Harper que introduziu como um marcador o radionuclídeo tecnécio-99m (MARTINS, 2012). A MN está embasada na obtenção de imagem com informações fisiológicas, através do uso de materiais radioativos (radioisótopos), que emitem a radiação gama ou beta e as mesmas são detectadas por uma câmara de cintilação (ANDRADE, 2007).

Segundo Pozzo (2014), no Brasil há 875 equipamentos de gama câmara, sendo 415 utilizadas em serviços de medicina nuclear, observa-se nítido domínio de empresas privadas, totalizando 91% enquanto que as públicas representam 9%. O SUS financia 50 tipos de exames na área da medicina nuclear, apenas no ano de 2012, foram realizados 392.264

exames. Dos 50 exames financiados, 7 entre eles são os mais realizados, totalizando 92,1% do total, entre eles está a cintilografia óssea.

A cintilografia óssea é realizada com o fármaco MDP (metilenodifosfato de sódio), marcado com  $^{99m}\text{Tc}$ . É baseado na detecção de área com alta ou baixa atividade, que indicam lesões ou doenças não neoplásicas. A imagem pode ser adquirida de 3 formas diferentes: estática, dinâmica ou corpo total (REIS, 2012). É o método mais utilizado na detecção de metástases ósseas (LEE, 2000).

#### **4.2 Medicina Nuclear (MN)**

A Medicina nuclear é uma especialidade médica de diagnóstico por imagem, que realiza os exames através do uso de radiofármacos (LYRA et al., 2011), podendo ser realizado o diagnóstico ou terapia, dependendo da emissão radioativa; a terapia é realizada em menor escala (WERLANG et al., 2009). A radiação utilizada para diagnóstico é a gama ( $\gamma$ ) e a alfa ( $\alpha$ ) e beta ( $\beta$ ) para terapias, a MN é baseado em medidas não invasivas, com fontes de radiação ionizante e detectores de radiação (DULLIUS, 2011).

Através da radiação emitida é possível diagnosticar muitas doenças precocemente, fator que torna a MN muito viável, pois muitas vezes alterações anatômicas aparecem em estágios já avançados (ROBILOTTA, 2006).

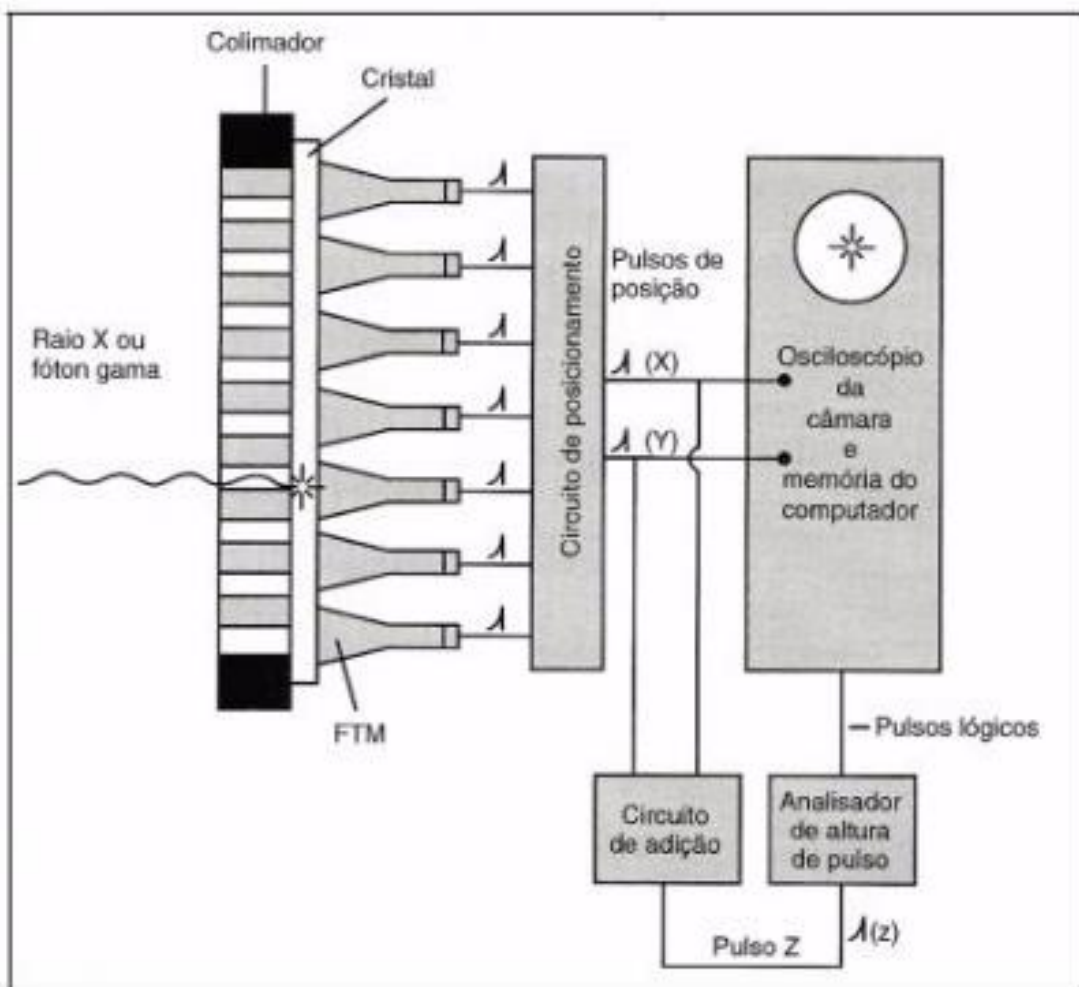
A MN está baseada na administração de radiofármaco, substância radioativa injetada no organismo vivo para obter imagens internas do organismo com distribuição espacial e temporal do radiofármaco (BONIFÁCIO, 2011). A imagem é formada através da detecção da radiação, proveniente do decaimento do radionuclídeo, que permite estudar a funcionalidade do órgão ou a detecção precoce de tumores (FERREIRA et al., 2011). A maioria dos radiofármacos são marcados com tecnécio-99m, o que possibilita o estudo de vários órgãos e funções (FARIA, 2010).

A cintilografia consiste no método de identificar a emissão de radiação e converter a radiação em luz, pode ocorrer de forma planar que consiste em imagens estática ou dinâmica, ou na forma de SPECT (tomografia por emissão de pósitron único) e PET (tomografia por emissão de pósitron). A câmara de cintilação ou gama câmara, em sua maioria, é composta por colimadores, cristal de cintilação, fotomultiplicadoras, circuito de posicionamento e altura do pulso (ZAIDI, 2006).

#### 4.2.1 Gama Câmara ou Câmara de cintilação

A câmara de cintilação Anger, também conhecida como Gama câmera, é o equipamento utilizado em medicina nuclear responsável pela formação das imagens estáticas e dinâmicas com uso de radioisótopos. Foi introduzida no mercado em 1964, desde então, passou por diversos avanços em parâmetros como o campo de visão, uniformidade, resolução espacial, resolução de energia e outros, no entanto, com relação ao sistema computacional, foram poucas alterações no que diz respeito aos princípios de aquisição de imagens. O sistema de aquisição de imagem da Gama Câmara tem como principais componentes um cristal cintilador de NaI (TI), um conjunto de tubos fotomultiplicadores, um arranjo eletrônico, sistema colimador e um circuito de posicionamento (ZANDONÁ, 2010) (Figura 2).

Figura 2. Componentes da Gama Câmara



Fonte: THRALL; ZIESSMAN, 2003

#### 4.2.2 Radionuclídeos e radiofármacos

Os radiofármacos são fármacos marcados com radionuclídeos, apresentando determinada função metabólica (CARVALHO, 2012). O fármaco é responsável pela distribuição do radiofármaco no organismo do paciente após a injeção, e pelo acúmulo de radionuclídeo no órgão de interesse. A captação da radiação pelo órgão deve ser específica para minimizar a irradiação de outros órgãos e proporcionar um melhor diagnóstico do órgão em estudo (EANM, 2009). A escolha do radionuclídeo para aplicação no diagnóstico ou terapia depende das suas características físicas como o tempo de meia vida física e radiação emitida. A energia para uma boa qualidade de imagem, para que a detecção seja satisfatória está entre 100 e 300 keV (SAHA, 1998).

A taxa de decaimento radioativo é determinada pela meia-vida ( $T_{1/2}$ ) do radionuclídeo, se esta for muito curta, a atividade poderá não ser o suficiente para aquisição de uma boa imagem, por outro lado, se for muito longa poderá haver a exposição excessiva do paciente à radiação (EANM, 2009).

Os radionuclídeos podem ser produzidos em geradores ou em aceleradores. O gerador baseia-se no princípio de que um radionuclídeo pai em decaimento irá originar um radionuclídeo filho. O radionuclídeo filho é removido por eluição com uma solução de cloreto de sódio (NaCl) 0,9%, que resultará no eluato, elemento utilizado para fazer a marcação dos fármacos. O gerador mais utilizado em MN é o gerador de molibdênio/tecnécio (SAHA, 2003).

O radionuclídeo mais utilizado na maioria dos exames em MN é o Tecnécio-99m ( $^{99m}\text{Tc}$ ), que é obtido pelo decaimento de Molibdênio-99, através de um gerador. O Molibdênio-99 possui meia-vida de 67 horas, e o  $^{99m}\text{Tc}$  tem um tempo de meia-vida de 6 horas, decaindo por transição isomérica para o  $^{99}\text{Tc}$ , com a emissão de um fóton  $\gamma$  de 140 KeV (SAHA, 1998).

Para que os radionuclídeos sejam viáveis para a MN, devem apresentar características como uma meia vida relativamente curta, porém o suficiente para aquisição da imagem, decaimento para isótopo estável, não emitir radiação  $\gamma$  de alta energia; ser disponível com alta atividade, porém específica para evitar o efeito tóxico ao paciente. Deve-se ter profundo conhecimento fisiológico do radionuclídeo, pois a substância utilizada deve possuir identidade funcional com as substâncias tumorais do organismo. O mesmo deve ocorrer na escolha do radiofármaco, pois depende do órgão ou função a ser estudada ou doença a ser tratada, é

necessário que o radiofármaco interaja com o organismo para a localização do mesmo na região de interesse (ZANDONÁ,2010).

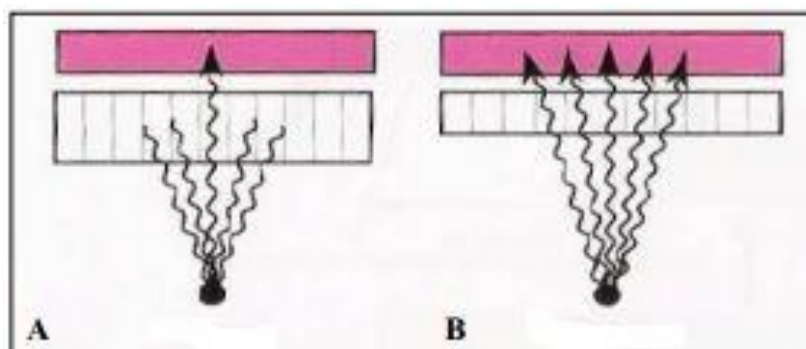
O radiofármaco mais utilizado para aquisição de imagem da cintilografia óssea é o MDP-Tc 99m, oferecendo contraste entre o tecido sadio e o doente. A captação do mesmo depende do fluxo sanguíneo local e atividade osteoblástica.

Os radionuclídeos emitem radiação através do decaimento radioativo, que consiste em um processo espontâneo, que torna após a emissão de raio gama, um núcleo instável em estável. Os radionuclídeos úteis na MN são os que emitem raios gama, por transição isomérica ou captura eletrônica, pois a dose no paciente é menor do que os que decaem por partículas alfa e beta (BONIFÁCIO, 2011).

#### 4.2.3 Formação da imagem

O colimador é composto por chumbo, com espessuras variáveis que contém septos entre os orifícios, os septos apresentam espessura variável, sensibilidade e resolução diferentes de acordo com a energia do radionuclídeo utilizado. Para radionuclídeos de baixa energia se utiliza colimador de baixa energia com septos menores, para os de alta energia utiliza colimador de alta energia que apresenta septos mais longos e de maior espessura. O colimador funciona como um filtro de fótons incidentes, apenas fótons perpendiculares ao cristal passam pelo orifício e são detectados pelo cristal cintilador (Figura 3). As características do colimador influenciam na resolução espacial e sensibilidade da gama câmara. Existem dois tipos de colimadores os convergentes (pinhole) e os divergentes (multi-orifício). Os colimadores divergentes com orifícios paralelos são os mais utilizados (FARIA, 2010).

Figura 3. Colimador de orifício paralelo



Fonte: adaptado de FARIA, 2010. A) colimador com septos longos, menos radiação espalhada atinge o cristal. B) colimador com septos curtos, mais radiação espalhada atinge o cristal.

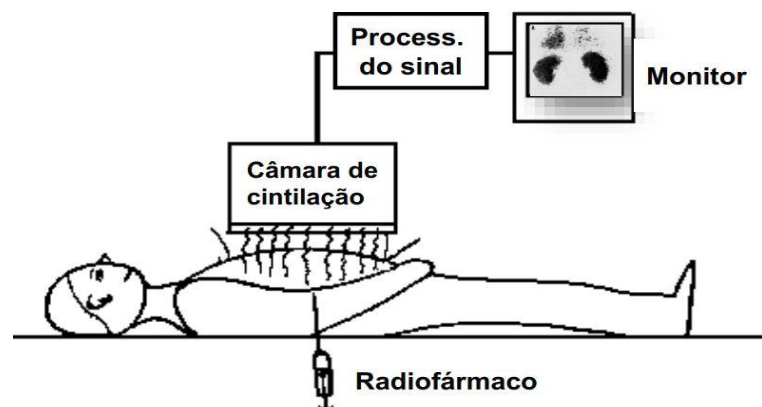
O cristal de cintilação detecta a radiação proveniente do paciente após passar pelo colimador. Essa radiação que atinge o cintilador é transformada em luz visível.

As fotomultiplicadoras são dispositivos que convertem luz visível em sinal elétrico. São constituídas por uma janela de entrada, por fotocátodo, multiplicador de elétrons e um ânodo. A luz passa pela janela e excita os elétrons do fotocátodo e emite fotoelétrons, que serão acelerados pelos dinodos. Os elétrons gerados pelo dinodo serão coletados pelo ânodo e irão gerar a corrente de saída da fotomultiplicadora (FARIA, 2010).

O circuito de posicionamento soma todos os sinais de saída (x, y e z) que estão relacionados com a energia.

O analisador da altura de pulso está relacionado ao uso de sistema de contagem de cintilação para obter um espectro de energia de uma fonte de radiação. O analisador seleciona os pulsos z que correspondem a janela de energia, permitindo diferenciar os eventos ocorridos no cristal que serão utilizados e os que serão rejeitados. As imagens formadas (Figura 4) resultam de cintilações, que apresentam determinada energia proveniente do radionuclídeo (FARIA, 2010).

Figura 4. Processo de formação da imagem



Fonte: REBELO, 2016.

### 4.3 Cintilografia Óssea no Câncer de Próstata

Nas sociedades orientais, a expectativa de vida tem aumentado, e um grande e crescente problema de saúde pública tem sido o Câncer (CA) de Próstata, que é uma doença característica do sexo masculino em idade avançada. Nos Estados Unidos, no ano de 2002, supõe-se que foram diagnosticados 189.000 novos casos e mais de 30.000 homens morreram devido a esta patologia. As taxas de morbidade e mortalidade relacionadas ao CA de próstata

avanzado, tem comprometimento direto ou indireto a metástases ósseas, incluindo dor óssea, fraturas e imobilidade. Em uma análise de autópsias de pacientes que foram a óbito com CA avanzado, de 80 a 90% apresentavam metástase óssea (CLARK, 2003).

A cintilografia óssea se encontra entre os exames mais realizados na medicina nuclear. Este método se tornou importante na investigação de distúrbios esqueléticos, indicando alterações metabólicas produzidas pela modificação da vascularização do osso e na atividade osteoblástica (PRETTI, 2011), é o método mais indicado na detecção de metástases ósseas (LEE, 2000), pois a região mais comum de disseminação do CA de próstata é o osso, as áreas que apresentam concentração aumentada do radiofármaco, são consideradas metástases (RIGAUD, 2002), a presença ou ausência da mesma é um dado primordial na tomada de decisão do tratamento. Os métodos não invasivos são de grande importância na detecção de metástases, que é a fase mais importante do estadiamento (LEE, 2000). Pacientes que apresentam CA de próstata e desenvolvem metástases, 50% vão a óbito em um período de 3 meses (RIGAUD, 2002).

Uma grande vantagem da cintilografia óssea é poder visibilizar ao mesmo tempo, as metástases do esqueleto total, em apenas um estudo, além de identificar as lesões que causam sintomas e avaliar áreas com risco potencial de fraturas (ABREU, 2005).

#### **4.3.1 Protocolo**

##### Cintilografia Óssea

Para realização do exame o paciente deve estar hidratado. O exame é realizado em decúbito dorsal, paciente imobilizado com uma faixa na região do abdome prendendo os braços ao longo do corpo. É realizado com o MDP-<sup>99m</sup>Tc e a dose de 30 mCi para 70 Kg, o tempo depende do protocolo a ser utilizado.

Varredura de corpo total: é realizada da cabeça aos pés (corpo total). Faz aquisição de imagem após 3 horas da injeção do radiofármaco (MDP-<sup>99m</sup>Tc). Tem duração de 20 minutos. Os detectores ficam de lado opostos. Detector 1 adquire imagem anterior (0°) e detector 2 adquire imagem posterior (180°).

Segmentar: é realizada imagem estática de uma determinada região, como por exemplo, em caso de pacientes com suspeita de câncer de mama ou próstata, e para pacientes que não cabem na mesa de exame. Pacientes com suspeita de câncer realiza a varredura de corpo total mais a estática da região de interesse. Se a segmentar for de corpo total o tempo será maior que 20 minutos.

Trifásica: é realizada em casos de pacientes com infecções, inflamações ou dor local, sendo em 3 fases: 1ª fase é de fluxo, logo após a injeção adquire a imagem; 2ª fase é de equilíbrio, após 5 minutos da injeção adquire a imagem; 3ª fase é de varredura completa, após 3hs da injeção.

#### **4.4 Resultados**

Embora os exames de diagnóstico por imagem realizados na MN não apresentem qualidade de imagem, pois são imagens granuladas, os exames apresentam resultados fisiológicos e morfológicos que outros exames de alta qualidade não são capazes de fornecer, estes resultados são concedidos através do uso de fármacos que possuem uma atividade específica em cada órgão.

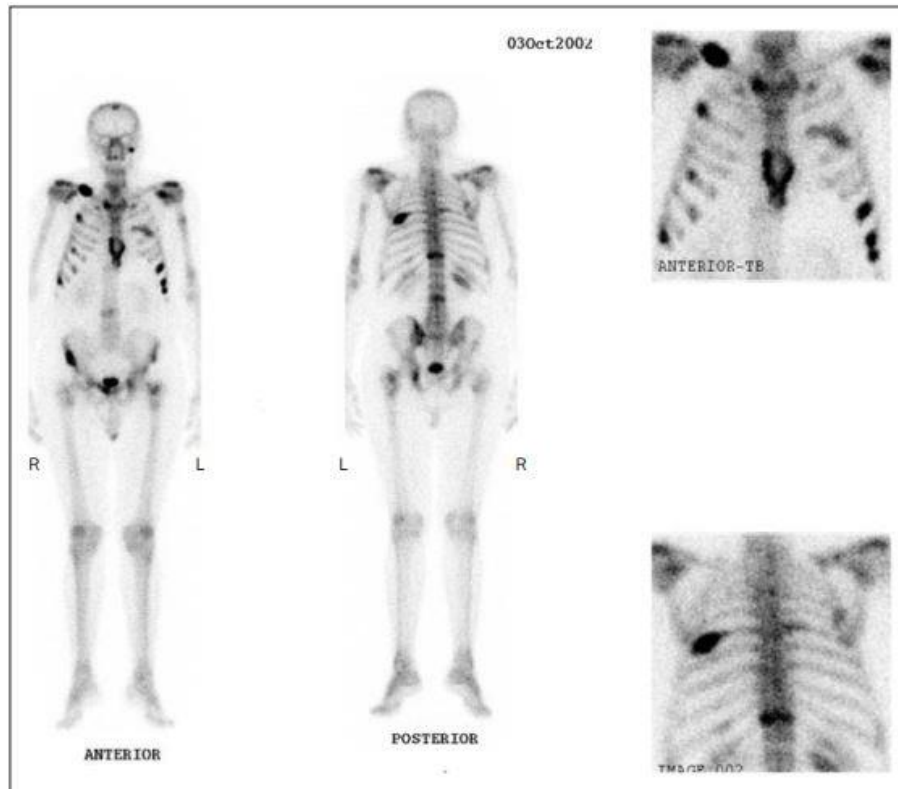
Além dos resultados oferecidos, possibilita analisar o esqueleto ósseo de corpo total ou segmentar, desta forma apresenta grande importância para diagnóstico de metástases (Figura 5). Este exame é capaz de identificar áreas com risco de fraturas, fraturas por estresse, atividade osteoblástica, acompanhamento de dor localizada, doenças ósseas, metástase óssea, entre outros. Dentre estes a maior indicação do exame é para rastreamento de metástases ósseas, o referido exame é solicitado como complemento para os casos de câncer de mama e de próstata, pois os mesmos causam metástase no osso.

As metástases ósseas são analisadas através dos chamados pontos quentes (local onde houve maior captação do radiofármaco utilizado), esta região aparece preta na imagem de cintilografia, como mostra a figura 5. Porém, nem sempre um ponto quente será causa de metástases, pois fraturas e traumas físicos também podem causar esses pontos.

Para realização do exame citado, é utilizado o fármaco MDP, pois possui um componente que é captado pelas células sanguíneas, a captação depende do fluxo sanguíneo local e da atividade osteoblástica.



Figura 5: Cintilografia óssea com metástase em paciente com câncer de próstata



Fonte: ABREU, 2005.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A implementação de 240 horas de aula prática na grade curricular do curso de Tecnólogo em Radiologia, possibilitou a ampliação da visão das atividades desenvolvidas no setor de Medicina Nuclear pelo graduando. A rotina desse setor está baseada no uso de radiação ionizante utilizada para terapia e diagnóstico de doenças. São utilizadas dois tipos de radiação na rotina do setor, raios gama para diagnóstico e raio beta para terapia, a maioria dos procedimentos no setor são de diagnósticos, e quando utiliza-se a terapia são para os casos de alteração na tireoide.

A rotina do setor apresenta diferenças quanto a realização dos exames, pois no período da manhã é realizada uma quantidade muito superior de exames quando comparado com o período da tarde, além dos exames realizados pela manhã serem mais diversificados do que no período da tarde, neste observa-se sempre os mesmos exames. Em 21 dias de aula prática no período da tarde, apenas 1 dia foi possível observar exame fora da rotina do período exposto. Esta diferença está relacionada com a atividade do gerador, pois no início do dia o gerador está com maior atividade e a mesma vai decaindo, ficando assim com menor atividade no final do dia, quanto aos dias da semana, no início da semana o gerador tem alta atividade e no final da semana a atividade se encontra baixa, este fato explica o motivo de ter mais exames no começo da semana.

O exame mais realizado no setor é a cintilografia de perfusão do miocárdio, que é realizada em dois dias, todas as segundas e terças feiras. O setor de MN apresenta meios necessários para atender os pacientes que necessitam do serviço prestado, contudo é possível apontar inúmeras falhas, tais como aparelho novo com mau funcionamento, erros estruturais de edificação, armazenamento incorreto de resíduos radioativos, sala quente mal planejada,

negligencia na realização dos testes de marcação dos radiofármacos. Este último é justificado pelo seguinte argumento: “O Hospital não possui verba para manter os testes diariamente”.

Quanto a proteção do setor em relação à radiação, é algo que deve ter maior atenção e ser melhor esclarecido dentro do próprio setor, pois nem mesmo os funcionários do setor tem conhecimento quanto a blindagem das paredes; já houve caso de contaminação no setor recentemente por imprudência do funcionário ou falta de treinamento; funcionários que permanecem na sala quente por muito tempo esclarecendo dúvidas quando estão com os alunos de aula pratica; funcionários que não fazem uso correto de proteção individual como, por exemplo, não utilizar os acessórios necessários para manipulação dos radiofármacos; pacientes injetados que aguardam do lado de fora do setor ao invés de aguardar na sala destinada par tal situação; responsável pelo setor que permite seus funcionários trabalharem de forma inadequada por imprudência dos mesmos ou até mesmo pelas condições de trabalho que lhe é oferecida, por exemplo, a sala quente mal planejada. Todos esses pontos para regularização do local são desconsiderados em virtude dos benefícios que o setor pode proporcionar ao paciente.

O período de estágio foi o suficiente para conhecer as atribuições do Técnico em Radiologia no setor de medicina nuclear, assim como a rotina. Para além, essa experiência tem relevada importância no aprimoramento entre conhecimento prático e a teoria apresentada em sala de aula. Os funcionários do setor foram muito eficientes nos esclarecimentos das dúvidas apresentadas pelo graduando. Porém, o setor não permite aos alunos de aula pratica, contato com paciente no momento de posicionamento e aquisição de imagem, os mesmos ficam apenas observando as condutas tomadas pelos funcionários e tem oportunidade para esclarecer dúvidas. Dessa forma, os alunos de aula pratica, atuam apenas em atividades como fechamento da sala quente e monitoração de área.

## REFERÊNCIA

- ABREU, B. A, L, et al. Cintilografia óssea no câncer de próstata. **Radiol Bras.** v. 38, n. 5, p. 365-369, 2005.
- ANDRADE, M. A. **Desenvolvimento de um plugin java para reconstrução tomográfica em SPECT.** 2007. 96f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Faculdade de Engenharia, PUCRS, Porto Alegre, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria Nacional de Assistência à Saúde. **ABC do SUS – Doutrinas e princípios.** Brasília, DF, 1990.
- BONIFÁCIO, D, A. B. **Modelagem de sistema de detecção para mamografia por emissão de pósitrons utilizando detectores cintiladores monolíticos.** São Paulo: USP, 2011. 118f. Tese (Doutorado Física) - Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Departamento de Física Nuclear /IPEN, 2011.
- CARVALHO, L. G. **Desenvolvimento do radiofármaco <sup>18</sup>F-acetato par detecção de tumores primários através do PET/CT.** São Paulo: USP, 2011. 100f. Dissertação (Mestrado Tecnologia Nuclear) Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, São Paulo, 2012.
- CLARK, P. E, TORTI, F. M. Prostate cancer and bone metastases: medical treatment. **Clinical orthopaedics and related research**, v. 415, p. S148-S157, 2003.
- FARIA, D. A. B. **Segmentação, Reconstrução e Quantificação 3D de Estruturas em Imagens Médicas – Aplicação em Imagem Funcional e Metabólica.** Porto: 2010.76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- JUNIOR, J. S, et al. Lista de Recomendações do Exame PET/CT com 18F-FDG em Oncologia. Consenso entre a Sociedade Brasileira de Cancerologia e a Sociedade Brasileira de Biologia, Medicina Nuclear e Imagem molecular. **Radiol. Bras.** v. 43, n.4, p:255–259, 2010.
- LEE N, et al. Which patients with newly diagnosed prostate cancer need a radio-nuclide bone scan? An analysis based on 631 patients. **Int J Radiat Oncol Biol Phys.** v. 48, p. 1443–1446, 2000.
- MARTINS, P. A. **Desenvolvimento de método para separação química de gálio-67 pela técnica de difusão térmica.** São Paulo: USP, 2011. 117f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, 2012.
- PRETTI, V. **Avaliação cintilográfica da regeneração óssea pós cirúrgica em coelhos.** São Carlos: USP, 2011. 118f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Universidade de São Paulo, Interunidades em Bioengenharia, 2011.
- POZZO, L, et al. O SUS na medicina nuclear do Brasil: avaliação e comparação dos dados fornecidos pelo Datasus e CNEN. **Radiol. Bras.** v. 47, n.3, p.141–148, 2014.

REBELO, M. S. **Princípios de aquisição de imagens em medicina nuclear**. Serviço de informática, Incor-hcfmusp, agosto, 2016.

REIS, A. R. R. **Aquisição, Processamento e Análise de Imagens de Medicina Nuclear**. Relatório de Estágio Profissional Mestrado em Engenharia Biomédica e Biofísica Engenharia Clínica e Instrumentação Médica, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Departamento de Física, 2012.

RIGAUD, J, et al. Prognostic value of bone scan in patients with metastatic prostate cancer treated initially with androgen deprivation therapy. **The Journal of urology**, v. 168, n. 4, p. 1423-1426, 2002.

ROBILOTTA, C. C. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. **Ver. Panam Salud Publica**. v. 20, p. 134-142, 2006.

SAHA, Gopal B. Nuclear Pharmacy. In: **Fundamentals of Nuclear Pharmacy**. Springer New York, 1998. p. 173-188.

THRALL, J. H.; ZIESSMAN, H. A. **Medicina Nuclear**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.

VIDAL, S. C. **Desenvolvimento de um método de obtenção do radiofármaco macro-agregado de albumina para marcação com  $^{99m}\text{Tc}$  e aplicação em medicina nuclear**. Porto alegre: PUCRS, 2015. 23f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Farmacêutica) - Faculdade de Farmácia da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Interunidades em Bioengenharia, 2011.

ZANDONÁ, E. A. **Gama câmara CZT: alteração de paradigmas na aquisição de imagens de medicina nuclear**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Física Médica) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 2010.