

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA



**OPTIMIZAÇÃO FUNCIONAL E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS
DE RADIOPROTECÇÃO NO ICNAS**

Teresa Alexandra Alcide de Almeida

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

2009

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA



**OPTIMIZAÇÃO FUNCIONAL E AVALIAÇÃO DE ASPECTOS
DE RADIOPROTECÇÃO NO ICNAS**

Teresa Alexandra Alcide de Almeida

Tese orientada por:

Professor Doutor Nuno Ferreira
Faculdade de Medicina

Professor Doutor J.J. Pedroso Lima
Faculdade de Medicina

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA

2009

Aos meus pais, Ernesto e Teresa

Ao Michel

Agradecimentos

Durante este ano foram muitas as pessoas importantes para mim, pela confiança e apoio que me dedicaram. Neste sentido gostaria de agradecer especialmente:

- aos meus orientadores, Prof. Doutor Nuno Ferreira e Prof. Doutor João José Pedroso de Lima, por confiarem em mim e no meu trabalho desde o início e pelas suas breves, mas doudas indicações. Estou grata pela liberdade de acção que me permitiram, decisiva na contribuição deste trabalho para o meu desenvolvimento pessoal e profissional;
- ao Prof. Dr. Adriano Rodrigues, director do Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde, pela autorização cedida para a realização deste estudo;
- ao Prof. Doutor Francisco Alves e à Dr.^a Carina Guerreiro pelo incentivo amigo;
- à Dr.^a Maria Eugénia Rovira, aos técnicos de Medicina Nuclear, à técnica de Análises Clínicas e ao pessoal administrativo pelo precioso tempo que prescindiram para responder a questionários, ainda que informais, e pelo apreço demonstrado pelo sucesso do estudo;
- aos professores que me transmitiram o interesse por este tema e me apoiaram na escolha, Prof.^a Doutora Ana Cristina Santos e Prof. Doutor Miguel Morgado;
- à minha família e amigos pelo incentivo, tempo e sorriso que me dedicaram;
- a todos aqueles que de uma forma ou outra me ajudaram durante este ano.

Por último, os maiores, mais profundos e sentidos agradecimentos aos meus pais pelo amor, alegria e atenção sem reservas e ao meu namorado pelo inestimável apoio e por tudo o que representa para mim.

Resumo

As unidades de Medicina Nuclear para além de respeitar as características de unidades prestadoras de cuidados de saúde devem satisfazer alguns requisitos especiais relativos ao seu desenho, estrutura e gestão operacional. Estes requisitos estão relacionados principalmente com exigências próprias de protecção e segurança radiológica e funcionalidades específicas do serviço.

A optimização funcional do Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde surge no âmbito da prestação de cuidados de saúde à comunidade. O serviço de Medicina Nuclear Convencional, por ser o único em pleno funcionamento, constituiu o alvo do estudo de optimização.

Para a optimização de processos foi aplicado o modelo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) que consiste num procedimento “passo-a-passo” para atingir uma meta do tipo Seis Sigma.

Os processos seguidos foram os exames de Medicina Nuclear Convencional realizados com maior frequência no serviço: a cintigrafia de perfusão do miocárdio, o renograma, a cintigrafia renal, a cintigrafia óssea, a cintigrafia da tiróide e a densitometria óssea. O acompanhamento destes processos, desde a admissão do doente no serviço até ao envio dos resultados do exame ao destinatário final, permitiu a elaboração de um conjunto de sugestões que visa a optimização funcional do serviço.

A avaliação de aspectos de radioprotecção do ICNAS é positiva. Esta prende-se sobretudo com as principais questões de radioprotecção e mecanismos de segurança inerentes ao correcto funcionamento dos equipamentos.

Para complementar o processo de implementação de uma cultura de segurança eficaz e de boas práticas em Medicina Nuclear, bem como para um melhor funcionamento do Serviço, foi elaborado um conjunto de recomendações.

Abstract

Nuclear Medicine services should meet certain requirements regarding their design, structure and operational management, besides respecting the characteristics of health care providing units. These requirements are mainly related to specific requisites of radiation protection, safety and other aspects related with the good functioning of the provided service.

The functional optimization of the *Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde* (ICNAS) arises as a result of the health care service provided to the community. The Service of Conventional Nuclear Medicine, being the only fully operational at the time of this work, was the main target of the optimization task. For the process optimization, the DMAIC model (Define, Measure, Analyze, Implement and Control) was applied. This is a step-by-step procedure having as goal a Six Sigma like characteristic.

The most frequent Conventional Nuclear Medicine examinations in ICNAS were followed during the project: myocardial perfusion scintigraphy, renogram, renal cintigraphy, bone scintigraphy, thyroid scintigraphy and bone densitometry. These processes were followed from the patient admission in the service until the sending of the test results to the final receiver, allowing the elaboration of a set of suggestions aimed for the functional optimization of the service.

The evaluation of the radioprotection features in ICNAS is globally positive, mostly in what concerns the major issues of radioprotection and security mechanisms inherent to the correct functioning of the equipment.

To complement the process of implementing an effective culture of safety and good practices in Nuclear Medicine and to improve the operation of the service, a set of recommendations was elaborated.

Lista de abreviaturas e siglas

^{111}In	111-Índio
^{11}C	11-Carbono
^{131}I	131-Iodo
^{13}N	13-Azoto
^{14}N	13-Azoto
^{15}O	15-Oxigénio
^{16}O	16-Oxigénio
^{18}F	18-Flúor
^{18}O	18-Oxigénio
^{201}Tl	201-Tálio
^{67}Ga	67-Gálio
6σ	Seis Sigma
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	99m-Tecnécio
$^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$	Ião pertecnetato
ADN	Ácido desoxirribonucleico
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
CE	Captura Electrónica
Cint.	Cintigrafia
CQ	Controlo de Qualidade
CT	Tomografia Computorizada
CTX	Crítico Para X
CWS	Contained Work Station
DMAIC	Definir Medir Analisar Implementar Controlar

DTPA	Ácido dietilenotriaminopentacético
EANM	European Association of Nuclear Medicine
EURATOM	European Atomic Energy Community
FDG	¹⁸ F-fluoro-deoxiglicose
GM	Geiger-Müller
GMP	Boas Práticas de Produção
HDP	Hidroximetilenodifosfonato
ICNAS	Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde
ICRP	International Commission on Radiation Protection
keV	kiloelectrão-Volt
LOR	Line of response
MAA	Macroagregados de albumina
MAG3	Mercaptoacetiltriglicina
MBq	MegaBecquerel
mCi	miliCurie
MeV	Megaelectrão-Volt
MIBG	Meta-iodobenzilguanidina
MN	Medicina Nuclear
MNC	Medicina Nuclear Convencional
MRI	Imagiologia por Ressonância Magnética
mSv	miliSievert
mSv/ano	miliSievert por ano
n	Neutrão
Na ^{99m} TcO ₄	Pertecnetato de sódio
NCRP	National Council on Radiation Protection and Measurement
nSv/h	nanoSievert por hora
p	Protão
PCS	Prestador de Cuidados de Saúde
PET*	Tomografia por Emissão de Positrões
SPECT*	Tomografia Computorizada por Emissão de Fóton Único
T _{1/2}	Tempo de meia-vida

TI	Transição isomérica
TLD	Termoluminescentes
TPE	Trabalhadores Profissionalmente Expostos
β^+	Positrão ou beta positivo
α	Alfa
β	Beta
γ	Gama
$\mu\text{Sv/h}$	microSievert por hora

Índice

AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XI
ÍNDICE.....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XXI
ÍNDICE DE TABELAS	XXIII

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO	1
1.1. O Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde (ICNAS)	2
1.2. Motivação	3
1.3. A única unidade de ciclotrão pública em Portugal.....	3
1.4. Objectivos	4
1.5. Estrutura	5

CAPÍTULO 2

PROTECÇÃO CONTRA RADIAÇÕES.....	7
2.1. A radiação	8
2.1.1. Decaimento alfa (α)	8
2.1.2. Decaimento beta negativo (β^-).....	9
2.1.3. Decaimento beta positivo (β^+).....	9
2.1.4. Captura electrónica	10
2.1.5. Emissão gama (γ).....	10

2.1.6.	Conversão interna (CI).....	11
2.1.7.	Lei do decaimento radioactivo	12
2.1.8.	Tempo de meia-vida de um radionuclídeo ($T_{1/2}$).....	12
2.2.	Efeitos biológicos da radiação	13
2.3.	Princípios e critérios de radioprotecção	13
2.4.	Limites de exposição à radiação	15

CAPÍTULO 3

MEDICINA NUCLEAR..... 17

3.1.	O princípio da Medicina Nuclear (MN)	17
3.1.1.	Os traçadores radioactivos.....	19
3.2.	Tomografia por Emissão de Positrões (PET)	19
3.3.	Medicina Nuclear Convencional (MNC)	20
3.3.1.	Principais procedimentos de diagnóstico em MNC.....	21
3.3.1.1.	Cintigrafia de perfusão do miocárdio	22
a.	Cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl	23
b.	Cintigrafia de perfusão do miocárdio com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi	25
3.3.1.2.	Renograma.....	26
3.3.1.3.	Cintigrafia renal.....	27
3.3.1.4.	Cintigrafia óssea.....	28
3.3.1.5.	Cintigrafia da tiróide	30
3.3.1.6.	Densitometria óssea	31
3.3.1.4.	Outros exames realizados em MNC.....	32

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA SEIS SIGMA..... 33

4.1.	Implementação da metodologia Seis Sigma	34
4.2.	Modelo DMAIC.....	34

CAPÍTULO 5

ICNAS: INSTALAÇÕES E EQUIPAMENTO..... 37

5.1.	Piso -2	38
5.1.1.	Ciclotrão	40

5.1.2.	Células Blindadas.....	40
5.1.2.1.	Laboratório de radiofarmácia 1	41
5.1.2.2.	Laboratório de radiofarmácia 2	41
5.2.	Piso -1	42
5.2.1.	Tomógrafo PET-CT.....	43
5.3.	Piso 0	43
5.3.1.	Câmaras gama	45
5.3.2.	Densitómetro	46
5.4.	Piso 1	46
5.5.	Radioprotecção no ICNAS.....	47
5.5.1.	Rede de detectores	47
5.5.1.1.	Descrição do equipamento	47
5.5.1.2.	Instalação do equipamento	49

CAPÍTULO 6

OPTIMIZAÇÃO FUNCIONAL DO SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR CONVENCIONAL DO ICNAS..... 51

6.1.	Apresentação do Serviço.....	51
6.2.	Aplicação do modelo DMAIC.....	52
6.2.1.	Fase D - Definição	53
6.2.1.1.	1ª Etapa do Processo: A admissão	57
6.1.1.1.	2ª Etapa do Processo: A realização do exame	58
6.1.1.1.1.	Cintigrafia de perfusão do miocárdio	58
6.2.1.2.2.	Renograma.....	63
6.2.1.2.3.	Cintigrafia renal	64
6.2.1.2.4.	Cintigrafia Óssea	66
6.2.1.2.5.	Cintigrafia da tiróide	68
6.2.1.2.6.	Densitometria óssea	70
6.2.1.3.	3ª Etapa do Processo: Do processamento de exames ao envio de resultados	72
6.2.1.3.2.	Posterior à 2ª Etapa excepto para a densitometria óssea.....	72
6.2.1.3.3.	Posterior à 2ª Etapa do exame de densitometria óssea.....	74
6.2.2.	Fase M - Medição	76
6.2.2.2.	Recolha de dados referente à 1ª Etapa do Processo – A admissão	77
6.2.2.3.	Recolha de dados referente à 2ª Etapa do Processo – A realização do exame	77

6.2.2.3.2.	Cintigrafia de perfusão do miocárdio	78
6.2.2.3.3.	Renograma e cintigrafias renal, óssea e da tiróide.....	79
6.2.2.3.4.	Densitometria óssea	80
6.2.2.4.	Recolha de dados referente à 3ª Etapa do Processo – Do processamento de exames ao envio de resultados.....	81
6.2.3.	Fase A – Análise	81
6.2.3.2.	Análise de dados referentes à 1ª e 2ª Etapas do Processo.....	82
6.2.3.2.1.	Cintigrafia de perfusão do miocárdio	82
6.2.3.2.2.	Renograma.....	90
6.2.3.2.3.	Cintigrafia Renal.....	92
6.2.3.2.4.	Cintigrafia óssea.....	94
6.2.3.2.5.	Cintigrafia da tiróide	96
6.2.3.2.6.	Densitometria óssea	99
6.2.3.3.	Análise de dados referentes à 3ª Etapa do Processo.....	101
6.2.4.	Fase I – Implementação de soluções.....	102
6.2.5.	Fase C – Controlo.....	109

CAPÍTULO 7

AVALIAÇÃO DE ASPECTOS DE RADIOPROTECÇÃO NO ICNAS..... 111

7.1.	Planeamento das instalações	112
7.2.	O ciclotrão e os laboratórios de radiofarmácia (piso -2)	113
7.3.	Dosimetria de área.....	115
7.4.	Aspectos gerais	115
7.5.	Considerações relativas a aspectos de radioprotecção.....	118

CAPÍTULO 8

RECOMENDAÇÕES..... 121

8.1.	Funcionamento do serviço	121
8.2.	Formação	122
8.3.	Regras gerais para o manuseamento seguro de substâncias radioactivas	123
8.4.	Procedimentos em radiofarmácia	124
8.5.	Monitorização de área	125
8.6.	Controlo de qualidade e manutenção de equipamentos.....	126
8.7.	Controlo de qualidade de radiofármacos	127
8.8.	Trabalhadores profissionalmente expostos.....	128

8.10. O doente	129
8.10.1. Identificação do doente.....	129
8.10.2. Gravidez e aleitamento	129
8.10.3. Preparação e posicionamento do doente	130

CAPÍTULO 9

DISCUSSÃO..... 133

9.1. Considerações gerais	133
9.2. Optimização funcional do Serviço de Medicina Nuclear Convencional do ICNAS	134
9.2.1. Representatividade de amostra	134
9.2.2. Considerações relativas à 1ª Etapa do Processo – A admissão	134
9.2.3. Considerações relativas à 2ª Etapa do Processo – A realização do exame	135
9.2.3.1. Análise estatística da 1ª e 2ª Etapas do Processo.....	136
9.2.4. Considerações relativas à 3ª Etapa do Processo: <i>Do processamento de exames ao envio de resultados</i>	138
9.3. Índices de produtividade	139
9.4. Avaliação de aspectos de radioproteção no ICNAS	139
9.5. Recomendações	140

CAPÍTULO 10

CONCLUSÃO..... 141

10.1. Trabalho futuro	143
------------------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA 145

ANEXO I

DESCRIÇÃO DETALHADA DOS PROCESSOS..... 147

1. 2ª Etapa do Processo: A realização do exame	147
1.1. Cintigrafia de Perfunção do Miocárdio.....	147
a. Cintigrafia de Perfunção do Miocárdio com ²⁰¹ Tl	147
b. Cintigrafia de perfunção do miocárdio com ^{99m} Tc-Sestamibi	149
1.2. Renograma	152
1.3. Cintigrafia renal	153
1.4. Cintigrafia óssea	155

1.5.	Cintigrafia da tiróide.....	157
1.6.	Densitometria óssea.....	159
2.	3ª Etapa do Processo: Do processamento de exames ao envio de resultados.....	160
2.1.	Posterior à 2ª Etapa do Processo excepto para a densitometria óssea	160
2.2.	Posterior ao exame de densitometria óssea	161

Índice de Figuras

Figura 1: Decaimento alfa (retirada de [7]).	9
Figura 2: Decaimento radioactivo (adaptada de [7]).	11
Figura 3: Possíveis efeitos da exposição a radiação ionizante (retirado de [11]).	13
Figura 4: Controlo do tempo de exposição (retirada de [16]).	14
Figura 5: Controlo da distância à fonte radioactiva (retirada de [16]).	14
Figura 6: Utilização de blindagens adequadas (retirada de [16]).	15
Figura 7: Representação esquemática dos limites anuais de dose efectiva permitidos.	16
Figura 8: Representação esquemática das técnicas e métodos de imagem utilizados em Medicina Nuclear.	18
Figura 9: Legenda de pictogramas utilizados nas representações esquemáticas referentes aos principais procedimentos de diagnóstico em MNC das Figuras 10 a 17 (adaptado de [21]).	22
Figura 10: Representação esquemática da realização da cintigrafia de perfusão do miocárdio utilizando ²⁰¹ Tl (inclui SPECT em esforço e em repouso) (adaptado de [21]).	24
Figura 11: Representação esquemática da realização da cintigrafia de perfusão do miocárdio em repouso [adaptado de [21]].	26
Figura 12: Representação esquemática da realização da cintigrafia de perfusão do miocárdio em esforço (adaptado de [21]).	26
Figura 13: Representação esquemática da realização do renograma (adaptado de [21]).	27
Figura 14: Representação esquemática da realização da cintigrafia renal (adaptado de [21]).	28
Figura 15: Representação esquemática de procedimentos envolvidos na realização da cintigrafia óssea (adaptado de [21]).	29
Figura 16: Representação esquemática da realização da cintigrafia da tiróide (adaptado de [21]).	30
Figura 17: Representação esquemática da realização prática da densitometria óssea (retirado de [21]).	31
Figura 18: Representação esquemática da sequência de etapas do Modelo DMAIC.	35
Figura 19: Planta do piso -2.	38
Figura 20: Planta do piso -1.	42
Figura 21: Planta do piso 0.	44
Figura 22: Planta do piso 1.	46
Figura 23: Representação esquemática da localização dos monitores de área e respectivas unidades de leitura e alarme no: a. piso -2; b. piso -1; c. piso 0 e d. piso 1.	49

Figura 24: Percentagem relativa dos exames realizados em Fevereiro de 2009.	53
Figura 25: Legenda referente ao mapeamento de fluxos de trabalho (Figuras 26 à 35).....	56
Figura 26: Mapa do fluxo de trabalho referente à 1ª Parte do Processo, comum aos seis exames.....	57
Figura 27: Mapa fluxo de trabalho relativo à cintigrafia de perfusão do miocárdio com ²⁰¹ Tl	61
Figura 28: Mapa de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m} Tc-Sestamibi	62
Figura 29: Mapa de fluxo de trabalho relativo ao renograma.	63
Figura 30: Mapa de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia renal.	65
Figura 31: Mapa de fluxo de trabalho referente à cintigrafia óssea.....	67
Figura 32: Mapa de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia da tiróide.....	69
Figura 33: Mapa de fluxo de trabalho relativo à densitometria óssea.....	71
Figura 34: Mapa de fluxo de trabalho relativo à 3ª Etapa para todos os exames excepto a densitometria óssea.	73
Figura 35: Mapa de fluxo de trabalho relativo à 3ª etapa: do processamento ao envio do exame de densitometria óssea.	75
Figura 36: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma cintigrafia de perfusão do miocárdio com ²⁰¹ Tl.	85
Figura 37: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m} Tc-Sestamibi.	89
Figura 38: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de um renograma.	91
Figura 39: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma cintigrafia renal.....	94
Figura 40: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma cintigrafia óssea.	96
Figura 41: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma cintigrafia da tiróide.....	98
Figura 42: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma densitometria óssea.....	100
Figura 43: Gráfico referente à morosidade de envio dos resultados de exames realizados no serviço de MNC do ICNAS	102
Figura 44: Gráficos que ilustram a diferença entre a hora de admissão do doente e a hora marcada para o início da realização do exame.	138

Índice de Tabelas

Tabela 1: Características dos radionuclídeos de uso comum em MNC (adaptado de [8]).	12
Tabela 2: Limites de dos e para trabalhadores profissionalmente expostos e para membros do público em geral.	16
Tabela 3: Características dos radionuclídeos produzidos no ciclotrão do ICNAS (adaptado de [19]).	20
Tabela 4: Exemplos de outros exames realizados num serviço de MNC [28].	32
Tabela 5: Câmaras gama presentes no ICNAS.	45
Tabela 6: Dados relativos aos exames realizados em Fevereiro de 2009.	53
Tabela 7: Tarefas passíveis de eliminação ou minimização referentes à admissão do doente.	58
Tabela 8: Tarefas passíveis de futura eliminação ou minimização no processo referente à cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl .	59
Tabela 9: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à cintigrafia de perfusão do miocárdio com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi.	60
Tabela 10: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes ao renograma.	64
Tabela 11: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à cintigrafia renal.	66
Tabela 12: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à cintigrafia óssea.	68
Tabela 13: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à cintigrafia de tiróide.	70
Tabela 14: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à densitometria óssea.	71
Tabela 15: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à 3ª Etapa para todos os exames à exceção da densitometria óssea.	74
Tabela 16: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à 3ª etapa exame de densitometria óssea.	76
Tabela 17: Metodologia de recolha de dados relativos à 1ª Etapa do Processo.	77
Tabela 18: Metodologia de recolha de dados relativos à 2ª Etapa para a cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl .	78
Tabela 19: Metodologia de recolha de dados relativos à 2ª Etapa para a cintigrafia de perfusão do miocárdio com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi.	79
Tabela 20: Metodologia de recolha de dados relativos à 2ª Etapa para o renograma e cintigrafias renal, óssea e da tiróide.	80
Tabela 21: Metodologia de recolha de dados relativos à 2ª Etapa para a densitometria óssea.	80
Tabela 22: Metodologia de recolha de dados relativos à 3ª Etapa do Processo.	81

Tabela 23: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma cintigrafia de perfusão do miocárdio com ²⁰¹ Tl.	84
Tabela 24: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m} Tc-Sestamibi.	87
Tabela 25: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de um renograma.	90
Tabela 26: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma cintigrafia renal.	92
Tabela 27: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma cintigrafia óssea.	95
Tabela 28: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma cintigrafia tiroideia.	97
Tabela 29: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma densitometria óssea.	99
Tabela 30: Sugestão de número de marcações por dia da semana, de acordo com o exame.	103
Tabela 31: Sugestão para horário de marcação de exames a realizar à segunda-feira.	104
Tabela 32: Sugestão para horário de marcação de exames a realizar à terça, quarta e quinta-feira... 104	
Tabela 33: Sugestão para horário de marcação de exames a realizar à sexta-feira.	104
Tabela 34: Análise estatística utilizada para aferir a validade dos dados recolhidos.	136

Capítulo 1

Introdução

A utilização de radiação ionizante na Medicina Nuclear é perfeitamente justificada, uma vez que os benefícios clínicos que proporciona compensam largamente os riscos, desde que usada de forma criteriosa. Segundo estudos conduzidos por L. Feinendegen, a radiação ionizante pode até beneficiar as células [1].

Este capítulo introdutório inclui uma breve apresentação do local de desenvolvimento do projecto, o Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde (ICNAS), que se dedica maioritariamente à Medicina Nuclear.

Neste capítulo é ainda exposta a principal motivação do projecto, que se prende com a importância da optimização de processos clínicos e da avaliação de aspectos de radioprotecção na fase inicial de funcionamento do ICNAS, e os seus objectivos.

1.1. O Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde (ICNAS)

O Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde (ICNAS) é uma Unidade Orgânica da Universidade de Coimbra, com a participação das Faculdades de Ciências e Tecnologia, de Medicina e de Farmácia.

O ICNAS representa um elevado investimento na área da investigação biomédica, em especial na imagem molecular, embora os seus objectivos se encontrem também ligados à formação avançada e à prestação de serviços à comunidade.

Para alcançar estes objectivos, o ICNAS dispõe de duas valências fundamentais:

- clínica, que compreende as duas áreas da Medicina Nuclear (MN): a Medicina Nuclear Convencional (MNC) e Tomografia de Emissão com Positrões (PET)¹ e
- industrial, uma vez que inclui a produção de radiofármacos.

Para tal, o ICNAS dispõe de diversos equipamentos de imagem, como PET-CT² (PET - Tomografia Computorizada) e SPECT³ (Tomografia Computorizada por Emissão de Fóton Único); instalações/equipamentos para produção, investigação e desenvolvimento de radiofármacos, como o ciclotrão e os laboratórios GMP⁴ (Boas Práticas de Produção); laboratórios de química; instalações dedicadas à experimentação animal e outras que possibilitam a execução de programas de investigação rigorosos e ao melhor nível, desde a pesquisa biomédica básica às aplicações clínicas mais exigentes [2].

Para além destas características, no mesmo edifício encontra-se instalado o Pólo de Coimbra da Rede de Imagiologia Cerebral Funcional que conta com a presença de um tomógrafo MRI⁵ (Imagiologia por Ressonância Magnética) de 3 tesla (T).

¹ PET provém do inglês Positron Emission Tomography

² CT provém do inglês *Computerized Tomography*

³ SPECT provém do inglês *Single Photon Emission Computerized Tomography*

⁴ GMP provém do inglês *Good Manufacturing Practice*

⁵ MRI provém do inglês *Magnetic Resonance Imaging*

Planeado desde 1994, finalmente, no dia 2 de Fevereiro de 2009, o serviço de Medicina Nuclear Convencional do ICNAS entrou em funcionamento.

1.2. Motivação

As características e especificidades dos diversos equipamentos e instalações do ICNAS conferem-lhe um carácter multidisciplinar único em Portugal e obrigaram a um minucioso planeamento de modo a cumprir as mais rigorosas normas de segurança.

Para além do ciclotrão, da unidade de radiofarmácia e das várias modalidades de imagem (PET, CT, SPECT e MRI), coexistem diversas áreas funcionais:

- clínica / investigação / ensino
- doentes / animais
- Medicina Nuclear / Radiologia
- zonas activas (quentes) / zonas não activas (frias)
- diferentes percursos para doentes / pessoal técnico / animais.

O acompanhamento da rotina diária do ICNAS, com vista à optimização de processos clínicos, e a avaliação de aspectos ligados à radioprotecção poderão revelar-se fundamentais na introdução de consideráveis melhorias, na fase inicial do seu funcionamento.

1.3. A única unidade de ciclotrão pública em Portugal

De um modo geral, o radiofármaco mais utilizado em PET é a ^{18}F -fluoro-deoxiglicose (FDG), particularmente em Oncologia, onde se revela precisa na detecção e estadiamento de tumores, monitorização de resposta a terapia e diferenciação de lesões malignas e benignas [3].

Toda a FDG usada em exames PET realizados em instituições públicas de Portugal é, até à data, diariamente importada de Espanha, o que devido ao

baixo tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) do radionuclídeo em questão obriga à compra de dez vezes mais actividade por doente do que a necessária. A utilização da FDG é adicionalmente limitada pela actividade máxima autorizada no processo de transporte entre o local de produção e os locais onde se realizam exames de PET em Portugal, tornando por isso locais mais distantes mais condicionados [4]. Estes factores limitam o número de exames PET realizados e fazem aumentar os custos associados à sua realização.

À excepção do ^{18}F (18-Flúor), outros radionuclídeos de vida-curta emissores de positrões, produzidos em ciclotrão e frequentemente usados em PET, por terem um tempo de meia-vida mais curto, não poderiam ser utilizados em Portugal, quer na vertente clínica quer na área de investigação, porque não eram produzidos a nível nacional e o seu transporte a grandes distâncias é impraticável [3]. Este facto colocava o nosso país em clara desvantagem no que diz respeito à investigação de ponta na área da Imagiologia Molecular a nível europeu e até mundial.

Para além disso, o funcionamento de um ciclotrão em território nacional, que diste no máximo três horas das unidades PET que fornece, permitirá a rentabilização dos equipamentos existentes e de outros que venham a existir, mediante a realização de um maior número de exames PET. Também assim se aumenta a acessibilidade dos doentes a esta tecnologia.

1.4. Objectivos

- Explorar a possibilidade de introdução de melhorias no funcionamento do ICNAS, sendo para isso fundamental:
 - a familiarização com as especificidades das diferentes valências do ICNAS;
 - a pesquisa de aspectos funcionais e de procedimentos praticados em centros semelhantes;
 - a observação e acompanhamento da rotina do ICNAS e
 - a análise e sistematização dos principais procedimentos de rotina, com vista à sua optimização.

- Avaliar aspectos de radioprotecção, sendo importante para tal:
 - acompanhar actividades que envolvam manuseamento de substâncias radioactivas e
 - delinear estratégias com o objectivo de implementar e difundir uma cultura de segurança eficaz.
- Elaborar um conjunto de recomendações para a melhoria do seu funcionamento global.

1.5. Estrutura

No segundo capítulo será abordado o tema da protecção contra radiações introduzindo os vários tipos de radiação, os seus efeitos biológicos, princípios e critérios instituídos para uma conduta de segurança eficaz e limites legais de exposição.

O capítulo 3 diz respeito à Medicina Nuclear. É enunciado o princípio desta especialidade médica e feita uma introdução às suas tecnologias, a PET e a MNC. Uma vez que será relevante para os capítulos seguintes, é ainda apresentada uma breve descrição de alguns procedimentos de diagnóstico realizados em MNC.

O quarto capítulo prende-se com a descrição, por pisos, das instalações e alguns equipamentos do ICNAS. Este capítulo inclui também uma exposição do tema radioprotecção no ICNAS em que são descritos alguns equipamentos de radioprotecção existentes no edifício bem como a sua localização.

O quinto capítulo é dedicado à introdução da Metodologia Seis Sigma e do Modelo DMAIC (Definir – Medir - Analisar – Implementar - Controlar) utilizados na optimização de processos do Serviço de Medicina Nuclear Convencional do ICNAS.

O capítulo 6 refere-se à optimização funcional do Serviço de MNC do ICNAS, o único a funcionar em pleno até à data. É feita uma apresentação do serviço, seguida da aplicação do modelo DMAIC aos procedimentos de diagnóstico realizados com maior frequência no Serviço de MNC do ICNAS.

No capítulo 7 é feita, de modo sucinto, uma avaliação de alguns dos aspectos de radioprotecção no ICNAS.

No oitavo capítulo são elaboradas recomendações para a melhoria do funcionamento do ICNAS, tendo em conta a rotina diária do serviço e o acompanhamento de actividades que envolvem a utilização de substâncias radioactivas.

No capítulo 9 é apresentada a discussão dos resultados obtidos.

Para finalizar, o capítulo 10 é dedicado à conclusão.

Capítulo 2

Protecção contra radiações

“I have discovered something very interesting”

W. C. Roentgen

A interacção dos diferentes tipos de radiação com a matéria origina transferência de energia, através de processos de ionização (processo mais importante) e excitação.

A protecção radiológica é requerida justamente devido a essa propriedade ionizante das radiações, uma vez que cada tipo de radiação requer uma protecção específica, dependendo a espessura e tipo de material da energia da radiação.

Os objectivos da protecção contra radiações prendem-se com a preservação das condições seguras adequadas para actividades que envolvam exposição humana à radiação e com a redução da probabilidade do aparecimento de efeitos biológicos.

A quantificação da energia transferida é importante para a protecção radiológica, quer na área da dosimetria da radiação para avaliação dos efeitos biológicos da radiação quer no estabelecimento de limites de exposição aceitáveis [5,6].

2.1. A radiação

A energia pode existir sob diferentes formas, das quais se destaca a radiação, por constituir a forma de energia de maior relevo em Medicina Nuclear.

Quando um núcleo não se encontra no seu estado estável, ajusta-se até o atingir, através de um processo denominado decaimento radioactivo, que se caracteriza pela emissão de radiação, e depende da regra de estabilidade que é quebrada [7].

A radiação pode ser de dois tipos:

- radiação corpuscular, com origem no decaimento radioactivo e em reacções nucleares. As partículas alfa (α) e beta (β), que possuem massa e carga, e os neutrões, que não são emitidos em decaimentos espontâneos, e que por serem partículas neutras não possuem carga, são exemplos de radiação corpuscular e
- radiação electromagnética, sem massa nem carga, que se propaga à velocidade da luz, denomina-se fóton ou *quanta*. Exemplos de radiação electromagnética incluem a radiação gama (γ) e os raios-X [8].

Qualquer tipo de radiação pode:

- passar através de uma pequena espessura de matéria sem alterar a sua trajectória nem ceder energia, ou seja, sem que haja interacção;
- interagir com electrões orbitais ou
- interagir com o núcleo [9].

2.1.1. Decaimento alfa (α)

No caso de excesso de massa nuclear, os núcleos tornam-se muito instáveis e podem transformar-se em núcleos mais pequenos através da emissão de fragmentos nucleares. O mais pequeno fragmento nuclear estável emitido é uma partícula constituída por dois neutrões e dois protões, equivalente ao núcleo de um átomo de hélio, denominada partícula alfa (α). A emissão desta partícula denomina-se radiação alfa [10].

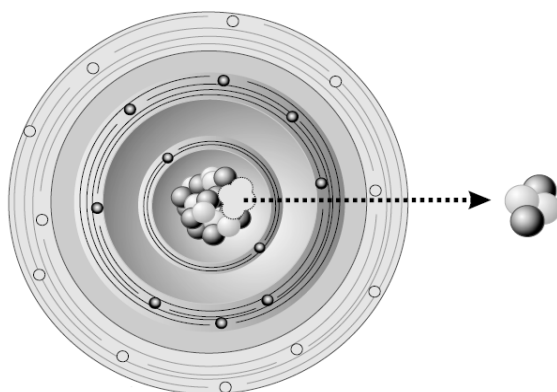


Figura 1: Decaimento alfa (retirada de [7]).

As partículas α possuem um fraco poder de penetração e, em geral, uma folha de papel será suficiente para as deter. A velocidade com que estas partículas são emitidas varia entre $1/15$ e $1/30$ da velocidade da luz [9].

2.1.2. Decaimento beta negativo (β^-)

Núcleos com excesso de neutrões podem atingir a estabilidade por um processo em que há a conversão de um neutrão num protão e num electrão. O protão permanece no núcleo enquanto o electrão, que representa a partícula beta negativa (β^-), é emitido. Esta emissão designa-se por radiação beta e é acompanhada da emissão de uma partícula denominada antineutrino que transporta alguma da energia do processo de decaimento [7].

As partículas beta são emitidas com velocidade próxima da velocidade da luz e têm a capacidade de penetrar alguns milímetros no alumínio [9].

2.1.3. Decaimento beta positivo (β^+)

Em caso de excesso de protões, um protão pode ser convertido num neutrão e num positrão [electrão com carga positiva também denominado partícula beta positiva (β^+)]. Neste decaimento, a emissão do positrão é acompanhada pela emissão de um neutrino.

As partículas β^+ não são tão estáveis como os electrões, possuindo um tempo médio de vida de cerca de 10^{-10} segundos. Após a emissão, a velocidade dos positrões é reduzida e estes sofrem um processo de aniquilação de matéria ao interagir com um electrão negativo dos átomos do meio, dando origem a um sistema chamado positrónio, que rapidamente se transforma em dois fotões de igual energia (511 keV) emitidos em direcções opostas [7,9].

Caso a diferença de energia entre os átomos pai e filho seja inferior a 1,02 MeV, não haverá energia suficiente para a emissão do positrão, pelo que o decaimento radioactivo acontecerá por um processo alternativo de captura electrónica.

2.1.4. Captura electrónica

Caso o núcleo tenha excesso de protões e diferença de energia entre os átomos pai e filho seja inferior a 1,02 MeV, este processo compete com o decaimento beta positivo (embora também possa ocorrer em outras situações) mas, para obter o mesmo efeito de converter um dos protões do núcleo num neutrão, o núcleo captura um dos seus electrões orbitais (geralmente da camada mais interna).

O electrão capturado combina-se com um protão do núcleo dando lugar à formação de um neutrão. Em consequência da captura electrónica (CE) e devido à transição de electrões para órbitas mais internas (uma vez que um electrão da camada electrónica mais exterior, em seguida, preenche a vaga na camada mais interior deixada pelo electrão capturado), o átomo emite energia electromagnética sob a forma de raios-X [7].

2.1.5. Emissão gama (γ)

Ainda que a razão entre o número de neutrões e protões do núcleo ou o número de nucleões se situem numa gama estável, se o núcleo se encontra num estado excitado, ou seja, com excesso de energia, este é libertado por meio de uma transição isomérica (TI), que poderá envolver a emissão da energia nuclear em excesso sob a forma de radiação gama.

A emissão de radiação gama poderá ser posterior à emissão α ou β , propaga-se à velocidade da luz e é altamente penetrante podendo atravessar vários centímetros de chumbo [9; 7].

2.1.6. Conversão interna (CI)

A transição isomérica através de conversão interna compete com a emissão gama embora neste processo o núcleo excitado transfira o seu excesso de energia para um electrão orbital, geralmente das camadas mais internas, provocando a sua ejeção do átomo. Para tal, o excesso de energia deverá ser maior do que a energia de ligação do electrão.

A lacuna é rapidamente preenchida com um electrão de uma camada mais externa. Em consequência desta transição electrónica das camadas mais exteriores para as mais interiores, é libertada energia na forma de raios-X ou electrões Auger (livres) [7].

A Figura 2 apresenta uma ilustração relativa aos vários tipos de decaimento referidos.

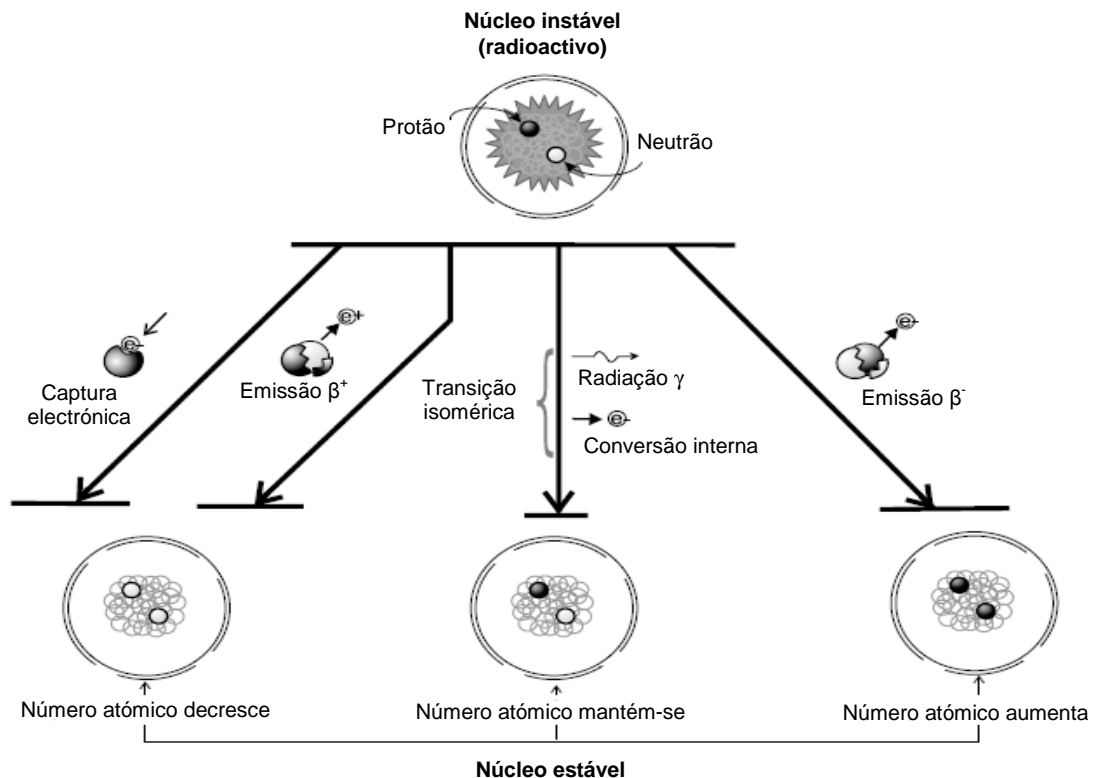


Figura 2: Decaimento radioactivo (adaptada de [7]).

2.1.7. Lei do decaimento radioactivo

A velocidade de desintegração ou actividade é o número de átomos radioactivos que se desintegram por unidade de tempo e é proporcional em cada instante ao número de átomos radioactivos presentes.

A actividade de uma substância radioactiva decresce em função do tempo num ritmo característico para cada nuclídeo, entendendo-se por nuclídeo qualquer configuração atómica capaz de existir, ainda que temporariamente.

Designando por N o nº de átomos e por t o tempo, sendo N_0 o valor de N para $t=0$, e a base do logaritmo Neperiano e λ a constante de desintegração, segundo a equação $N=N_0 e^{-\lambda t}$ podemos concluir que a fracção do número total de átomos que sofre desintegração, por unidade de tempo, é constante [9].

2.1.8. Tempo de meia-vida de um radionuclídeo ($T_{1/2}$)

O tempo de meia-vida ($T_{1/2}$) ou período de um radionuclídeo designa o tempo necessário para uma dada quantidade desse radionuclídeo se reduza a metade, por desintegração.

A Tabela 1 apresenta o tempo de meia-vida e o modo de decaimento dos radionuclídeos ^{67}Ga , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{111}In , ^{131}I e ^{201}Tl , usados com frequência em MNC.

Tabela 1: Características dos radionuclídeos de uso comum em MNC (adaptado de [8]).

Nuclídeo Radioactivo	$T_{1/2}$	Modo decaimento (%)
^{67}Ga	78 h	CE (100)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6,0 h	TI (100)
^{111}In	2,8 dias	CE (100)
^{131}I	8,0 dias	β (100)
^{201}Tl	73 h	CE (100)

2.2. Efeitos biológicos da radiação

Os efeitos biológicos das radiações estão essencialmente associados à transferência de energia para os tecidos. Estes efeitos dependem do tipo de radiação, da sua energia, da dose absorvida, das características dos tecidos, particularmente da radiosensibilidade e da fase de divisão celular.

As radiações ionizantes podem provocar dois tipos de efeitos no organismo: determinísticos e estocásticos, de acordo com a Figura 3.

Os efeitos determinísticos (preoces) observam-se pouco tempo após a exposição. Estão relacionados com o mau funcionamento/perda da função de tecidos ou órgãos, essencialmente devido à morte de um número significativo de células. Estes efeitos estão associados à exposição a doses elevadas de radiação. Os efeitos estocásticos (tardios) resultam de modificações a nível celular, nomeadamente nas cadeias de ácido desoxirribonucleico (ADN) e consequentes alterações cromossómicas, envolvem o aumento de risco de cancro e do aparecimento de mutações hereditárias e geralmente verifica-se a existência período de latência de anos [11].

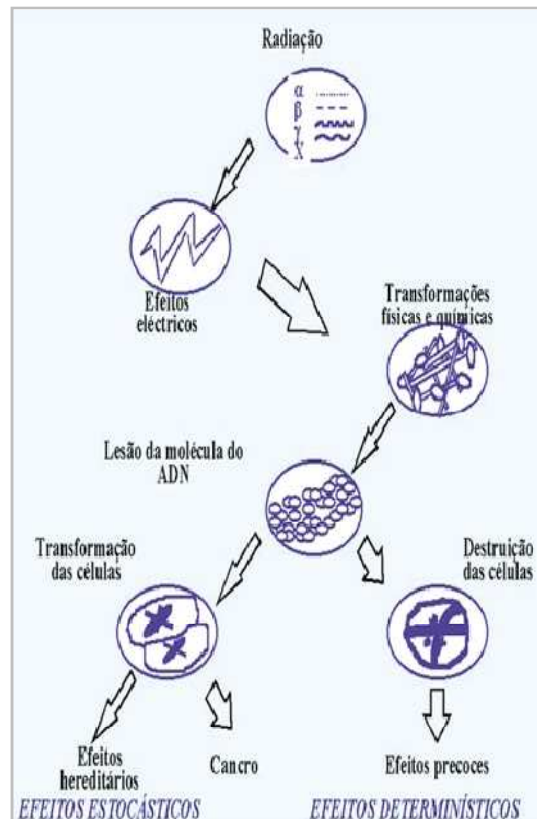


Figura 3: Possíveis efeitos da exposição a radiação ionizante (retirado de [11]).

2.3. Princípios e critérios de radioprotecção

Segundo a *International Commission on Radiation Protection* (ICRP), um sistema de protecção radiológica é baseado em 3 princípios:

1. Princípio da justificação: nenhuma prática que envolva exposição a radiação deverá ser adoptada se não produzir benefício suficiente ao próprio individuo ou à sociedade, que justifique os riscos causados pela exposição;
2. Princípio da optimização da protecção: a exposição à radiação resultante de qualquer prática deverá ser mantida tão baixa quanto razoavelmente possível, tendo em consideração os aspectos económicos e factores sociais.
Este princípio é também denominado por princípio **ALARA** (*as low as reasonably achievable*), conceito este instituído pela NCRP (*National Council on Radiation Protection and Measurement*).
3. Princípio da aplicação de limites máximos de dose: a exposição resultante da combinação de todas as práticas relevantes em situação de exposição planeada, que não a exposição clínica de doentes, não deverá exceder os limites de dose legais [12-14].

Para além dos três princípios acima enunciados, a protecção radiológica adopta ainda três critérios (**distância, tempo e blindagem**) para a redução da exposição à radiação [15]:

- minimizar o tempo de exposição - os trabalhadores profissionalmente expostos (TPE) devem reduzir o tempo de permanência na proximidade da fonte de radiação uma vez que a exposição à radiação é directamente proporcional ao tempo de exposição (ilustração na Figura 4);

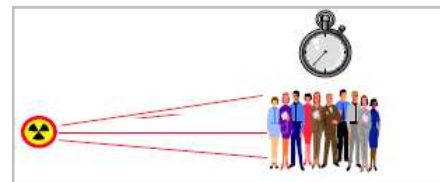


Figura 4: Controle do tempo de exposição (retirada de [16]).

- maximizar a distância à fonte (meio mais eficaz) - a variação da intensidade de exposição (dose recebida pelo TPE) é inversamente proporcional ao quadrado da distância à fonte primária

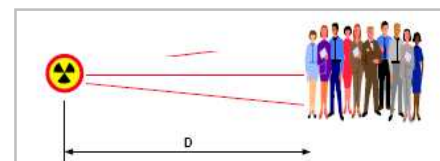


Figura 5: Controle da distância à fonte radioactiva (retirada de [16]).

ou secundária (ilustração na Figura 5);

- utilizar blindagem de protecção adequada - é recomendável o uso

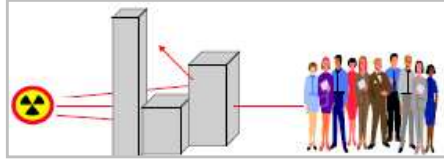


Figura 6: Utilização de blindagens adequadas (retirada de [16]).

de estruturas fixas ou de dispositivos móveis e pessoais de protecção, que absorvam ou atenuem a energia da radiação (ilustração na Figura 6).

A escolha do material e espessura da blindagem depende das partículas incidentes (energia e tipo). Por exemplo, contra a radiação gama de elevada energia é necessária uma barreira de elevada densidade (chumbo ou outro material de número atómico elevado) [15].

2.4. Limites de exposição à radiação

Os limites desenvolvidos pela ICRP para a protecção radiológica, permitem a quantificação da extensão da exposição do organismo humano à radiação ionizante, estabelecendo limites de corpo inteiro e parciais para a irradiação externa e para o *intake* de radionuclídeos [12].

A Directiva 96/29/EURATOM, do Conselho da União Europeia, prevê o estabelecimento destes limites de dose para os trabalhadores profissionalmente expostos, aprendizes e público em geral, bem como outras considerações de igual importância relativamente à protecção contra perigos resultantes da utilização de radiações ionizantes [17].

Os valores de dose efectiva deverão respeitar os limites recomendados e transcritos para a legislação em vigor [13,18].

No que respeita ao público, ou seja, para a irradiação não-profissional, o limite recomendado é de 1 milisievert por ano (mSv/ano).

Relativamente à exposição ocupacional, ou seja, para os trabalhadores profissionalmente expostos (TPE), o limite é de 20 mSv/ano, resultado da média dos últimos 5 anos, e sempre na condição de esse valor não ultrapassar

uma dose efectiva de 50 mSv em cada ano.

São ainda fixados, quer para TPE quer para membros do público limites de dose equivalente para o cristalino e pele. Para os TPE é ainda disposto o limite de dose equivalente para as extremidades (consultar a Tabela 2) [17,18].

Tabela 2: Limites de dos e para trabalhadores profissionalmente expostos e para membros do público em geral.

Limites	Dose efectiva (mSv)	Dose equivalente (mSv)		
		Cristalino	Pele	Extremidades
TPE	100 (em 5 anos) desde que sempre ≤ 50 em cada ano	150	500	500
Membros do público	1	15	50	-----

Embora tenham sido apresentados os limites máximos de exposição para TPE, para efeitos de monitorização e vigilância dos trabalhadores de uma instituição de MN devem ainda considerar-se duas categorias, de acordo com a Figura 7:

- a Categoria A que contempla os TPE susceptíveis de receber uma dose efectiva superior a 6 mSv por ano ou uma dose superior a três décimas de um dos limites anuais para a pele ou extremidades;
- a categoria B, segundo a qual são classificados todos os trabalhadores que não se incluem na Categoria A [17,18].



Figura 7: Representação esquemática dos limites anuais de dose efectiva permitidos.

Capítulo 3

Medicina Nuclear

“The most remarkable result obtained in the study of the application of isotope indicators is perhaps the discovery of the dynamic state of the body constituents. The molecules building up the plant or the animal organism are incessantly renewed”

George de Hevesy

A Medicina Nuclear é mais antiga que a CT, a MRI e os Ultrassons, sendo usada há mais de 60 anos desde que a possibilidade de utilização de nuclídeos emissores de radiação com comportamento químico e biológico semelhante aos dos elementos naturais, com a particularidade de poderem ser detectados em massas ínfimas, inspirou o seu aparecimento [9]. Este ramo da Imagiologia Médica apresenta bastante expressão no diagnóstico e terapêutica de diversas doenças cardiológicas, neurológicas e principalmente oncológicas.

3.1. O princípio da Medicina Nuclear (MN)

Quando administrada a um ser vivo, uma molécula biológica que incorpore um radionuclídeo desempenha as mesmas funções que as moléculas genuínas e, simultaneamente, emite radiação passível de ser detectada, ou seja, fornece informação.

Uma vez que a quantidade de radionuclídeo necessária para a avaliação dos processos bioquímicos é muito reduzida, não interfere com os sistemas fisiológicos em estudo. Este conceito de técnica não-invasiva *in vivo* é o principal propósito da MN [9].

Os métodos de imagem abrangidos pelas técnicas de Imagiologia Nuclear com radionuclídeos são apresentados na Figura 8.

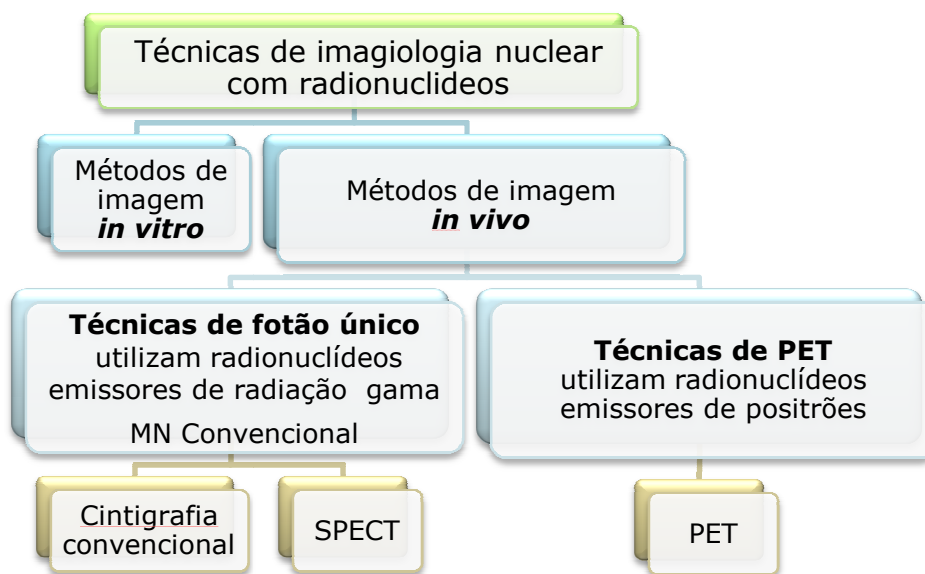


Figura 8: Representação esquemática das técnicas e métodos de imagem utilizados em Medicina Nuclear.

Das técnicas de Imagiologia Nuclear com radionuclídeos é dado especial destaque às que utilizam métodos de imagem *in vivo*, principalmente usadas como técnicas de diagnóstico. O conteúdo funcional único destas técnicas assume um papel verdadeiramente importante no estudo da dinâmica metabólica de vários órgãos.

As técnicas de MN usam moléculas semelhantes às biológicas marcadas com isótopos radioactivos, denominadas radiofármacos. Estas comportam-se como traçadores com a propriedade de incorporação nos sistemas biológicos possibilitando o seu estudo. Devido a esta característica, os radiofármacos também se denominam radiotraçadores [9].

Os procedimentos imagiológicos praticados em MN são não-invasivos e

geralmente indolores e são executados após a administração do radiotraçador. Este geralmente é administrado através de injeção endo-venosa, embora também possa ser por via oral ou inalação, consoante o exame. Posteriormente o radiofármaco acumula-se no órgão ou área do corpo de interesse a ser examinada e emite energia, sob a forma radiação, que será detectada pelos detectores que constituem a câmara gama ou o tomógrafo PET, consoante o tipo de exame a que o doente está a ser submetido.

3.1.1. Os traçadores radioactivos

Os traçadores radioactivos, ou radiofármacos, possuem características que tornam vantajosa a sua utilização pois não perturbam o processo fisiológico em estudo e funcionam como traçadores fisiológicos em quantidades muito reduzidas. Para além disso, estas substâncias apresentam um comportamento químico semelhante às moléculas biológicas e podem ser detectadas e quantificadas por métodos existentes de elevada sensibilidade. Em contrapartida o seu manuseamento requer cuidados especiais [9].

3.2. Tomografia por Emissão de Positrões (PET)

A PET consiste na detecção directa e quantificação da distribuição de moléculas biológicas marcadas com um emissor de positrões, que quando administradas ao ser vivo desempenham funções específicas e fornecem informações sobre as funções metabólicas em que intervêm.

As técnicas de PET são dependentes da disponibilidade de radionuclídeos de vida-curta emissores de positrões como o ^{18}F (18-Flúor), ^{11}C (11-Carbono), ^{13}N (13-Azoto) e o ^{15}O (15-Oxigénio), produzidos em ciclotrão *in-house* ou adquiridos comercialmente (consulte características de alguns na Tabela 3). No caso de não haver um ciclotrão *in-house* ou nas proximidades, a utilização dos últimos três radionuclídeos apresentados na Tabela 3 torna-se impraticável [3].

Tabela 3: Características dos radionuclídeos produzidos no ciclotrão do ICNAS
(adaptado de [19]).

Radionuclídeo	Tempo de meia-vida (min)	Produção
^{18}F	109,8	$^{18}\text{O} (p,n) ^{18}\text{F}$
^{15}O	2,04	$^{14}\text{N} (d,n) ^{15}\text{O}$
^{13}N	9,97	$^{16}\text{O} (p,\alpha) ^{13}\text{N}$
^{11}C	20,4	$^{14}\text{N} (p,\alpha) ^{11}\text{C}$

O aparecimento de ciclotrões de baixo custo dedicados à produção elementos de vida-curta (emissores de positrões), o aperfeiçoamento de sistemas de síntese química dedicados à produção segura e controlo de qualidade das moléculas marcadas, bem como o desenvolvimento de sistemas de imagem por detecção de coincidências, tornou possível a utilização de fótons de aniquilação emitidos resultantes da aniquilação do positrão emitido pelo elemento com um dos electrões do meio, proporcionando o progresso e expansão da PET [9].

3.3. Medicina Nuclear Convencional (MNC)

As imagens da MNC permitem retratar as variações espaciais e temporais da distribuição das biomoléculas que constituem o organismo humano, uma vez que os compostos marcados com emissores γ se fixam selectivamente, consoante a afinidade com determinadas estruturas. Desta forma é possível a obtenção de imagens da distribuição do traçador, que contém para além dos aspectos morfológicos, dados sobre as capacidades metabólicas dos órgãos, com informação local e muitas vezes quantitativa [9].

No que diz respeito às técnicas de imagem da Medicina Nuclear Convencional, as imagens são obtidas através de câmaras gama. Em SPECT são utilizados os mesmos detectores que em cintigrafia convencional, havendo, no entanto, rotação dos mesmos em torno do órgão de interesse, o que possibilita, após a

aplicação de algoritmos de reconstrução de cortes tomográficos, a visualização tridimensional do órgão [19].

As imagens planares ou cintigrafias são mapeamentos bidimensionais da concentração do radiofármaco, presente num volume parcial do corpo.

Visto uma imagem estática de um sistema biológico num dado instante poder ser pouco informativa e a dinâmica a essência da fisiologia, podem ser realizados estudos dinâmicos, que consistem na aquisição de sequências de imagens planares [9].

A SPECT oferece um contraste bastante melhor que a cintigrafia e possibilita a aquisição de cortes transversais da distribuição do radionuclídeo o que permite reconstruir, aproximadamente, a sua localização espacial [9].

As características físicas dos radionuclídeos utilizados em determinado exame de MNC são importantes factores na escolha do radiofármaco a usar para tal. Desses factores destacam-se a actividade que deverá ser administrada ao doente, a energia dos raios gama e a acumulação do radiofármaco no tecido/órgão de interesse.

O ^{99m}Tc (99m-Tecnécio) é o radionuclídeo mais utilizado em MNC e pode ser produzido *in situ* através de um gerador.

3.3.1. Principais procedimentos de diagnóstico em MNC

Num serviço de MNC realizam-se vários procedimentos de diagnóstico, de entre os quais se destacam os apresentados nos subcapítulos seguintes.

Os protocolos de aquisição de imagem podem ser diferentes de acordo com a indicação clínica e local da prática. As informações seguintes baseiam-se em *guidelines* internacionais e nos protocolos adoptados no ICNAS.

Deverá ter-se em consideração que, em pediatria, a actividade a administrar deve ser calculada tendo em conta o peso, a superfície corporal ou a altura da criança, de acordo com os valores mínimos recomendados pela *European Association of Nuclear Medicine (EANM) Paediatric Task Group* [20].

Com o intuito de proporcionar a compreensão rápida e clara das ilustrações relativas aos exames de Medicina Nuclear Convencional serão apresentados de seguida os pictogramas utilizados nos subcapítulos seguintes.



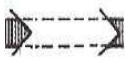










	Exame		Injecção de um traçador radioactivo
	Interrupção do exame com tempo livre para o doente		Jejum
	Duração do exame ou de uma fase deste (em minutos ou horas)		Refeição necessária
	Câmara gama (imagem planar)		SPECT
	Prova de esforço		Necessária hidratação
	Densitometria óssea bifotónica por raios-X		Preparação particular do doente ou precauções a ter
	Não é necessária qualquer preparação em especial		

Figura 9: Legenda de pictogramas utilizados nas representações esquemáticas referentes aos principais procedimentos de diagnóstico em MNC das Figuras 10 a 17 (adaptado de [21]).

3.3.1.1. Cintigrafia de perfusão do miocárdio

O músculo cardíaco recebe sangue proveniente das artérias coronárias. Se estas artérias se encontram parcialmente bloqueadas, o miocárdio pode não receber sangue suficiente quando em esforço. O objectivo deste exame é avaliar o fornecimento de sangue ao músculo cardíaco.

A avaliação da perfusão cardíaca é feita em duas fases: repouso e esforço.

O doente realiza uma prova de esforço, para posterior aquisição de imagens, ou em alternativa, caso não possa realizar exercício dinâmico, é sujeito a *stress* farmacológico. São adquiridas também imagens da perfusão do miocárdio quando o doente se encontra em repouso. A comparação destas imagens da

perfusão do miocárdio adquiridas em repouso e em esforço é de extrema importância para a elaboração do relatório médico uma vez que permite a distinção entre defeitos reversíveis e defeitos fixos devido a necrose [22].

Estes estudos de perfusão do miocárdico podem ser realizados com ^{201}Tl ou com radiofármacos marcados com $^{99\text{m}}\text{Tc}$, como é o caso do $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi.

Uma perfusão do miocárdio homogénea em repouso e em esforço corresponde a um estudo normal enquanto a visualização de defeito na imagem cintigráfica de esforço com uma imagem de repouso normal traduz a existência de zonas isquémicas. A observação de defeitos correspondentes nas imagens cintigráficas de esforço e repouso significam a existência de necrose [22].

Este exame exige preparação do doente:

- jejum prévio de pelo menos quatro horas
- suspensão de algumas terapêuticas (devidamente autorizadas pelo médico)
- não ingestão de alimentos como café, chá ou chocolate no dia do exame [22,23].

Indicações clínicas

- Diagnóstico e avaliação funcional de lesões conhecidas derivadas da doença coronária crónica;
- estratificação de risco de doença coronária;
- diagnóstico / exclusão de síndrome coronário agudo em caso de dor torácica, entre outras [4].

a. Cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl

Após a injeção intravenosa de 74 a 111 MBq (megabequeréis) ou 2 a 3 mCi (milicuries) de ^{201}Tl a um doente quando atinge o pico do esforço, ou seja, 85% da frequência cardíaca máxima, este distribui-se no miocárdio, de acordo com a perfusão e viabilidade miocárdica. Após a captação inicial, a retenção prolongada depende do estado da membrana celular e, conseqüentemente, da

sua viabilidade.

O radiotraçador redistribui-se a partir da sua primeira distribuição ao longo de várias horas, permitindo assim a aquisição de imagens de redistribuição 3 a 4 horas após a injeção [22,23].

Em alguns casos, a redistribuição pode ser incompleta ao fim de 4 horas. Neste caso, é administrada uma segunda injeção de ^{201}Tl e são adquiridas imagens para uma avaliação mais precisa de viabilidade miocárdica. Diferentes protocolos de imagem podem ser seguidos consoante a indicação clínica e as práticas locais [22].

No ICNAS são adquiridas imagens iniciais imediatamente após o exercício físico de modo a obter informação sobre a perfusão do miocárdio em esforço. O máximo de contraste entre os tecidos normal e isquémico ocorre imediatamente após a injeção e persiste por 20 minutos. Decorrido esse tempo o contraste diminui. Assim sendo, as imagens devem ser adquiridas 5 a 10 minutos após a injeção e o estudo deverá estar completo após, no máximo, 30 minutos [22].

Normalmente 3 a 4 horas após a injeção realiza-se a aquisição de uma outra série de imagens correspondente ao repouso que traduz a redistribuição do ^{201}Tl , não sendo ministrada nova injeção do radiofármaco. A aquisição das imagens em repouso é feita da mesma forma que a aquisição prévia de imagens em esforço, durante cerca 12 minutos [22].

Na Figura 10 poderá consultar-se a representação esquemática deste procedimento.

Entre os estudos de esforço e repouso o doente deverá permanecer em repouso relativo [20-22].

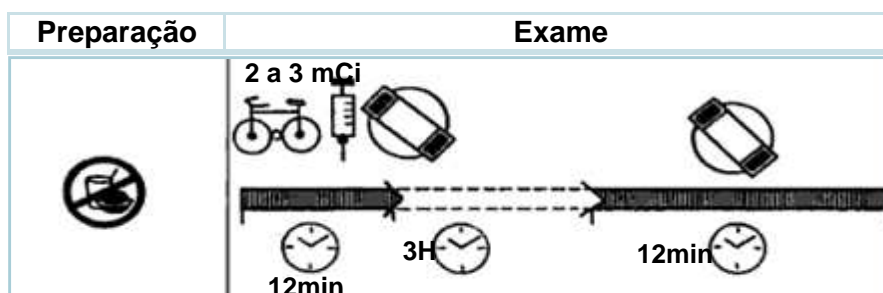


Figura 10: Representação esquemática da realização da cintigrafia de perfusão do miocárdio utilizando ^{201}Tl (inclui SPECT em esforço e em repouso) (adaptado de [21]).

b. Cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m}Tc -Sestamibi

Ao contrário do ^{201}Tl , o agente tecneciado Sestamibi (^{99m}Tc -Sestamibi) utilizado no estudo da perfusão cardíaca fixa-se essencialmente no miocárdio mas não apresenta redistribuição. Assim, para a realização de estudos de perfusão do miocárdio em esforço e em repouso, é necessária a administração de duas doses de radiofármaco, uma em cada fase.

Devido às 6 horas de meia-vida do ^{99m}Tc os dois estudos deveriam idealmente ser realizados em dias separados para permitir o decaimento da actividade da primeira injeção. No entanto, tal como acontece com ^{201}Tl , diferentes protocolos de aquisição imagens podem ser seguidos: protocolo de 2 dias e protocolos de 1 dia (esforço-repouso ou repouso-esforço) [22].

O protocolo de 2 dias, em que se realiza o estudo em esforço num dia e o estudo em repouso noutro, é preferível pois proporciona elevada qualidade de imagem obtida quando administrada a mesma actividade para cada estudo. Isto facilita não só a comparação entre imagens como oferece a mesma qualidade de imagem para cada estudo, mantendo os níveis de radiação para o doente e pessoal a um nível inferior quando comparados aos resultantes da execução de protocolos de 1 dia [22].

O estudo em esforço deverá ser realizado em primeiro lugar, uma vez que o estudo em repouso pode ser evitado se o estudo em esforço for interpretado como normal.

Nos protocolos de 1 dia, a ordem dos estudos depende da indicação clínica.

Se o problema é detectar a viabilidade do miocárdio e a reversibilidade de uma alteração, num doente com enfartes de miocárdio anteriores, pode ser preferível realizar primeiramente o estudo em repouso.

Quando o exame é realizado para o diagnóstico de isquémia miocárdica, o estudo em esforço deve ser efectuado primeiro pois evita a redução de contraste de uma alteração induzida pelo esforço após a realização de estudo em repouso normal ou pode evitar a realização do estudo em repouso [22,23].

No caso de ser adoptado o protocolo de 1 dia repouso/esforço, a primeira actividade administrada pode variar entre 250 e 350 MBq (\cong 7 e 10 mCi), enquanto a segunda dose administrada varia entre 750 e 1050 MBq (\cong 20 e 28

mCi), ou seja, uma dose três vezes superior [22].

Existe, de acordo com as *guidelines*, um período de espera de 3 a 4 horas entre as duas injecções. O intervalo de tempo entre a administração do radiofármaco e a aquisição de imagens deve ser de cerca de 30 a 60 minutos. O doente deverá ingerir uma pequena refeição imediatamente após as duas injecções de radiofármaco [21-23].

Podem ser consultados os esquemas das Figuras 11 e 12 que apresentam a representação esquemática dos estudos de repouso e esforço, respectivamente.

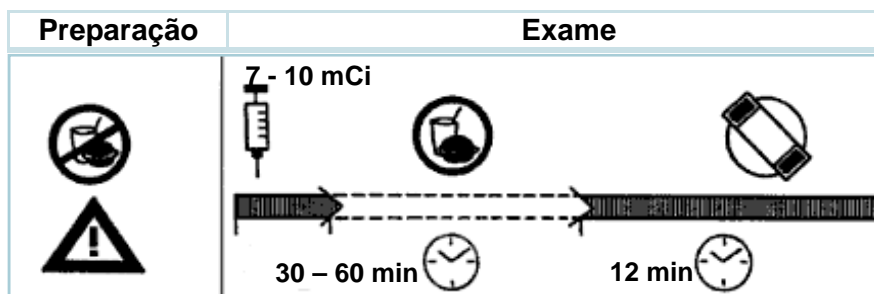


Figura 11: Representação esquemática da realização da cintigrafia de perfusão do miocárdio em repouso [adaptado de [21]].

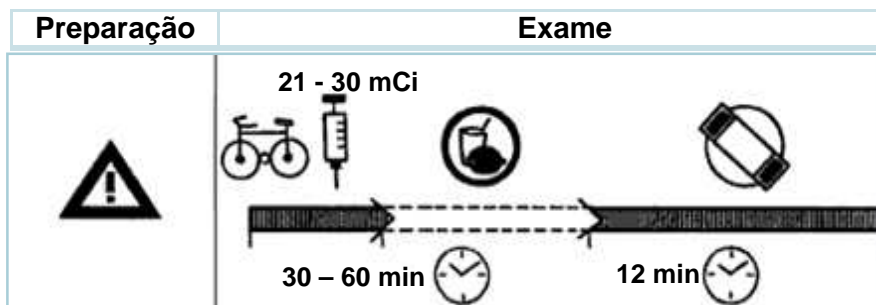


Figura 12: Representação esquemática da realização da cintigrafia de perfusão do miocárdio em esforço (adaptado de [21]).

3.3.1.2. Renograma

O renograma padrão permite a avaliação de dois aspectos de função renal. O primeiro aspecto é a *clearance* relativa ou função renal diferencial, isto é a extracção do traçador do sangue, e o segundo é a excreção do traçador do rim [24].

A visualização do renograma (curva de actividade – tempo) permite a avaliação da função de cada rim e obtém-se através do desenho de regiões de interesse

sobre cada rim e áreas de fundo perirenais.

O estudo normal mostra o *uptake* do radiotraçador com um pico de actividade no rim 3 a 5 minutos depois da injeção e o seu decréscimo até valores inferiores a 50% do valor de pico em vinte minutos.

Curvas anormais podem resultar de uma função anormal, retenção de actividade no sistema colector ou movimento do doente sendo que a causa da curva anormal pode facilmente ser determinada por observação das imagens.

Para a realização deste exame é aconselhável a hidratação do doente [24].

São administrados cerca de 5 mCi de ^{99m}Tc -DTPA (^{99m}Tc - ácido dietilenotriaminopentacético) ao doente e adquiridas de imediato imagens dinâmicas durante cerca de 25 minutos (Figura 13).

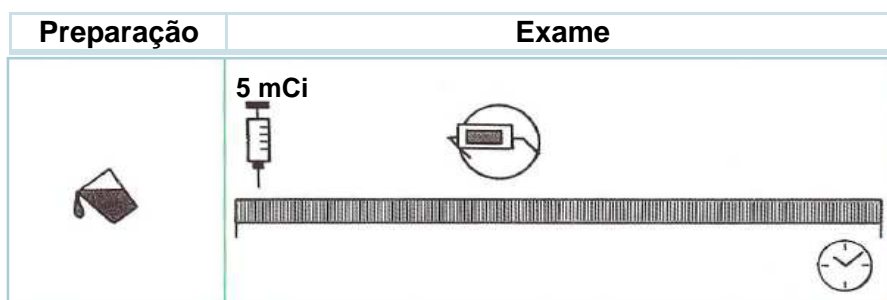


Figura 13: Representação esquemática da realização do renograma (adaptado de [21]).

Indicações clínicas

- Diagnóstico, avaliação da eficácia terapêutica e seguimento clínico em caso de uropatias obstrutivas;
- diagnóstico de complicações em caso de transplante renal;
- diagnóstico precoce de nefrotoxicidade;
- determinação de função renal diferencial para decisão cirúrgica em caso de lesões que ocupam o espaço intra-renal [4].

3.3.1.3. Cintigrafia renal

As cintigrafias renais com ^{99m}Tc -MAG3 (^{99m}Tc -Mercaptoacetilglicina) permitem a avaliação da depuração renal de uma substância do plasma pelo rim e a sua eliminação urinária por unidade de tempo. Esta avaliação da

depuração permite analisar a capacidade funcional dos rins de uma forma simples e não-invasiva.

O doente deve estar bem hidratado (a hidratação afecta a taxa de fluxo urinário e reduz a dose de radiação recebida pela bexiga) e deve ir à casa de banho antes do início do exame.

A actividade ministrada pode variar entre cerca de 111 e 370 MBq (3 – 10 mCi), sendo o tempo recomendado para um estudo dinâmico de 20 a 25 minutos.

Cinquenta minutos após a injeccção do radiofármaco adquire-se uma imagem pós-mictória durante 1 minuto (Figura 14).

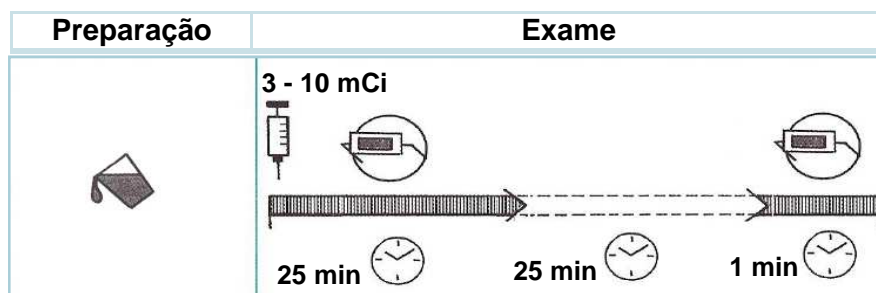


Figura 14: Representação esquemática da realização da cintigrafia renal (adaptado de [21]).

Indicações clínicas

- Em caso de infecções urinárias poderá ser usada para o diagnóstico e seguimento clínico de cicatrizes corticais e no diagnóstico de pielonefrite;
- diagnóstico e avaliação da função renal diferencial em caso de malformações renais tais como: rim único, rim em ferradura, rim ectópico ou rim displásico multiquístico [4];
- hipertensão renovascular;
- falha renal [25].

3.3.1.4. Cintigrafia óssea

O modo de aquisição de imagens numa cintigrafia óssea vai depender do tipo de estudo que se realiza: estudo de três fases ou apenas a fase tardia (terceira

fase).

Um estudo de três fases tem início aquando da injeção do radiofármaco, em que na primeira fase se acompanha o fluxo de sangue arterial para a região de interesse. A segunda fase, também denominada *blood pool*, deve ser iniciada 30 a 120 segundos após a injeção e prolongar-se no máximo até 10 minutos após a injeção. As imagens adquiridas durante esta fase traduzem o fluxo de sangue para o tecido intersticial. Na primeira e segunda fases são adquiridas imagens dinâmicas. Na terceira fase, que deve ser realizada 2 a 5 horas (3 horas é o período recomendado) após a injeção, são adquiridas imagens tardias que reflectem a actividade osteoblástica do osso (Figura 15).

A actividade ministrada de $^{99m}\text{Tc-HDP}$ (^{99m}Tc -Hidroxi metileno difosfonato) varia entre 740 e 1110 MBq (20 e 30 mCi) para adultos de peso médio (70 kg) [23,26].

O doente deve encontrar-se hidratado, de modo a favorecer uma mais rápida eliminação da actividade dos tecidos moles (o que aumenta o contraste da imagem) e a eliminação do produto através da urina. Para além disso, o doente deve urinar imediatamente antes da aquisição das imagens tardias de modo a evitar que a imagem da pélvis seja escurecida pela larga quantidade de radioactividade na bexiga [26].

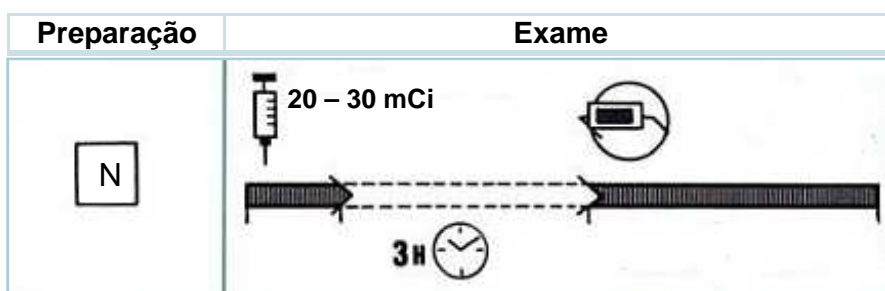


Figura 15: Representação esquemática de procedimentos envolvidos na realização da cintigrafia óssea (adaptado de [21]).

Indicações clínicas

- Avaliação da viabilidade de um enxerto ósseo;
- diagnóstico de complicações (fracturas) em caso de osteoporose;
- diagnóstico e seguimento clínico em caso de traumatismos ósseos, atrasos de consolidação de fracturas, fracturas ocultas, fracturas de

- stress, osteopatias, calcificações em tecidos moles;
- diagnóstico, avaliação da eficácia da terapêutica e seguimento clínico em caso de patologia inflamatória osteoarticular e/ou patologia vascular, sacro-ileíte, artrite reumatóide ;
 - diagnóstico de metastização / estadiamento, avaliação da eficácia da terapêutica e seguimento clínico de tumores primários e tumores ósseos secundários;
 - diagnóstico diferencial entre recidiva e radionecrose em tumores ósseos primários (osteossarcomas) [4].

3.3.1.5. Cintigrafia da tiróide

A injeção de pertecnetato de sódio ($\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$) por via endovenosa permite obter imagens da tiróide após o ião pertecnetato ($^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$) ser captado pela glândula. A medição da captação pela tiróide fornece informações sobre o tamanho e posição, presença / ausência de nódulos e função da glândula [25].

O intervalo recomendado para a actividade a administrar numa cintigrafia da tiróide varia entre 74 a 370 MBq (2 a 10 mCi). Uma vez que a concentração do ião no plasma começa a diminuir 20 minutos após a injeção, devido à excreção renal e gástrica, o pertecnetato começa a ser eliminado da tiróide [23]. Por isso, as imagens planares da glândula deverão ser adquiridas cerca de 15 a 20 minutos após a injeção endovenosa de $\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$ [23].

A câmara gama deverá estar equipada com colimador *pin-hole* que permite um aumento de resolução de nódulos menores.

A Figura 16 apresenta uma representação esquemática da realização do exame.

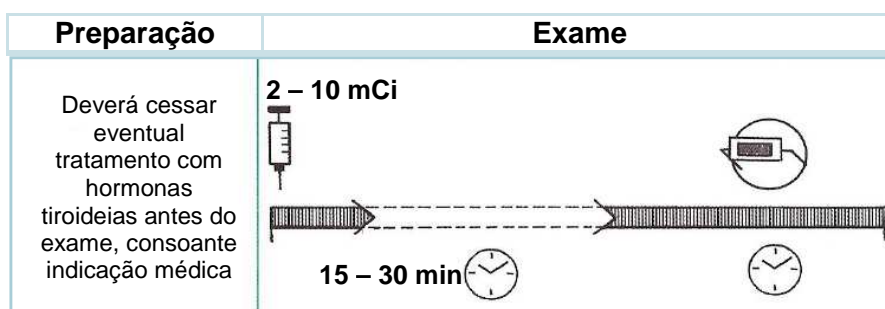


Figura 16: Representação esquemática da realização da cintigrafia da tiróide (adaptado de [21]).

Dado que o ião pertecnetato é excretado pelas glândulas salivares, antes da aquisição das imagens o doente deverá beber um copo de água, para eliminar a possível actividade ao longo do esófago devido à deglutição da saliva.

Aplicações clínicas

- Caracterização funcional do bócio nodular;
- diagnóstico de malformações e disfunções tiroideias;
- suspeita de cancro da tiróide [4,25].

3.3.1.6. Densitometria óssea

De todos os exames realizados no ICNAS este é o único que não envolve a administração de um radiofármaco sendo utilizados raios-X.

Este é um método não-invasivo para determinar a densidade mineral óssea.

A técnica consiste na medição da radiação transmitida após feixes de raios-X incidirem numa porção do organismo contendo osso e tecido mole, tendo por base a diferença de coeficientes de absorção linear para os raios-X entre estes, para as energias utilizadas, o que permite avaliar a concentração de cálcio no esqueleto [27].

A aquisição de imagens deve permitir o estudo densitométrico da coluna lombar, da extremidade proximal do fémur e da extremidade distal dos ossos do antebraço, bem como o estudo evolutivo [28]. O exame tem a duração de cerca de 15 minutos [21].

A Figura 17 mostra a representação esquemática da realização do exame.

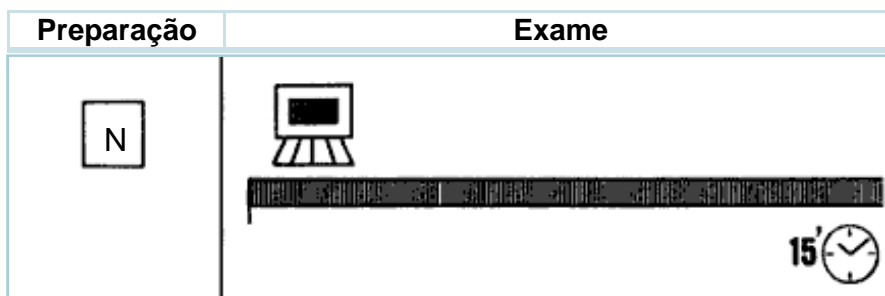


Figura 17: Representação esquemática da realização prática da densitometria óssea (retirado de [21]).

Aplicações clínicas

- Avaliação e estudo da evolução de processos de regeneração da massa óssea;
- diagnóstico de osteoporose e osteodistrofia renal;
- determinar a taxa de perda óssea quando o teste é feito anualmente;
- controlar os efeitos do tratamento em controlos anuais [21].

3.3.1.4. Outros exames realizados em MNC

Para além dos exames referidos anteriormente, num serviço de MNC realizam-se diversos outros estudos cintigráficos, alguns dos quais se encontram referidos na Tabela 4⁶.

Tabela 4: Exemplos de outros exames realizados num serviço de MNC [28].

	Exame	Radiofármaco
Aparelho Digestivo	Cintigrafia das glândulas salivares	$^{99m}\text{TcO}_4^-$
	Cintigrafia hepato-esplénica	^{99m}Tc -hepatale
	Cintigrafia hepática com glóbulos vermelhos marcados	Marcação <i>in vivo</i> com ^{99m}Tc
Aparelho respiratório	Cintigrafia pulmonar de perfusão	^{99m}Tc -MAA
	Cintigrafia pulmonar de ventilação/perfusão	^{99m}Tc -Technegas
	Cintigrafia pulmonar	Depreótido- ^{99m}Tc
Glândulas endócrinas	Cintigrafia corporal	MIBG- ^{131}I
	Cintigrafia das paratiroides	^{99m}Tc
Aparelho urinário	Renograma com intervenção farmacológica (diurético)	^{99m}Tc -MAG3 ou ^{99m}Tc -DTPA
	Renograma com intervenção farmacológica (prova de captopril)	^{99m}Tc -MAG3
Infecção	Cintigrafia corporal	^{67}Ga
Tumor	Cintigrafia corporal	Octreótido- ^{111}In

⁶ MIG = Meta-iodobenzilguanidina; MAA = macroagregados de albumina

Capítulo 4

Metodologia Seis Sigma

“When you can measure what you are speaking about, and express it in numbers you know something about it. But when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meager and unsatisfactory kind”

William Thompson

De forma a alcançar e manter níveis de excelência operacional no ICNAS, ou seja, alcançar um desempenho com um nível de falhas inferior a 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, é utilizada a metodologia Seis Sigma (6σ) que tem como suporte ferramentas estatísticas que procuram atingir a identificação e redução de variabilidade em processos. Esta metodologia, que coloca o “cliente” em primeiro lugar, utiliza dados e factos recolhidos para conduzir às melhores soluções e concentra a sua actuação em três áreas principais: o aumento da satisfação dos clientes, a redução do tempo por ciclo e a redução da frequência de defeitos.

4.1. Implementação da metodologia Seis Sigma

O objectivo da aplicação do *roadmap* 6 σ resume-se a aumentar a velocidade do processo, diminuindo o tempo por ciclo. Tal poderá ser possível através da eliminação de tarefas de valor não acrescentado, da redução do tempo de espera entre duas tarefas e da minimização do tempo de processamento. Para isso serão utilizadas ferramentas de análise de processos de fluxo de trabalho e de intervalos de tempo entre cada actividade que constitui o processo. Uma vez que o tempo é um recurso precioso e a qualidade uma característica que qualquer serviço pretende manter ou aumentar, o interesse desta aplicação foca-se na distinção entre tarefas de valor acrescentado e outras.

A metodologia Seis Sigma centra-se na redução de defeitos, diminuindo assim as fontes de variação, ou seja, de pontos CTX⁷ (Críticos-para-X), em que X corresponde a várias características como tempo, qualidade, satisfação ou despesas [29].

Há que ter em conta que as variações que fazem parte de qualquer sistema humano, também denominadas variações de causa-comum, podem ser reduzidas mas nunca eliminadas.

Podem também surgir variações de causa-especial, cujas causas são facilmente identificáveis e em relação às quais se poderá agir de forma a contrariar a tendência.

O Modelo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar, Controlar) é o núcleo central da Metodologia Seis Sigma.

4.2. Modelo DMAIC

O modelo DMAIC pode ser aplicado na optimização de qualquer processo de forma a aumentar a sua eficiência e efectividade.

⁷CTX provém do inglês *Critical-to-X*

Este modelo inclui 5 níveis em que, de acordo com Figura 18, *Definir* é o primeiro. Este passo envolve a identificação dos projectos, a definição dos objectivos a alcançar e a determinação e verificação das necessidades e requisitos da organização.

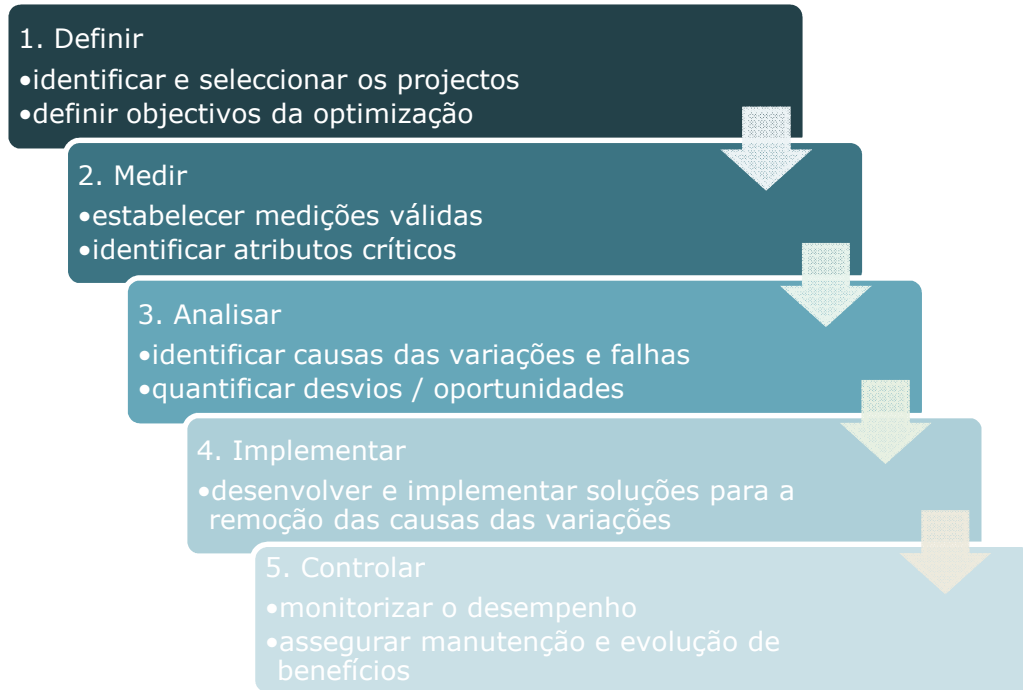


Figura 18: Representação esquemática da sequência de etapas do Modelo DMAIC.

O segundo passo da metodologia Seis Sigma consiste em *Medir*. A melhor forma de ultrapassar este nível resume-se a identificar, observar e estabelecer medidas válidas das características CTX.

A terceira fase da metodologia consiste na *Análise* dos dados recolhidos através de ferramentas estatísticas, na identificação da origem das variações e defeitos e na quantificação dos desvios.

A quarta e penúltima fase implica o desenvolvimento e *Implementação* de soluções com vista a remover / reduzir as causas das variações.

Por último, a fase de *Controlo* diz respeito à monitorização do desempenho das soluções desenvolvidas e implementadas e visa assegurar a manutenção dos benefícios obtidos.

A escolha do *roadmap* 6 σ como instrumento de trabalho, embora sem a aplicação de ferramentas estatísticas sofisticadas, deve-se em grande parte ao sucesso que esta metodologia permitiu alcançar a várias empresas

multinacionais.

A aplicação desta metodologia ao funcionamento do ICNAS será abordada no capítulo 6.

Capítulo 5

ICNAS: Instalações e equipamento

O ICNAS situa-se num edifício próprio, autónomo, e especificamente construído de forma a acolher diversos equipamentos de imagem e permitir a utilização de radiação ionizante para fins de diagnóstico.

Localizado no Pólo das Ciências da Saúde (Pólo III) da Universidade de Coimbra, o ICNAS dispõe de barreiras de protecção calculadas considerando sistematicamente condições extremas de utilização no que diz respeito à actividade, tempos de exposição e distâncias e tendo em conta os factores de ocupação do local em questão.

O edifício é constituído por 4 pisos (-2, -1, 0 e 1) de acordo com as plantas das Figuras 19, 20, 21 e 22, respectivamente, nas quais é apresentada a distinção entre áreas controladas, vigiadas e públicas, de acordo com a documentação relativa ao processo de licenciamento da instituição.

Dos equipamentos instalados em cada piso, destacam-se alguns graças à sua importância no contexto clínico ou científico.

Também de acordo com a legislação em vigor [18], o ICNAS sendo uma instalação de Medicina Nuclear, é estruturado segundo uma ordem crescente de actividade (do piso 1 para o piso -2), de forma a evitar contaminações desnecessárias.

5.1. Piso -2

No piso -2 são produzidos os radiofármacos emissores de positrões com fins clínicos e de investigação que poderão, ou não, ser utilizados nas instalações do ICNAS. A Figura 19 apresenta a planta do piso, cujas diversas áreas se classificam como públicas, vigiadas ou controladas e as zonas como activa ou não activa (de acordo com a legenda da figura).

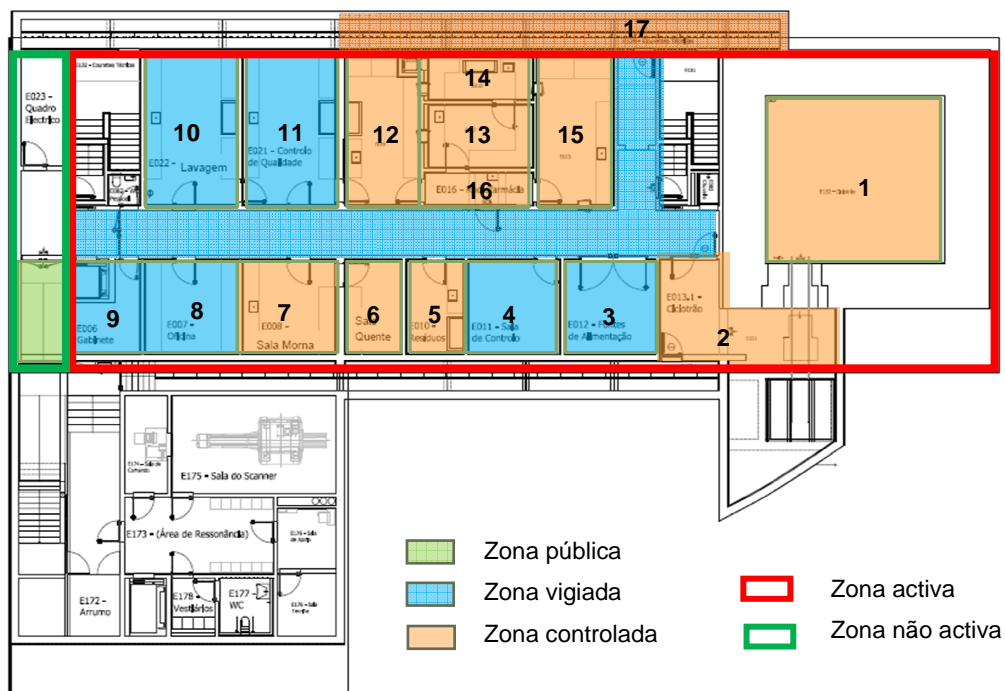


Figura 19: Planta do piso -2.

De acordo com a Figura 19, o piso -2 é constituído por diversas áreas:

1. *bunker* do ciclotrão, constituído por paredes com cerca de 2 metros de betão;
2. antecâmara de acesso ao *bunker* do ciclotrão;
3. sala de fontes de alimentação;
4. sala de controlo do ciclotrão;
5. sala de resíduos, onde os resíduos radioactivos podem decair, em contentores destinados para esse efeito, até níveis que permitam a

- sua eliminação;
6. sala quente (com acesso somente através da sala morna) destinada à recepção, abertura e armazenamento de produtos radioactivos;
 7. sala morna;
 8. oficina;
 9. gabinete, que constitui parte da área de transição;
 10. sala de lavagens, onde deverá ser feita a lavagem de material;
 11. sala de controlo de qualidade para produtos radioactivos que futuramente sejam transportados para outras instalações;
 12. laboratório de radiofarmácia 1, onde se procederá à síntese de FDG e ao seu fraccionamento em unidoses para utilização no edifício;
 13. sala de controlo de qualidade de radiofármacos;
 14. sala de calibração de doses, que posteriormente seguem por elevador dedicado, aí instalado, para o piso superior, -1, onde posteriormente serão administradas aos doentes;
 15. laboratório de radiofarmácia 2, especialmente dedicado a investigação, que receberá os átomos radioactivos de ^{11}C , ^{13}N e ^{15}O produzidos no ciclotrão;
 16. antecâmara de acesso aos laboratórios de radiofarmácia;
 17. *corette* técnica, que estabelece a ligação entre o *bunker* do ciclotrão e os laboratórios de radiofarmácia.

O canto inferior esquerdo da Figura 19 (não colorido) diz respeito ao Pólo de Coimbra da Rede de Imagiologia Cerebral Funcional onde se encontra instalado o tomógrafo MRI.

Ainda abaixo deste piso, estão localizados os tanques de retenção, que recolhem e retêm urinas e resíduos radioactivos de toda a unidade para decaimento radioactivo e posterior esvaziamento para a rede pública, de acordo com normas de segurança contra radiações impostas pela legislação em vigor. O sistema de tanques de retenção é constituído por dois tanques com capacidade de 5 m^3 cada.

5.1.1. Ciclotrão

Instalado no *bunker* e classificado como ciclotrão do Grupo 2 (16-18 MeV), o Ciclotrão IBA, modelo Cyclone 18/9 com feixe de energia fixa, acelera prótons até 18 MeV e deutérios até 9 MeV, que embatem nos alvos e promovem a produção dos radionuclídeos de vida curta emissores de positrões. Estes, posteriormente, são transportados até ao laboratório de radioquímica onde serão usados na síntese de radiofármacos para uso em PET. A intensidade do feixe é de 150 microamperes (μA) para prótons e 40 μA para deutérios.

Este ciclotrão inclui 8 portos de saída independentes, o que permite a montagem simultânea de 8 alvos. Possui ainda uma elevada capacidade de produção (15 Ci de ^{18}F em duas horas).

O ciclotrão pode ser totalmente automatizado através do sistema de controlo e automação Zephiros®, instalado na sala de controlo do ciclotrão [30].

5.1.2. Células Blindadas

Instaladas nos laboratórios de radiofarmácia 1 e 2, as células blindadas Comecer, em número de 4 (duas em cada um dos laboratórios), que se destinam aos módulos de síntese e fraccionamento de FDG e investigação, possuem as seguintes características comuns:

- superfície exterior e área de trabalho interior constituídas por aço inoxidável sem juntas e com arestas arredondadas para fácil descontaminação;
- porta com sistema de segurança por encravamento, que impede a sua abertura na presença interior de actividade superior ao limite previamente estabelecido pelo utilizador, com possível visualização no mostrador exterior do equipamento;
- filtro de extracção de carbono activado;
- sistema de ventilação configurável, com controlo de subpressão no interior da célula, e com aviso em caso de falha de pressão
- o grau de pureza do chumbo responsável pelas características de

radioprotecção destas células é de 99,97% [30].

5.1.2.1. Laboratório de radiofarmácia 1

O laboratório de radiofarmácia 1 dispõe de duas células blindadas. Uma delas, dedicada à síntese de FDG, contém um módulo de síntese compacto (modelo Synthera FDG) e possui uma blindagem efectiva de 75 mm de chumbo em todas as faces do equipamento.

A outra célula blindada, instalada neste laboratório, encerra um sistema automático para diluição, calibração e fraccionamento automático de doses transferidas directamente da unidade de síntese (*hotcell dispensing*), modelo Theodorico / FA. Este sistema, inteiramente robotizado, assegura operações de transferência como: recolha dos frascos introduzidos no compartimento, o seu enchimento/calibração, selagem, verificação do código de barras, esterilização e posterior colocação na estação de saída. A saída dos frascos é efectuada a partir de um compartimento independente da área de trabalho, garantindo a manutenção do sistema de pressões entre a sala e a célula.

Esta célula permite a manipulação no seu interior uma vez que se encontra provida de um painel de isolamento em acrílico com duas luvas que visam a protecção das extremidades dos membros superiores.

As faces do equipamento possuem espessura de, pelo menos, 75 milímetros (mm) de chumbo, chegando algumas a atingir os 100 mm [30].

5.1.2.2. Laboratório de radiofarmácia 2

O laboratório de radioquímica 2, por sua vez conta com uma célula blindada dupla, destinada à investigação científica, modelo MIP2-2.

À semelhança da *hotcell dispensing*, também esta célula possui um painel de isolamento em acrílico com luvas que permitem a manipulação no interior de cada uma das células. A extracção dos frascos é efectuada a partir de um compartimento completamente separado, com recurso a tele-pinça, de forma a não alterar o sistema de pressões entre a sala e a célula.

A blindagem efectiva da célula tem espessura equivalente, a 75 mm de chumbo

em todas as direcções [30].

5.2. Piso -1

O piso -1 do edifício do ICNAS é especialmente dedicado à prestação de cuidados clínicos através da modalidade imagiológica PET. A Figura 20 apresenta a planta do piso, cujas diversas áreas se classificam como públicas, vigiadas ou controladas e as zonas como activa ou não activa (de acordo com a legenda da figura).

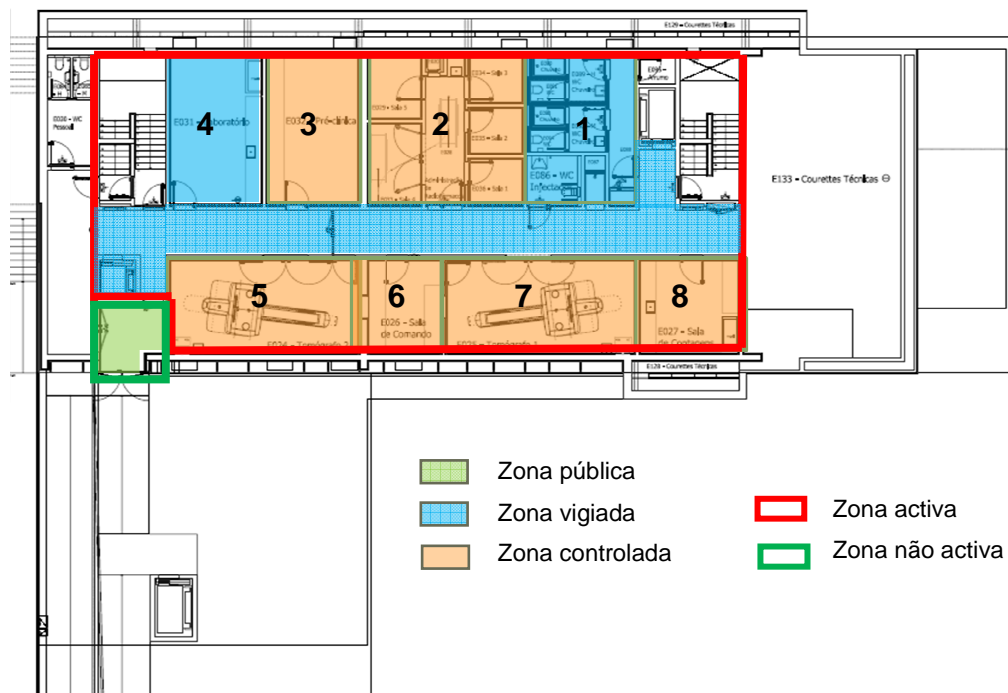


Figura 20: Planta do piso -1.

De acordo com a numeração apresentada na Figura 20, o piso -1 dispõe de:

1. Instalações anitárias, independentes para trabalhadores profissionalmente expostos e para doentes injectados e chuveiros de emergência;
2. salas de administração de radiofármacos, em que o doente permanecerá em repouso durante o tempo de *uptake* do radiofármaco

(uma das salas possui dimensões superiores pois foi propositadamente planeada para doentes transportados em maca). Dado que esta zona se situa imediatamente acima do laboratório de radiofarmácia, dispõe de um elevador que se destina a fazer o transporte do radiofármaco, pronto a injectar ao doente, do piso inferior em que é sintetizado e fraccionado;

3. sala de pré-clínica;
4. laboratório;
5. sala do tomógrafo PET 2, planeada para, posteriormente, acondicionar um segundo tomógrafo PET;
6. sala de controlo;
7. sala do tomógrafo PET 1, que encerra o tomógrafo PET-CT;
8. sala de contagens.

5.2.1. Tomógrafo PET-CT

Do equipamento presente neste piso o que merece maior destaque é o tomógrafo PET-CT localizado na sala do tomógrafo PET 1.

O tomógrafo PET/CT é do modelo GEMINI GXL, da Philips. Este tomógrafo proporciona rápidas aquisições com baixas doses. A boa qualidade de imagem é devida à reconstrução *line of response* (LOR), que elimina amostras menos precisas que causam a degradação da imagem em técnicas convencionais. A aquisição e reconstrução tridimensional garantem elevada sensibilidade e taxa de contagens necessárias para estudos cardíacos e neurológicos.

O *design* do tomógrafo é adequado para doentes claustrofóbicos ou crianças e permite o acesso do clínico ao doente.

5.3. Piso 0

O piso 0 do edifício do ICNAS é dedicado à prestação de serviços à comunidade na área de Medicina Nuclear Convencional. A Figura 21 apresenta a planta do

piso, cujas diversas áreas se classificam como públicas, vigiadas ou controladas e as zonas como activa ou não activa (de acordo com a legenda da figura).



Figura 21: Planta do piso 0.

De acordo com a numeração apresentada na Figura 21, o piso 0 dispõe de:

1. sala de espera para acompanhantes e para doentes antes da administração do radiofármaco;
2. instalações sanitárias para acompanhantes e para doentes antes da administração do radiofármaco;
3. sala da câmara gama 1;
4. sala da câmara gama 2;
5. área com vestiário, instalações sanitárias para TPE e chuveiro de emergência;
6. sala da câmara gama 3;
7. sala da câmara gama 4;
8. sala de pré-clínica, projectada para investigação animal;

9. sala de apoio;
10. laboratório, onde se realizam análises clínicas;
11. sala da densitometria;
12. sala de provas funcionais;
13. sala de processamento de exames;
14. gabinete médico;
15. radiofarmácia;
16. sala de administração de radiofármacos, também denominada “sala de injeção”, onde é administrado o radiofármaco ao doente, na sua grande maioria por injeção endovenosa;
17. sala de espera para doentes depois de lhes ser administrado o radiofármaco;
18. instalações sanitárias para doentes a quem tenha sido o administrado o radiofármaco

5.3.1. Câmaras gama

As 4 câmaras gama encontram instaladas nas salas da câmara 1, 2, 3 e 4, planeadas para o efeito. Estas câmaras transitaram do Laboratório de Medicina Nuclear outrora instalado na Faculdade de Medicina, e agora instalado no piso 0 do ICNAS. Algumas características destes equipamentos de imagem podem ser consultadas na Tabela 5.

Tabela 5: Câmaras gama presentes no ICNAS.

Sala de Instalação	Modelo	Ano de aquisição	Características
Sala da câmara 1	Starcam 3200 XR/T	1996	1 Detector rectangular
Sala da câmara 2	Millenium VG	2000	2 Detectores rectangulares
Sala da câmara 3	Starcam 2000 AC/T	1992	1 Detector circular
Sala da câmara 4	Maxi Camera 400T	1987	1 Detector circular Colimador <i>pinhole</i>

5.3.2. Densitómetro

Fonte de raios-X, também o densitómetro ósseo agora presente no serviço de MN do ICNAS pertenceu ao antigo laboratório de Medicina Nuclear, na Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra. Trata-se do modelo QDR 4500 Elite, da Hologic, adquirido em 1999.

5.4. Piso 1

Este piso, dedicado à administração e direcção, inclui diversos gabinetes de trabalho individuais, duplos, salas de reuniões e salas em que são desenvolvidas actividades dedicadas à investigação científica, bem como a biblioteca. A Figura 22 apresenta a planta do piso, considerado zona pública, cujas áreas se classificam também como públicas.



Figura 22: Planta do piso 1.

5.5. Radioprotecção no ICNAS

Aquando do planeamento do edifício do ICNAS, as dimensões das barreiras de protecção (por exemplo a espessura de betão das paredes e a de chumbo das portas, entre outras) foram calculadas tendo em conta situações extremas de utilização no que diz respeito a actividades, dimensões e tempos de exposição, e considerando os factores de ocupação dos locais em estudo.

Também a aquisição de equipamentos para detecção e controlo dos níveis de radiação, bem como o seu plano de instalação no ICNAS, foram alvo de um estudo devidamente estruturado e prudente.

5.5.1. Rede de detectores

Embora o ICNAS disponha de uma maior variedade de equipamentos de detecção de radiação, apresenta-se somente a descrição dos utilizados no âmbito da realização deste trabalho.

Este equipamento tem como finalidade o controlo e medição dos níveis de raios-X e de radiação gama e neutrónica.

5.5.1.1. Descrição do equipamento

- **Monitores de área** (Thermo, modelo FHZ 632 L-10)

Presentes no edifício, em número de 25, incluem um contador proporcional com elevada sensibilidade à medição do débito de dose de raios-X e radiação gama, dedicados à monitorização da radioactividade ambiental.

- Gama típica de medida: 100 nSv/h a 100 mSv/h com mudança de escala automática
- Gama de energia: 30 keV a 4,4 MeV
- Sensibilidade: $2 \text{ s}^{-1}/(\mu\text{Sv/h})$

Estes monitores de área estão ligados a unidades de leitura num número máximo de dois por unidade de leitura, podendo estar somente um.

- **Unidade de leitura** (Thermo, FHT 6020)

Este equipamento permite saber, a qualquer momento, o débito de dose na sala em que o monitor está instalado e possui 2 níveis de alarme visível e audível, em que o utilizador (neste caso, o físico responsável) define os limites máximos de débito de dose, acima dos quais soa o alarme, e existem em número de 15, dispersos por todo o edifício.

Este equipamento possui um sistema de segurança que alerta em caso de falha do detector (em que o utilizador pode definir o valor mínimo limite, abaixo do qual o sistema de falha e, conseqüente, o alarme é activado).

É possível a sua ligação em série e a transmissão de dados para computador, sendo a alteração dos limites de alarme feita somente com ligação ao computador.

Algumas destas unidades, num total de quatro, dispõem de um dispositivo de alarme em coluna de três cores (verde, amarelo e vermelho), que permite a activação das cores e do alarme acústico de acordo com os limites de alarme definidos.

- **Monitor de débito de dose portátil** (Thermo, RadEye B20)

Sistema portátil do tipo detector Geiger-Müller (GM), compacto e leve que permite detectar e medir contaminações de radiação alfa, beta, gama e raios-X.

- Gama típica de medida: 0 a 2 mSv/h com mudança de escala automática
- Gama de energia: 17 keV a 1,3 MeV

- **Detector de neutrões portátil** (Thermo, FHT 762 Wendy-2 com unidade de leitura FH 40G)

Este detector de débito de dose de neutrões apresenta uma elevada sensibilidade e uma notável gama de energia.

- Gama típica de medida: 0,01 μ Sv/h a 100 mSv/h com mudança de escala automática
- Gama de energia: 25 meV a 5 GeV

5.5.1.2. Instalação do equipamento

Os monitores de área, as unidades de leitura e os alarmes em coluna sonora/luminosos (descritos na secção anterior) não são portáteis e, por isso, possuem a localização fixa ilustrada na Figura 23.



Figura 23: Representação esquemática da localização dos monitores de área e respectivas unidades de leitura e alarme no: **a.** piso -2; **b.** piso -1; **c.** piso 0 e **d.** piso 1.

Embora não se encontre assinalado na Figura 23, junto aos tanques de retenção está instalado um monitor de área e respectiva unidade de leitura, bem como uma coluna de alarme sonoro e luminoso.

Capítulo 6

Optimização funcional do Serviço de Medicina Nuclear Convencional do ICNAS

Embora o ICNAS procure também destacar-se na área da investigação científica de e ser uma referência no país, no âmbito deste trabalho o ICNAS é entendido como um Prestador de Cuidados de Saúde (PCS) público, devido à realização de procedimentos clínicos de diagnóstico nas instalações.

A optimização funcional que se procura atingir com este projecto passa, em grande parte, por uma optimização de processos que incide essencialmente nos que são realizados diariamente no Serviço de Medicina Nuclear Convencional do ICNAS (piso 0) e que constituem o alvo preferencial deste estudo.

O estudo de optimização é direccionado somente para o serviço de MNC por ser este o único em pleno funcionamento na data de realização do mesmo.

6.1. Apresentação do Serviço

Localizado no piso 0 do edifício, o Serviço de MNC encontra-se em funcionamento desde o dia 2 de Fevereiro de 2009. Esta data marca o início da prestação de serviço público do ICNAS à comunidade.

Este serviço de MN dedica-se à administração de radiofármacos para fins de diagnóstico através da aquisição de imagens após a sua administração, não incluindo a vertente terapêutica da especialidade.

A maioria do equipamento, incluindo o principal (equipamento pesado), instalado neste serviço transitou das antigas instalações do mesmo, no edifício da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra, como é o caso das câmaras gama, o densitómetro, bem como o calibrador de doses instalado na radiofarmácia deste piso.

De acordo com a apresentação do piso 0, incluída no subcapítulo 5.3. da página 43, neste piso destacam-se: a área de Imagiologia, constituída por cinco salas, sendo que, em quatro delas estão instaladas quatro câmaras gama e na quinta o osteodensitómetro; o laboratório de radiofarmácia em que se prepara o radiofármaco; a sala em que se procede à administração do mesmo ao doente; a sala de espera e instalações sanitárias exclusivas para doentes após a administração do radiofármaco.

A equipa que integra este serviço é constituída por 2 médicos especialistas em Medicina Nuclear, 1 físico especialista em Física Médica, 3 técnicos de Medicina Nuclear, 1 técnico de Análises Clínicas e 4 administrativos.

Em colaboração, para a realização de estudos de Cardiologia Nuclear, este serviço conta com o contributo de 2 médicos especialistas em Cardiologia, 2 enfermeiros e 1 técnico de Cardiopneumologia.

6.2. Aplicação do modelo DMAIC

A aplicação da metodologia Seis Sigma visa a optimização dos vários processos desenvolvidos no serviço de Medicina Nuclear Convencional, o único em pleno funcionamento até ao dia 31 de Julho de 2009, no ICNAS.

De acordo com a metodologia Seis Sigma, que estabelece a existência de cinco fases na sua aplicação (modelo DMAIC), os próximos subcapítulos correspondem a cada uma dessas fases (Definição, Medição, Análise, Implementação e Controlo).

6.2.1. Fase D - Definição

Na primeira etapa, a Definição, o intuito é determinar o que se pretende melhorar. É portanto necessário definir quais os processos alvo de possível optimização, identificar as características do processo que necessitam de ser optimizadas, as principais tarefas inerentes e problemas associados.

Devido ao elevado fluxo de clientes neste serviço, foi recolhida informação acerca dos exames realizados no serviço e respectiva frequência mensal.

No mês de Fevereiro foram obtidos dados acerca dos principais serviços prestados de acordo com a Tabela 6 e Figura 24. A análise dos mesmos permitiu concluir que os procedimentos realizados mais frequentemente no serviço eram:

- Densitometria
- Cintigrafia de perfusão do miocárdio
- Cintigrafia da tiróide
- Cintigrafia óssea
- Cintigrafia renal
- Renograma.

Tabela 6: Dados relativos aos exames realizados em Fevereiro de 2009.

Exame	Nº de exames
Densitometria	49
Cint. articular	233
Cint. Tiróide	126
Cint. Perf. Miocárdio	91
Cint. Renal	30
Renograma	22
Outros	18
Total	569

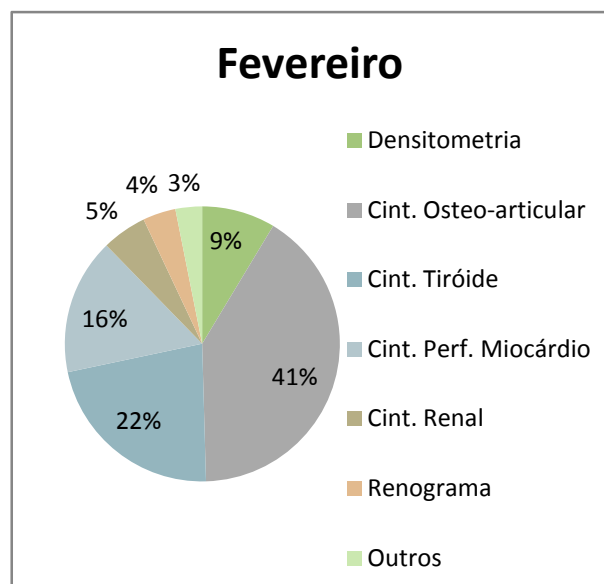


Figura 24: Percentagem relativa dos exames realizados em Fevereiro de 2009.

Após os primeiros dias de acompanhamento do fluxo de trabalho do ICNAS, foi possível constatar que os elevados tempos de permanência a que os doentes estavam sujeitos aquando da realização dos exames referidos anteriormente, seriam passíveis de optimização através da implementação da metodologia Seis Sigma, constituindo a sua redução, o objectivo primordial.

Desta forma, o projecto seleccionado implica a optimização dos fluxos de trabalho e informação envolvidos na execução dos exames continuamente realizados no serviço e o seu principal objectivo prender-se-ia com a redução do tempo permanência do doente no serviço aquando da realização destes.

Após a percepção de que o doente demonstrava elevada preocupação no que concerne ao tempo que o resultado do exame levaria para a chegar ao seu destino final, também este processo, e o seu respectivo fluxo de trabalho e informação, foram definidos como temas passíveis de optimização. Neste caso o principal objectivo seria a redução do tempo decorrido entre a data de realização do exame e a data de envio do resultado do mesmo.

Depois de estabelecidos os objectivos, foi então iniciado o mapeamento dos principais fluxos de trabalho e informação existentes neste serviço.

O mapeamento de fluxos de trabalho assume um papel essencial nesta primeira fase do processo de optimização, pois permite a caracterização da situação actual e a identificação de pontos críticos, de forma a facilitar a redução de erros, a aumentar a produtividade e a melhorar o serviço prestado à comunidade, constituindo, desta forma, uma importante ferramenta para a definição do processo ideal.

Esta fase decorreu durante os meses de Fevereiro e Março de 2009, embora algumas informações relevantes para o mapeamento dos fluxos de trabalho tenham sido recolhidas posteriormente.

Raramente uma única observação foi suficiente para a recolha dessas informações.

Sempre que necessário foram realizadas mais do que uma observação de cada

processo em estudo, em especial no que respeita às práticas associadas aos médicos e técnicos de MN.

Complementarmente a estas observações, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas e discussões informais com os recursos humanos envolvidos no processo. Esta abordagem conduziu a uma investigação mais aprofundada.

Foi dada especial importância à identificação de variações entre os processos, a fim de facilitar uma apreciação mais rica da diversidade de práticas estabelecidas no serviço de MN Convencional.

Foi observado o fluxo de trabalho referente aos 6 exames referidos anteriormente.

O início do processo é semelhante em todos eles, daí denominar-se “*1ª Etapa do Processo*”, evitando desta forma a repetição constante dos mesmos episódios.

Após o doente abandonar o serviço, as tarefas são também semelhantes para todos os exames, à excepção da densitometria, daí podermos denominar o seu conjunto de “*3ª Etapa do Processo*”. A “*2ª Etapa do Processo*”, intermédia, caracteriza e distingue cada exame, devido aos diferentes trajectos, pelo que a sua abordagem será particularizada para cada processo.

As secções seguintes descrevem genericamente as tarefas que constituem as diferentes etapas referentes a cada processo e os respectivos mapas de fluxo de trabalho / informação.

A legenda da página seguinte (Figura 25) apresenta toda a informação relevante para uma melhor compreensão dos mapas de fluxo, evitando deste modo a sua constante repetição.

Os mapas de fluxo de trabalho / informação são complementados pela descrição escrita de cada processo.

O fluxo de trabalho relativo à execução dos exames realizados frequentemente na rotina diária do ICNAS é apresentado de seguida.


































	Doente		Recepção
	Administrativo		Sala de espera
	Técnico de MN		Gabinete médico
	Técnico de Análises Clínicas		Sala de administração de radiofármacos
	Técnico de Cardiopneumologia		Sala de espera de injectados
	Enfermeira		Sala da câmara gama 2
	Médico de MN		Sala de processamento de exames
	Médico cardiologista		Corredor
	Tarefa que não envolve fluxo de informação		Vestiário
	Tarefa que envolve fluxo de informação		Gabinete administrativo (1º piso)
	Tarefa que envolve radiofármacos		Sala de provas funcionais
	Acontecimento		Sala de apoio
	Semáforo		Radiofarmácia
	Apenas um		Instalações sanitárias para doentes injectados
	Informação em papel		Sala de densitometria
	Informação em gravador /cartão de memória		
	Informação em formato digital		
	Envio pelo correio		

Figura 25: Legenda referente ao mapeamento de fluxos de trabalho (Figuras 26 à 35).

6.2.1.1. 1ª Etapa do Processo: A admissão

1. O doente dá entrada no ICNAS e dirige-se à recepção para fazer a admissão.
2. O administrativo regista todas as informações relativas ao doente, constituindo o processo do doente e informa-o caso seja necessário efectuar algum pagamento.
3. Caso seja necessário, o doente efectua o pagamento na sala de espera.
4. O doente aguarda ser chamado.
5. Quando disponível, o administrativo chama o doente.
6. O administrativo acompanha o doente à área de acesso condicionado do serviço de MN, indicando-lhe, consoante o exame, o local onde deve permanecer.

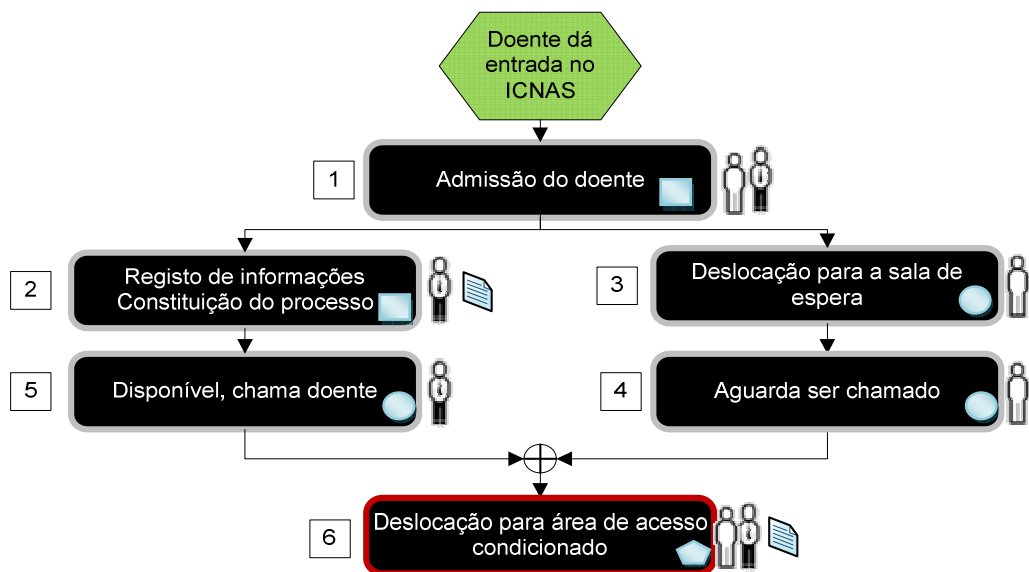


Figura 26: Mapa do fluxo de trabalho referente à 1ª Parte do Processo, comum aos seis exames⁸.

Tendo em conta as tarefas descritas no mapa de fluxo de trabalho/informação, na Tabela 7 são identificados os pontos críticos desta etapa.

⁸ Consulte a legenda da figura na página 56.

Tabela 7: Tarefas passíveis de eliminação ou minimização referentes à admissão do doente.

Tarefa	Descrição	Intervenientes	Ponto crítico
2	Constituição do processo	Administrativo	Informação em formato de papel, utilizada em tarefas posteriores
4	Aguarda chamada	Doente	Tempo de espera
6	Deslocação para área de acesso condicionado	Administrativo	Transporte de informação em papel. Deslocação desnecessária de administrativo

6.1.1.1. 2ª Etapa do Processo: A realização do exame

Após a 1ª parte do processo, consoante o exame a realizar, o mapa de fluxo de trabalho varia. Estes são apresentados de seguida, bem como informações complementares relevantes para o processo.

Uma vez que a *2ª Etapa do Processo* acontece na sequência da *1ª Etapa do Processo*, a numeração das tarefas é consecutiva.

Uma vez que foi dada para a *1ª Etapa do Processo* um exemplo de descrição das tarefas de cada etapa do processo, as restantes descrições são apresentadas no Anexo I.

6.1.1.1.1. Cintigrafia de perfusão do miocárdio

O doente faz a marcação do exame, geralmente via telefone, e para além do nome fornece a sua morada para que lhe possa ser enviada a preparação exigida para o exame e uma declaração em que o doente se compromete a comparecer na data agendada ou a avisar com a devida antecedência em caso de impossibilidade de comparência. Esta declaração deverá ser devolvida aos serviços, devidamente assinada, até ao dia do exame (inclusive).

a. Cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl

Consulte o mapa de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl na Figura 27 na página 61.

Esta etapa é sequencial à primeira, por isso a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57.

A legenda da Figura 27 apresenta-se na página 56 e a descrição escrita das tarefas no Anexo I, página 147.

Tendo por base as tarefas descritas no mapa de fluxo de trabalho/informação da Figura 27, na Tabela 8 é identificada os pontos críticos desta etapa para o exame de cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl .

Tabela 8: Tarefas passíveis de futura eliminação ou minimização no processo referente à cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl .

Tarefa	Descrição	Intervenientes	Ponto crítico
7	Deslocação até sala de provas funcionais	Administrativo	Deslocação desnecessária; informação em papel
20	Aguarda chamada	Doente	Tempo de espera
21	Deslocação à sala da câmara gama	Médico	Deslocação desnecessária; informação em papel
22	Deslocação à sala de espera de injectados	Técnico de MN	Deslocação desnecessária
29	Aguarda chamada	Doente	Tempo de espera
31	Deslocação à sala da câmara gama	Técnico	Deslocação desnecessária

b. Cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m}Tc -Sestamibi

O mapa de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m}Tc -Sestamibi na Figura 28, na página 61.

Dado que esta etapa é sequencial à primeira, por isso a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57.

A legenda da figura apresenta-se na página 56 e a descrição escrita das tarefas no Anexo I, página 149.

De acordo com as tarefas descritas no mapa de fluxo de trabalho/informação da Figura 28, na Tabela 9 são identificados os pontos críticos desta etapa para o exame de cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m}Tc -Sestamibi.

Tabela 9: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m}Tc -Sestamibi.

Tarefa	Descrição	Intervenientes	Ponto crítico
7	Deslocação ao gabinete médico e transporte de processo	Administrativo	Deslocação desnecessária; informação em papel
8	Permanência na sala de espera	Doente	Tempo de espera
11	Transporte de processo para sala de administração de radiofármacos	Médico	Deslocação desnecessária; informação em papel
13	Permanência na sala de espera	Doente	Tempo de espera
15	Deslocação à sala de espera	Técnico de MN	Deslocação desnecessária
30	Permanência na sala de espera de injectados	Doente	Tempo de espera
31	Transporte de processo para a sala de provas funcionais	Técnico de MN	Deslocação desnecessária; informação em papel
45	Transporte de processo para sala da câmara gama	Médico	Deslocação desnecessária; informação em papel
49	Permanência na sala de espera para injectados	Doente	Tempo de espera
50	Deslocação à sala de espera de injectados	Técnico de MN	Deslocação desnecessária

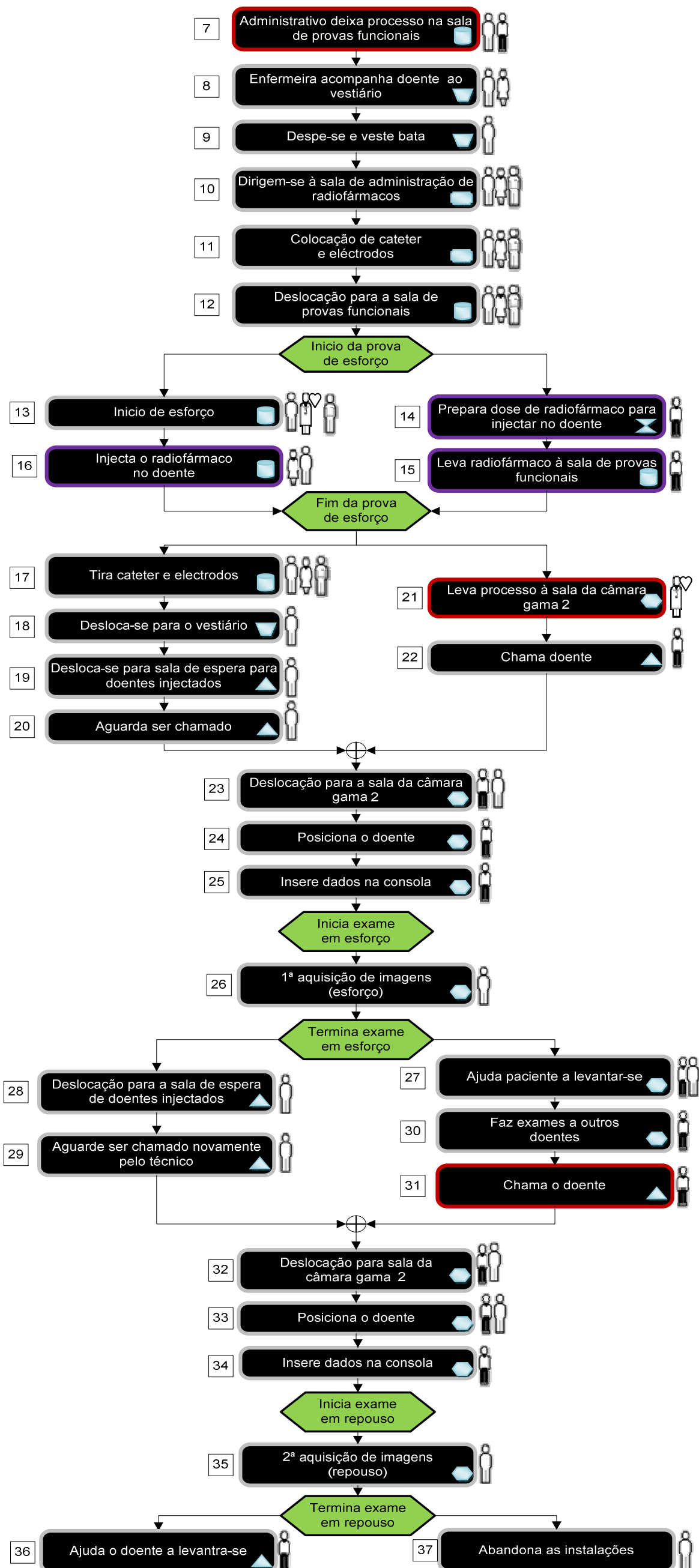


Figura 27: Mapa de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl .

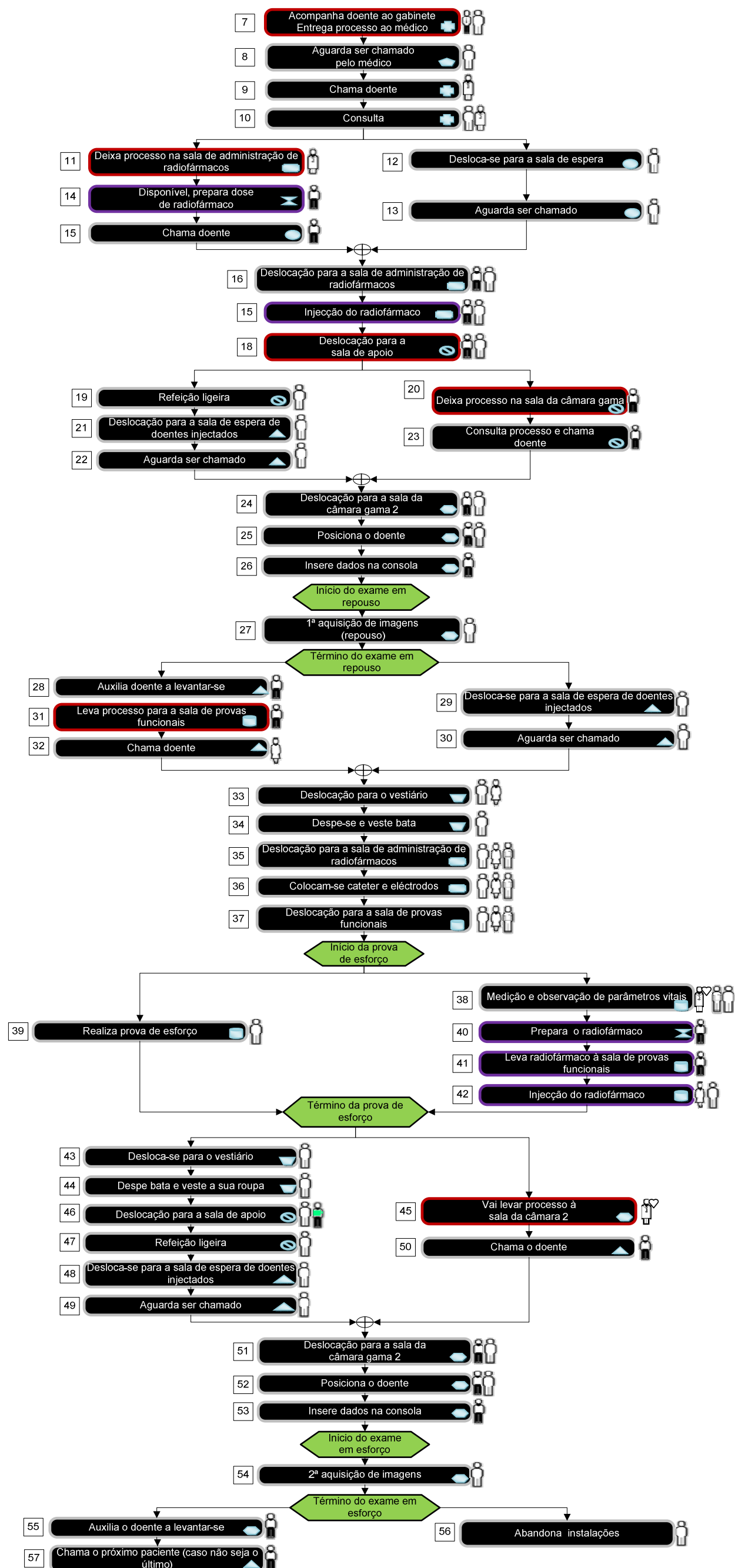


Figura 28: Mapa de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m}Tc -Sestamibi.

6.2.1.2.2. Renograma

O mapeamento do fluxo de trabalho relativo renograma é apresentado na Figura 29. Dado que esta etapa é sequencial à primeira, a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar o fluxo de trabalho relativo a 1ª Etapa do Processo: A admissão na página 57.

A legenda da Figura 29 encontra-se na página 56 e a descrição escrita das tarefas no Anexo I, página 152.



Figura 29: Mapa de fluxo de trabalho relativo ao renograma.

Com base nas tarefas descritas no mapa de fluxo de trabalho/informação da Figura 29, na Tabela 10 identificam-se os pontos críticos desta etapa para o renograma.

Tabela 10: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes ao renograma.

Tarefa	Descrição	Intervenientes	Ponto crítico
7	Deslocação até ao gabinete médico	Administrativo	Deslocação desnecessária; informação em papel
8	Permanência no corredor	Doente	Tempo de espera
11	Transporte de processo para sala de administração de radiofármacos	Médico	Deslocação desnecessária; informação em papel
13	Permanência na sala de espera	Doente	Tempo de espera
16	Deslocação à sala de espera	Técnico de MN	Deslocação desnecessária
21	Início imediato da aquisição dinâmica	Técnico de MN	Disponibilidade de outro técnico

6.2.1.2.3. Cintigrafia renal

O diagrama de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia renal é apresentado na Figura 30. Uma vez que esta etapa é sequencial à primeira, a numeração das tarefas não se inicia com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57.

A legenda da Figura 30 apresenta-se na página 56 e a descrição escrita das tarefas no Anexo I, página 153.

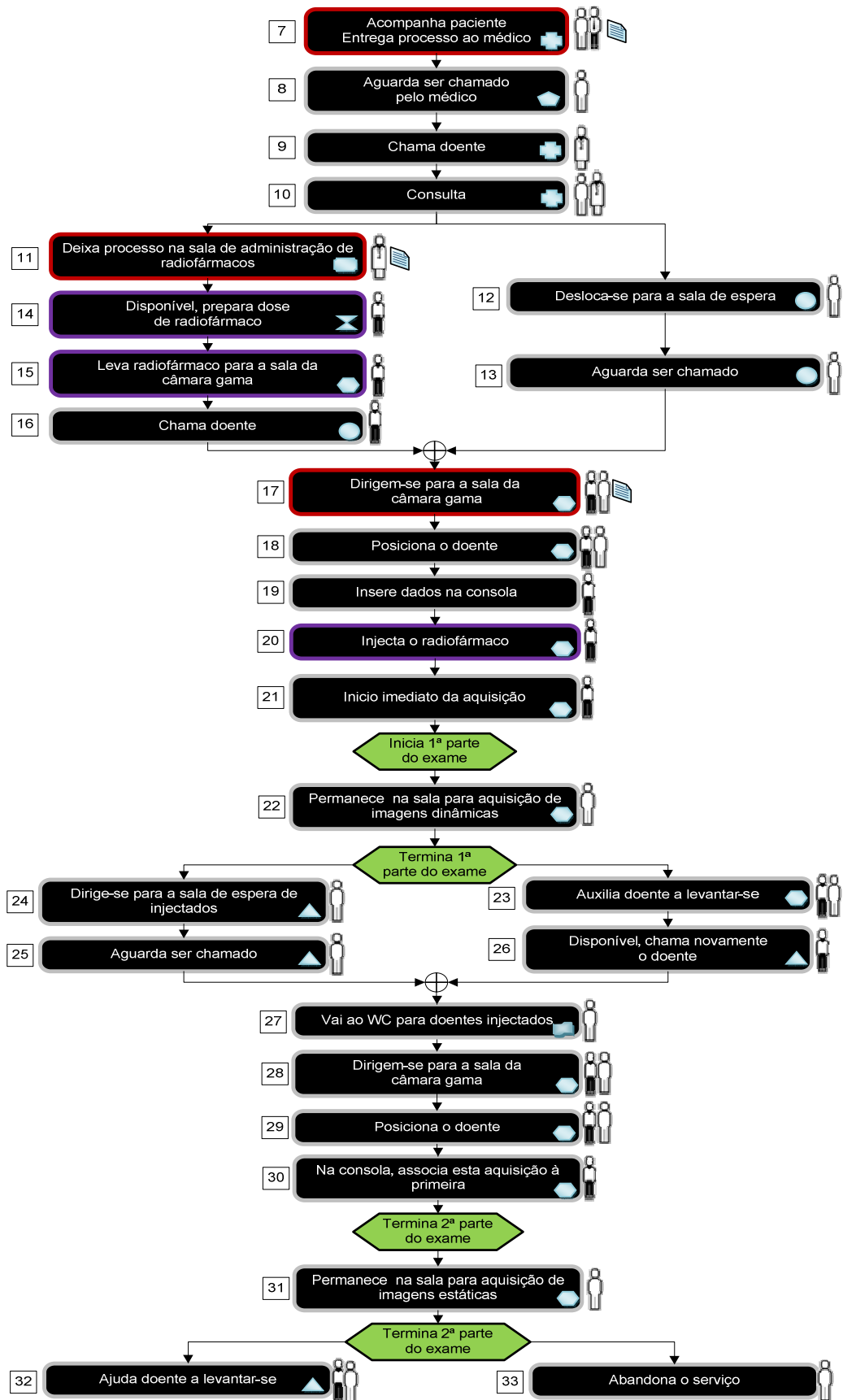


Figura 30: Mapa de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia renal.

Tendo em conta as tarefas descritas no mapa de fluxo de trabalho/informação da Figura 30, na Tabela 11 são identificados os pontos críticos desta etapa para o exame de cintigrafia renal.

Tabela 11: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à cintigrafia renal

Tarefa	Descrição	Intervenientes	Ponto crítico
7	Deslocação até ao gabinete médico	Administrativo	Deslocação desnecessária; informação em papel
8	Permanência no corredor	Doente	Tempo de espera
11	Transporte de processo para sala de administração de radiofármacos	Médico	Deslocação desnecessária; informação em papel
13	Permanência na sala de espera	Doente	Tempo de espera
16	Deslocação à sala de espera	Técnico de MN	Deslocação desnecessária
21	Início imediato da aquisição dinâmica	Técnico de MN	Disponibilidade de outro técnico
25	Permanência na sala de espera	Doente	Tempo de espera
26	Deslocação à sala de espera	Técnico de MN	Deslocação desnecessária
27	Ida às instalações sanitárias para injectados	Doente	Técnico espera pelo doente

6.2.1.2.4. Cintigrafia Óssea

O mapeamento do fluxo de trabalho relativo à cintigrafia óssea é apresentado na Figura 31. Dado que esta etapa é sequencial à primeira, a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57.

A legenda da Figura 31 apresenta-se na página 56 e a descrição escrita das tarefas no Anexo I, página 155.

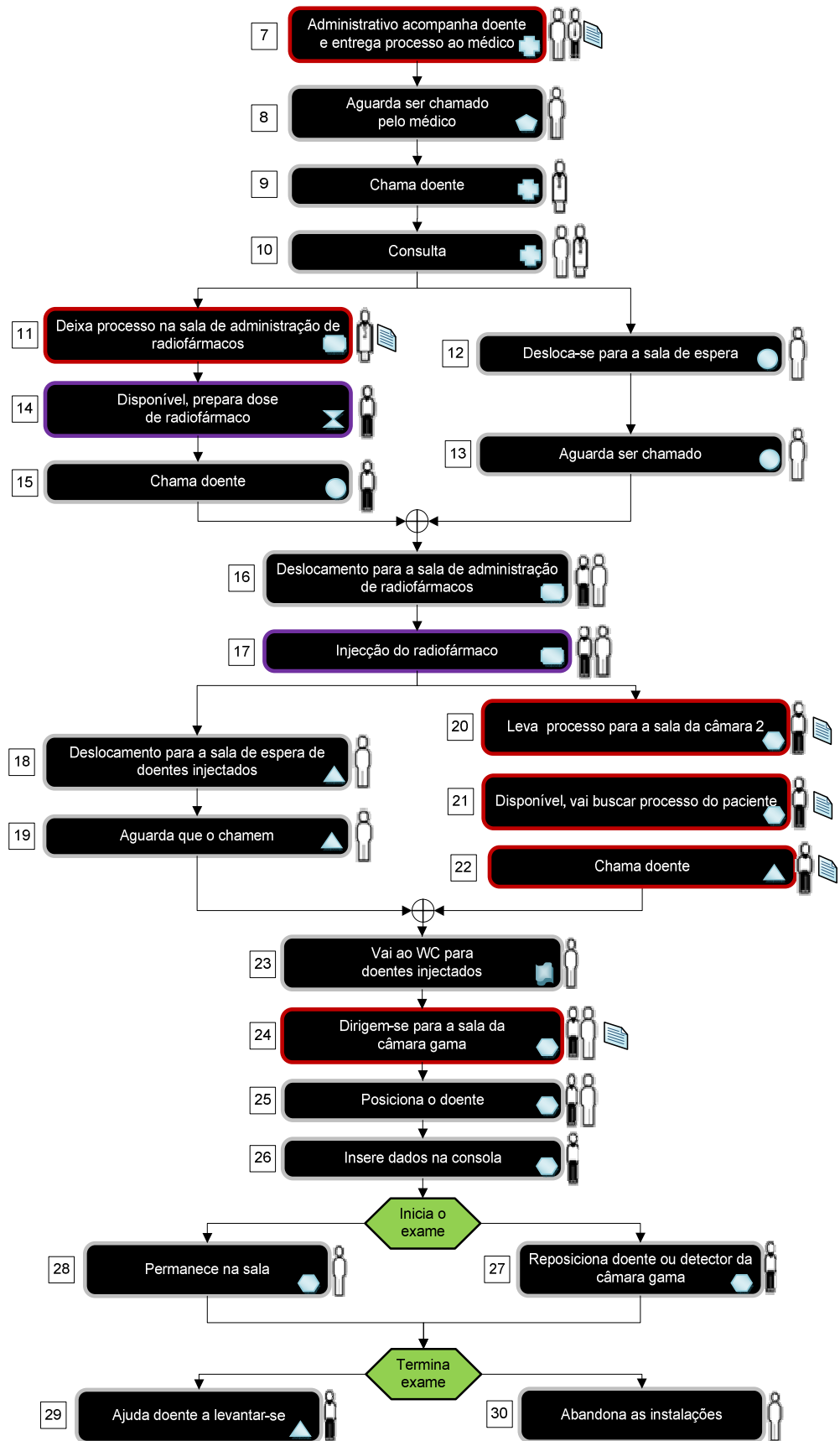


Figura 31: Mapa de fluxo de trabalho referente à cintigrafia óssea.

Com base nas tarefas descritas no mapa de fluxo de trabalho/informação da Figura 31, na Tabela 12 são identificados os pontos críticos desta etapa para o exame de cintigrafia óssea.

Tabela 12: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à cintigrafia óssea.

Tarefa	Descrição	Intervenientes	Ponto crítico
7	Deslocação até ao gabinete médico	Administrativo	Deslocação desnecessária; informação em papel
8	Permanência no corredor	Doente	Tempo de espera
11	Transporte de processo para sala de administração de radiofármacos	Médico	Deslocação desnecessária; informação em papel
13	Permanência na sala de espera	Doente	Tempo de espera
15	Deslocação à sala de espera	Técnico MN	Deslocação desnecessária
19	Permanência na sala de espera de injectados	Doente	Tempo de espera
20	Transporte de processo para sala da câmara gama 2	Técnico de MN	Deslocação desnecessária; informação em papel
21	Transporte de processo	Técnico de MN	Deslocação desnecessária; informação em papel
22	Deslocação à sala de espera	Técnico de MN	Deslocação desnecessária
23	Ida à casa de banho para injectados	Doente	Técnico espera pelo doente

6.2.1.2.5. Cintigrafia da tiróide

O mapa de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia da tiróide é apresentado na Figura 32. Dado que esta etapa é sequencial à primeira, a numeração das tarefas se inicia com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57.

A legenda da Figura 32 apresenta-se na página 56 e a descrição escrita das tarefas no Anexo I, página 157.

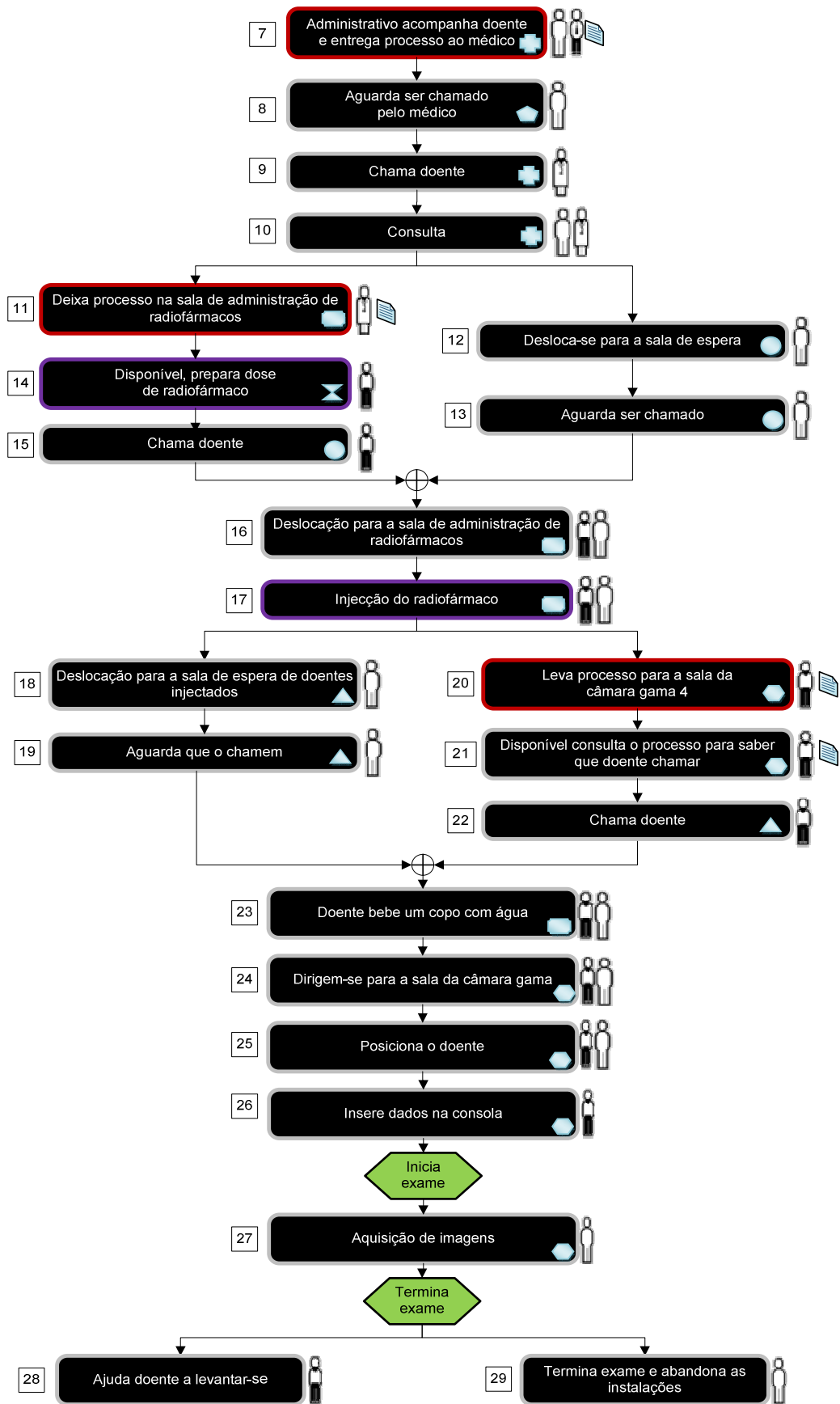


Figura 32: Mapa de fluxo de trabalho relativo à cintigrafia da tiróide

Com base nas tarefas descritas no mapa de fluxo de trabalho/informação da Figura 32, na Tabela 13 são identificados os pontos críticos desta etapa para o exame de cintigrafia da tiróide.

Tabela 13: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à cintigrafia da tiróide.

Tarefa	Descrição	Intervenientes	Ponto crítico
7	Deslocação até ao gabinete médico	Administrativo	Deslocação desnecessária; informação em papel
8	Permanência no corredor	Doente	Tempo de espera
11	Transporte de processo para sala de administração de radiofármacos	Médico	Deslocação desnecessária; informação em papel
13	Permanência na sala de espera	Doente	Tempo de espera
15	Deslocação à sala de espera	Técnico de MN	Deslocação desnecessária
19	Permanência na sala de espera de injectados	Doente	Tempo de espera
20	Transporte de processo para sala da câmara gama 2	Técnico de MN	Deslocação desnecessária; informação em papel
22	Deslocação à sala de espera	Técnico de MN	Deslocação desnecessária
23	Ingestão de água	Doente	Técnico espera pelo doente

6.2.1.2.6. Densitometria óssea

O mapa de fluxo de trabalho relativo à densitometria óssea é apresentado na Figura 33. Uma vez que a 2ª Etapa é sequencial à primeira, a numeração das tarefas não se inicia com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57.

A legenda da Figura 33 apresenta-se na página 56 e a descrição escrita das tarefas no Anexo I, página 159.

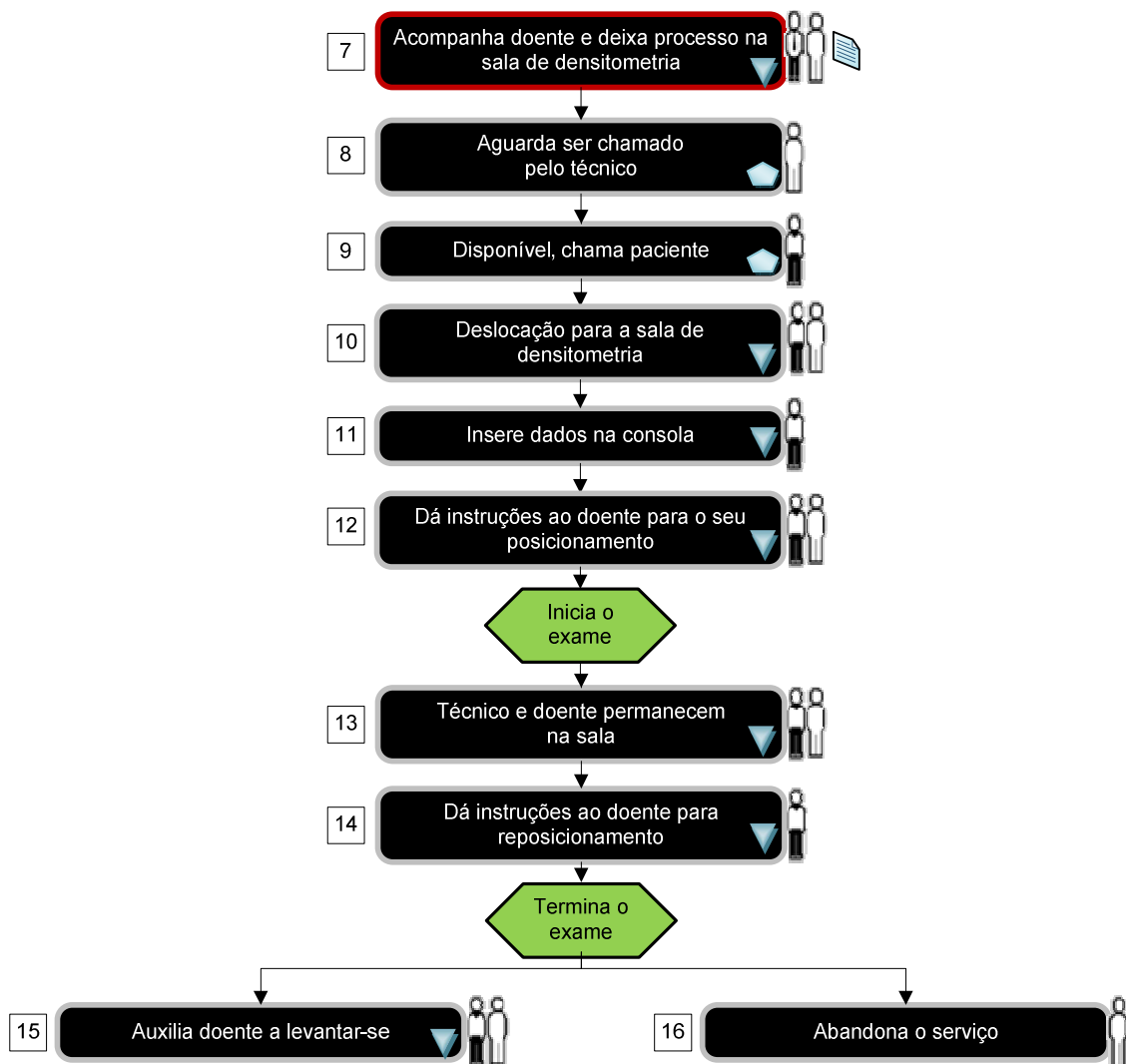


Figura 33: Mapa de fluxo de trabalho relativo à densitometria óssea

Tendo em conta as tarefas descritas no mapa de fluxo de trabalho/informação da Figura 33, na Tabela 14 identificam-se os pontos críticos desta etapa para o exame de densitometria óssea.

Tabela 14: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à densitometria óssea.

Tarefa	Descrição	Intervenientes	Ponto crítico
7	Deslocação até ao gabinete médico	Administrativo	Deslocação desnecessária; informação em papel
8	Permanência no corredor	Doente	Tempo de espera

6.2.1.3. 3ª Etapa do Processo: Do processamento de exames ao envio de resultados

Embora esta etapa tenha lugar na sequência das anteriores, uma vez as tarefas que inclui não envolvem a presença do doente inicia-se uma nova numeração das mesmas. Esta 3ª Etapa geralmente não é executada imediatamente após o término da 2ª Etapa e o interregno pode variar de acordo com o exame que constitui a 2ª Etapa. Esta etapa é semelhante para todos os exames respeitantes à 2ª Etapa do Processo à excepção da densitometria óssea, pelo que abordaremos a *3ª Etapa do Processo: Do processamento de exames ao envio de resultados* de duas formas:

- *posterior à 2ª Etapa excepto para a densitometria óssea e*
- *posterior à 2ª Etapa da densitometria óssea.*

6.2.1.3.2. Posterior à 2ª Etapa excepto para a densitometria óssea

O mapa de fluxo de trabalho relativo à 3ª Etapa do Processo: Do processamento do exame ao envio do resultado é apresentado de seguida na Figura 34.

Dado que esta versão da 3ª Etapa é sequencial à 2ª Etapa para os exames cintigrafia de perfusão do miocárdio, com ^{201}Tl e $^{99\text{m}}\text{Tc}$, renograma e cintigrafias renal, óssea e da tiróide, poderá consultar a *2ª Etapa do Processo* para os exames referidos nas páginas 58, 61, 64, 66 e 68, respectivamente.

A legenda da Figura 34 apresenta-se na página 56 e a descrição escrita das tarefas desta etapa no Anexo I, página 160.

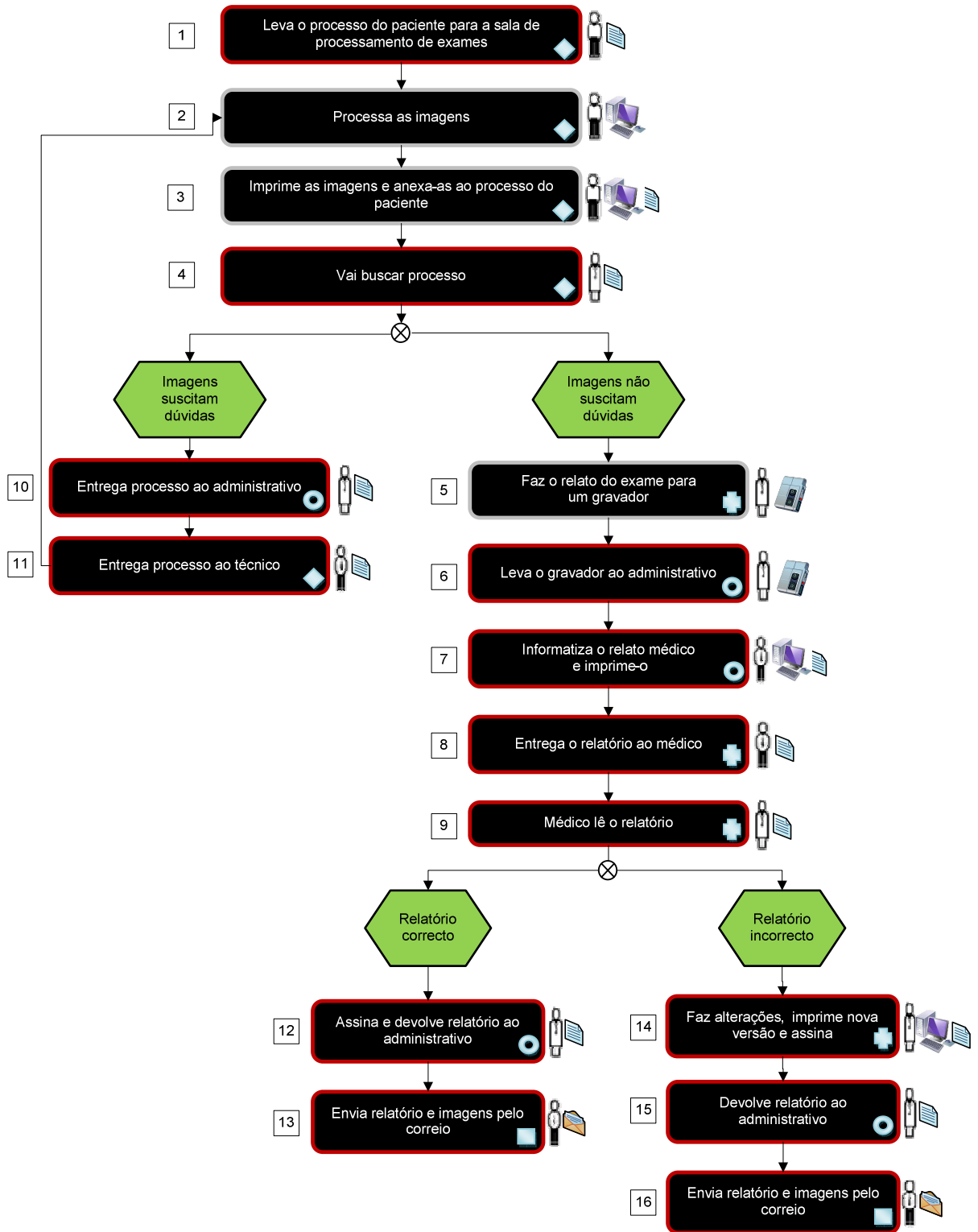


Figura 34: Mapa de fluxo de trabalho relativo à 3ª Etapa para todos os exames excepto a densitometria óssea.

Tendo por base as tarefas descritas no mapa de fluxo de trabalho/informação da Figura 34, na Tabela 15 são identificadas os pontos críticos desta etapa para todos os exames, excepto a densitometria óssea.

Tabela 15: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à 3ª Etapa para todos os exames à excepção da densitometria óssea.

Tarefa	Descrição	Intervenientes	Ponto crítico
1	Transporte de processo até sala de processamento	Técnico de MN	Deslocação desnecessária; informação em papel
3	Impressão de imagens e anexo ao processo	Técnico de MN	Informação em papel
4	Transporte de processo para gabinete médico	Médico	Deslocação desnecessária; informação em papel
5	Relato do exame	Médico	Obriga a transcrição
6	Transporte de gravador até gabinete administrativo	Médico	Deslocação desnecessária
7	Transcrição do relato médico	Administrativo	Obriga a transcrição
8	Transporte de relatório médico até ao gabinete médico	Administrativo	Deslocação desnecessária

6.2.1.3.3. Posterior à 2ª Etapa do exame de densitometria óssea

O mapa de fluxo de trabalho relativo à 3ª Etapa do Processo: *Do processamento do exame ao envio do resultado* para o exame de densitometria óssea é apresentado de seguida na Figura 35.

Esta etapa é sequencial à 2ª Etapa para o exame de densitometria óssea que poderá ser consultada na página 74.

A legenda da Figura 35 apresenta-se na página 56 e a descrição escrita das tarefas desta etapa no Anexo I, página 161.

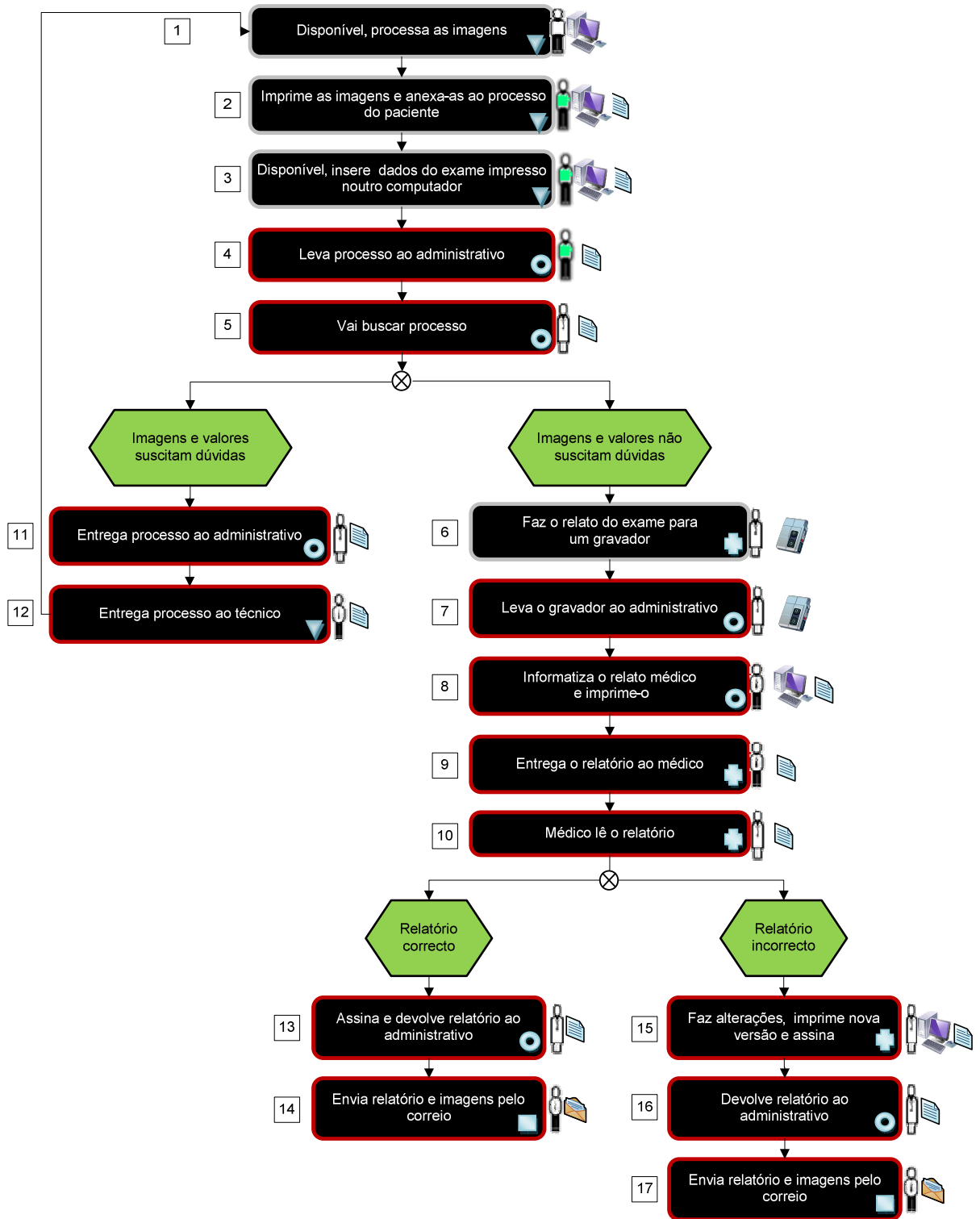


Figura 35: Mapa de fluxo de trabalho relativo à 3ª etapa: do processamento ao envio do exame de densitometria óssea.

Tendo em conta as tarefas descritas no mapa de fluxo de trabalho/informação da Figura 35, na Tabela 16 são identificados os pontos críticos da 3ª Etapa do Processo para o exame de densitometria óssea.

Tabela 16: Tarefas passíveis de futura minimização ou eliminação referentes à 3ª etapa exame de densitometria óssea.

Tarefa	Descrição	Intervenientes	Ponto crítico
2	Impressão de imagens e anexo ao processo	Técnico	Informação em papel
3	Inserção de dados	Administrativo	Dados já se encontram em formato digital
4	Transporte de processo	Técnico de Análises Clínicas	Deslocação desnecessária; informação em papel
5	Transporte de processo	Médico	Deslocação desnecessária
6	Relato do exame	Médico	Obriga a transcrição
7	Transporte de gravador	Médico	Deslocação desnecessária
8	Transcrição do relato médico	Administrativo	Transcrição obrigatória
9	Transporte de relatório médico	Administrativo	Deslocação desnecessária

6.2.2. Fase M - Medição

Uma vez definidos os processos e identificados os respectivos pontos críticos, deu-se início à segunda fase da metodologia Seis Sigma, a Fase M - Medição. Com base nestes dados poderá calcular-se a duração das diversas tarefas e determinar quais as tarefas de valor acrescentado.

Esta fase foi desenvolvida de 25 de Março a 16 de Junho para as duas primeiras etapas, 1ª e 2ª Etapa do Processo, enquanto para 3ª Etapa do Processo decorreu de 11 de Maio a 3 de Julho. Os dados recolhidos relacionados com a 3ª Etapa do Processo podem ou não estar relacionados com os dados referentes à 1ª e 2ª Etapas, ou seja, a recolha de dados referentes à 3ª Etapa inclui

resultados de exames que foram alvo de recolha de dados para as etapas anteriores, embora estes não se encontrem discriminados, e contém também dados relativos a resultados de exames que não foram alvo do estudo nas 1ª e 2ª Etapas.

6.2.2.2. Recolha de dados referente à 1ª Etapa do Processo – A admissão

Dada a impossibilidade de permanência na área de acesso condicionado e na sala de espera simultaneamente, nesta etapa os dados recolhidos não foram obtidos por observação directa. A hora marcada (horário atribuído ao doente para entrada no serviço) foi consultada, de acordo com o nome do doente, no sistema de marcação diária de exames enquanto a hora de admissão foi retirada do processo do doente em questão e corresponde à hora em que este efectua a admissão aquando da chegada ao serviço.

A hora marcada e hora de admissão são recolhidas no formato (horas: minutos) [(hh:mm)].

Tabela 17: Metodologia de recolha de dados relativos à
1ª Etapa do Processo.

Data	Doente N
Hora marcada	
Hora de admissão	
Hora da entrada na área de acesso condicionado	

6.2.2.3. Recolha de dados referente à 2ª Etapa do Processo – A realização do exame

Nesta fase é recolhida a hora, no formato (horas: minutos: segundos) [(hh:mm:ss)] referente ao início ou término das tarefas em que o doente intervém. Estes dados foram recolhidos presencialmente na área de acesso condicionado, de acordo com o exame em estudo.

6.2.2.3.2. Cintigrafia de perfusão do miocárdio

Os dados relacionados com a cintigrafia de perfusão do miocárdio são diferentes e por isso foram recolhidos tendo em conta os parâmetros que os distinguem, ou seja, utilizando metodologias diferentes para a recolha de dados consoante o exame em questão fosse realizado utilizando ^{201}Tl ou $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi.

a. Cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl

No que concerne à cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl , foram recolhidos os parâmetros horários das tarefas descritas na Tabela 18.

Tabela 18: Metodologia de recolha de dados relativos à 2ª Etapa para a cintigrafia de perfusão do miocárdio.

Data	Doente N
Entrada na área de acesso condicionado	
Entrada no vestiário	
Saída do vestiário	
Entrada na sala de administração de radiofármacos	
Saída da sala de administração de radiofármacos	
Entrada na sala de provas funcionais	
Saída da sala de provas funcionais	
Entrada no vestiário	
Saída do vestiário	
1ª Entrada na sala da câmara gama 2	
Saída da sala da câmara gama 2	
2ª Entrada na sala da câmara gama 2	
Saída da sala da câmara gama	

b. Cintigrafia de perfusão do miocárdio com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi

No que respeita à cintigrafia de perfusão do miocárdio com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi, foram recolhidos os parâmetros horários das tarefas descritas na Tabela 19.

Tabela 19: Metodologia de recolha de dados relativos à 2ª Etapa para a cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m}Tc-Sestamibi.

Data	Doente N
Hora da entrada na área de acesso condicionado	
Entrada no gabinete médico	
Saída do gabinete médico	
Entrada na sala da administração de radiofármacos	
Saída da sala de administração de radiofármacos	
1ª Entrada na sala de apoio	
Saída da sala de apoio	
1ª Entrada na sala da câmara gama 2	
Saída sala da câmara gama 2	
Entrada no vestiário	
Saída do vestiário	
Entrada na sala de provas funcionais	
Saída da sala de provas funcionais	
Entrada no vestiário	
Saída do vestiário	
2ª Entrada na sala de apoio	
Saída da sala de apoio	
2ª Entrada na sala da câmara gama 2	
Saída da sala câmara gama 2	

6.2.2.3.3. Renograma e cintigrafias renal, óssea e da tiróide

De acordo com cada procedimento foram recolhidos os horários de início e fim de várias tarefas. Os dados recolhidos tiveram em conta os diferentes procedimentos do renograma e das cintigrafias renal óssea e tiróideia. Para cada um destes exames, caso tenha sido recolhida a informação relacionada com as tarefas consideradas na 1ª coluna da Tabela 20, é assinalada com **X** a coluna respeitante ao exame.

Tabela 20: Metodologia de recolha de dados relativos à 2ª Etapa para o renograma e cintigrafias renal, óssea e da tiróide.

Data	Doente N	Renograma	Cintigrafia		
			Renal	Óssea	Tiróide
Entrada na área de acesso condicionado		X	X	X	X
Entrada no gabinete médico		X	X	X	X
Saída do gabinete médico		X	X	X	X
Entrada na sala de administração de radiofármacos				X	X
Saída da sala administração de radiofármacos				X	X
Entrada na sala da câmara gama		X	X	X	X
Saída da sala da câmara gama		X	X	X	X
2ª Entrada na sala da câmara gama			X		
Saída da sala da câmara gama			X		

6.2.2.3.4. Densitometria óssea

Para o caso da densitometria óssea, os parâmetros horários recolhidos estão relacionados com as tarefas descritas na Tabela 21.

Tabela 21: Metodologia de recolha de dados relativos à 2ª Etapa para a densitometria óssea.

Data	Exame
Doente N	
Entrada na área de acesso condicionado	
Entrada na sala de densitometria	
Saída da sala de densitometria	

6.2.2.4. Recolha de dados referente à 3ª Etapa do Processo – Do processamento de exames ao envio de resultados

A recolha de dados referentes à 3ª Etapa do Processo foi realizada de acordo com a Tabela 22. Diariamente, durante o período de recolha de dados, o número de resultados de exames enviados foi reunido consoante o tipo de exame a que dizia respeito e o número de dias úteis após a sua realização.

Por exemplo, no dia 13 de Maio foram enviados resultados de exames relativos a 4 densitometrias. Destas densitometrias, 3 haviam sido realizadas 6 dias úteis antes do envio e a outra 10 dias úteis. Assim, na linha correspondente à *densitometria*, assinalar-se-ia a frequência de resultados enviados 6 dias após a realização do exame, com um 3 na coluna respeitante a 6 dias úteis após a 2ª Etapa e com um 1 na coluna respeitante a 10 dias úteis após a 2ª Etapa.

Não é contabilizado o dia da realização do exame mas sim o dia do envio.

Tabela 22: Metodologia de recolha de dados relativos à 3ª Etapa do Processo.

Dias úteis após 2ª etapa		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Mais
Densitometria																	
Miocárdio																	
Renograma																	
Cintigrafia	Renal																
	Óssea																
	Tiróide																
Outros																	

6.2.3. Fase A – Análise

Os protocolos de aquisição de imagens para os diversos exames não serão incluídos na análise, uma vez que tal não se enquadra no âmbito do trabalho. Pelo contrário, o tempo de *uptake* a que o doente é sujeito será alvo análise.

Com base nos dados recolhidos aquando da fase M – Medição, foi calculada a duração média das diversas tarefas que constituem as duas primeiras etapas.

Uma vez que a 1ª e 2ª Etapas se encontram interligadas, sendo a 2ª subsequente à 1ª, a análise será desenvolvida incluindo simultaneamente os dados reunidos na 1ª Etapa e na 2ª Etapa em todos os processos.

Para estas duas Etapas foram realizadas medidas da duração de tarefas que envolvem a presença do doente.

Em relação à 3ª Etapa, foi recolhido o tempo total que esta demora desde o seu início até ao seu término pela impossibilidade de controlar individualmente as tarefas que a constituem. Assim, apesar de haver a 3ª Etapa para a densitometria óssea e a 3ª Etapa para os restantes exames, estas foram analisadas em conjunto pois, como já foi referido, as tarefas constituintes não foram analisadas em particular, mas sim a duração total de toda a Etapa. Isto é possível pois estas Etapas começam e terminam da mesma forma, com a saída do doente do serviço e com o envio do resultado do exame, respectivamente.

6.2.3.2. Análise de dados referentes à 1ª e 2ª Etapas do Processo

6.2.3.2.1. Cintigrafia de perfusão do miocárdio

Em 4 dias, foram seguidos um total de 53 exames cintigráficos de perfusão do miocárdio, tendo 25 destes sido realizados usando como radiotraçador o ^{201}Tl e os restantes com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi.

a. Cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl

Dos procedimentos médicos que envolvem a administração de radiofármacos, este é o único em que o doente não se dirige primeiramente ao gabinete médico. Tal acontece, pois a prova de esforço é realizada na presença da equipa de Cardiologia, que inclui o médico cardiologista, sendo a recolha de dados de

interesse para a história clínica elaborada nessa altura.

Este exame realiza-se somente durante um dia por semana, geralmente à sexta-feira e tendo em conta que, de acordo com dados da administração do ICNAS, se realizam em média 12 cintigrafias de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl por semana, uma amostra de 25 medições recolhida em duas semanas representa aproximadamente 104% do total de exames realizado em média por semana.

Desta forma, às sextas-feiras, as cintigrafias de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl são realizadas por ordem de chegada do doente ao serviço e os doentes, por sua vez, realizam sequencialmente as tarefas sempre respeitando a mesma ordem.

Estes exames realizam-se somente na sala da câmara gama 2, pois é nesta sala que está instalada a única câmara gama de 2 detectores instalada no Serviço. A utilização desta câmara permite uma aquisição de imagens de perfusão do miocárdio mais rápida, quer em esforço quer em repouso (reduz para metade o tempo de aquisição de imagens quando comparada com uma câmara gama com um só detector, como é o caso das restantes câmaras do serviço).

Como podemos aferir da observação da Tabela 23, excluindo as tarefas “Espera até 1ª entrada na sala da câmara gama” e “Espera até 2ª entrada na sala da câmara gama”, o tempo de espera total médio é de cerca de 15,7% do tempo total de permanência do doente no serviço.

As tarefas referidas anteriormente relacionadas com espera foram excluídas uma vez que dizem respeito, em parte, a uma espera indispensável resultante do tempo recomendado para o *uptake* do radiofármaco. A tarefa “Espera até 1ª entrada na sala da câmara gama” tem uma duração média que ronda os 10 minutos, mas que, tendo em conta as *guidelines* internacionais [20], é perfeitamente aceitável uma vez que o exame cintigráfico em esforço deverá ser iniciado 5 a 10 minutos após a injeção do ^{201}Tl , podendo este tempo estender-se, no máximo, até 30 minutos.

Quanto à tarefa “Espera até 2ª entrada na sala da câmara gama”, que representa cerca de 57,6% do tempo de permanência do doente no ICNAS, esta também inclui um período de espera recomendado de 3 a 4 horas, que para

efeitos de análise consideraremos 3:30:00, uma vez que este é o período médio aconselhável para a realização do exame, embora superior ao recomendado (3 horas).

Tabela 23: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl .

Tarefa	Duração média da tarefa (média \pm desvio padrão)	Percentagem de tempo por ciclo
Espera inicial (desde a admissão até à entrada na área de aceso condicionado)	00:16:48 \pm 00:16:47	4,90%
Espera até entrada no vestiário	00:25:41 \pm 00:30:40	7,49%
Permanência no vestiário	00:01:44 \pm 00:01:16	0,51%
Permanência na sala de administração radiofármacos	00:17:05 \pm 00:13:35	4,98%
Espera até entrada sala de provas funcionais	00:11:00 \pm 00:12:14	3,20%
Permanência sala de provas funcionais	00:18:09 \pm 00:07:10	5,29%
Permanência no vestiário	00:01:34 \pm 00:01:02	0,46%
Espera até 1ª entrada sala câmara gama	00:10:24 \pm 00:08:46	3,03%
1ª Permanência sala da câmara gama	00:18:23 \pm 00:03:28	5,36%
Espera até 2ª entrada sala da câmara gama	03:17:31 \pm 00:28:53	57,56%
2ª Permanência na sala da câmara gama	00:16:50 \pm 00:01:40	4,90%
Tempo total	05:43:09 \pm 00:50:14	100%

Esta análise requer alguma atenção, uma vez que a análise da contagem das referidas três horas e meia deve ser iniciada a partir da injeção do radiofármaco. Nesta análise o horário de injeção é considerado o horário de saída da sala de provas funcionais devido à impossibilidade de permanência na mesma para a recolha do horário exacto. Assim, as tarefas “Permanência no vestiário”, “Espera até 1ª entrada na sala da câmara gama” e “1ª Permanência na sala da câmara gama” que demoram em média 00:30:21, fazem com que a duração média da tarefa “Espera até 2ª entrada na sala da câmara gama” não

devesse ultrapassar as 02:59:39, ou 52,35% do tempo de permanência total, para que a espera efectiva (tempo realmente de espera em acréscimo ao recomendado) fosse nula. Assim, considerando a duração média das tarefas, para que o tempo entre a saída da sala de provas funcionais e a 2ª entrada para a sala da câmara gama não exceda as 03:30:00, a espera para a 2ª entrada na sala da câmara gama não deveria ultrapassar as 3 horas. Deste modo a espera efectiva média é de 00:17:52 ou seja 5,21%.

Podemos então estabelecer a comparação entre o tempo necessário (tempo de permanência do doente no serviço sem quaisquer tempos de espera) e o tempo de permanência total deste incluindo os tempos de esperas verificados, como indica a Figura 36⁹.

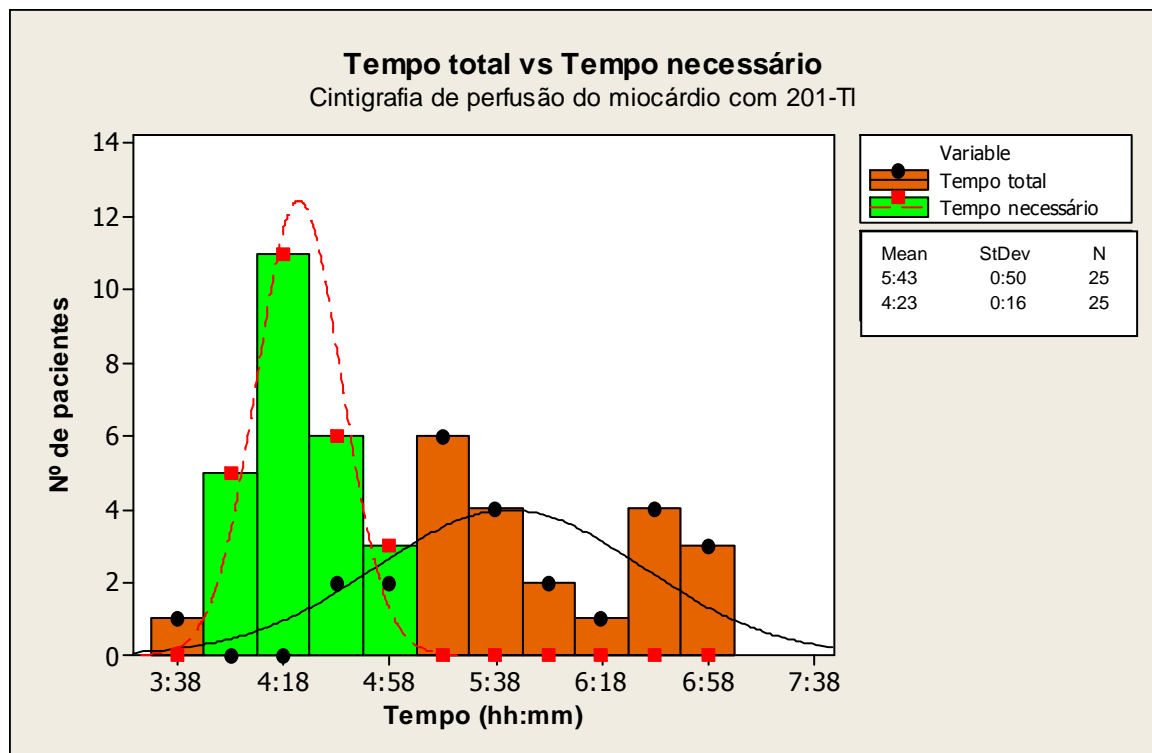


Figura 36: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma cintigrafia de perfusão do miocárdio com ²⁰¹Tl.

Estabelece-se então como tempo total de permanência a soma da morosidade das tarefas que aferimos, incluindo as de espera, e como tempo necessário, a soma dos tempos: de permanência no vestiário, de permanência na sala de

⁹ No gráfico da Figura 36 *Variable* = Variável, *Mean* = Média, *StDev* = Desvio padrão e *N* = tamanho da amostra.

administração de radiofármacos, de permanência na sala de provas funcionais, de redistribuição do ^{201}Tl (3 horas e 30 minutos) e da “2ª Permanência na sala da câmara gama”.

Pela observação do gráfico da Figura 36 é possível constatar que as tarefas de espera podem aumentar, em média, cerca de uma hora e vinte minutos o tempo de permanência do doente no serviço.

Ainda pela observação do gráfico, verifica-se que o histograma correspondente ao tempo de permanência total do doente no serviço não segue o padrão associado a uma distribuição normal, enquanto o histograma que corresponde ao tempo necessário, se aproxima deste padrão.

b. Cintigrafia de perfusão do miocárdio com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi

Uma vez que, de acordo com dados da administração, se realizam em média de 12 cintigrafias de perfusão do miocárdio com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ semanalmente e que, em duas semanas, se realizaram 28 medições de tarefas que envolvem a presença do doente que realiza este exame, a amostra obtida tem uma representatividade de 117% do total de exames realizados em média por semana.

À semelhança do que acontece com a cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{201}Tl , as cintigrafias de perfusão do miocárdio com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi só se realizam durante um dia por semana, à segunda-feira.

Os cerca de 12 doentes realizam sequencialmente as tarefas sempre respeitando a ordem de chegada. Estes exames também são realizados somente na sala da câmara gama 2, pois é nesta sala que está instalada a única câmara gama de 2 detectores, que possibilita uma mais rápida aquisição de imagens de perfusão do miocárdio quer em esforço quer em repouso.

A análise dos dados recolhidos referentes a este procedimento requer especial atenção devido à sua complexidade.

De acordo com a Tabela 24, as primeiras três tarefas de espera, “Espera inicial”, “Espera até entrada no gabinete médico” e “Espera até entrada na sala de administração de radiofármacos” representam 18,97% do tempo total de

permanência do doente no serviço. A quarta tarefa de espera, a “Espera para 1ª entrada na sala de apoio”, é praticamente nula, uma vez que o doente após a saída da sala de administração de radiofármacos, em geral, se dirige de imediato para a sala de apoio.

Tabela 24: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m}Tc -Sestamibi.

Tarefa	Duração média da tarefa (média \pm desvio padrão)	Percentagem de tempo por ciclo
Espera inicial (desde a admissão até à entrada na área de acesso condicionado)	00:27:25 \pm 00:21:30	6,30%
Espera até entrada no gabinete médico	00:11:43 \pm 00:06:58	2,69%
Permanência no gabinete médico	00:05:29 \pm 00:01:50	1,26%
Espera até entrada na sala de administração radiofármacos	00:43:24 \pm 00:32:50	9,98%
Permanência na sala de administração radiofármacos	00:04:34 \pm 00:03:37	1,05%
Espera para 1ª entrada na sala de apoio	00:00:18 \pm 00:00:12	0,07%
Permanência sala de apoio	00:10:12 \pm 00:11:28	1,85%
Espera para 1ª entrada na sala câmara gama	00:37:50 \pm 00:14:05	8,70%
1ª Permanência na sala da câmara gama	00:19:01 \pm 00:04:18	4,37%
Espera entrada vestíário	03:04:00 \pm 00:45:46	42,30%
Permanência no vestíário	00:02:21 \pm 00:01:51	0,54%
Espera entrada sala administração de radiofármacos	00:07:35 \pm 00:27:25	1,74%
Permanência na sala de administração de radiofármacos	00:11:07 \pm 00:07:47	2,55%
Espera entrada sala de provas funcionais	00:09:48 \pm 00:08:52	2,25%
Permanência sala de provas funcionais	00:18:38 \pm 00:04:46	4,28%
Espera para 2ª entrada no vestíário	00:00:06 \pm 00:00:03	0,02%
Permanência no vestíário	00:01:53 \pm 00:01:40	0,43%
Espera para a 2ª entrada na sala de apoio	00:00:45 \pm 00:01:03	0,17%
Permanência na sala de apoio	00:07:03 \pm 00:03:50	1,60%
Espera para 2ª entrada na sala da câmara gama	00:16:08 \pm 00:07:16	3,71%
2ª Permanência na sala da câmara gama	00:17:55 \pm 00:03:08	4,12%
Tempo total	07:15:00 \pm 00:59:10	100%

Quanto ao tempo de “Espera para 1ª entrada na sala da câmara gama”, este é cerca de 38 minutos, o que representa 8,7% do tempo total. De acordo com o protocolo deste exame, as imagens em repouso devem ser adquiridas 40 minutos após a injeção, ou seja, dado que o momento da injeção é considerado o da saída da sala de administração de radiofármacos, após 40 minutos o doente deveria entrar na sala da câmara gama. Para que tal acontecesse, dada a duração das tarefas intermédias que envolvem a presença do doente (“Espera para 1ª entrada na sala de apoio”, “Permanência na sala de apoio” e “Espera para 1ª entrada na sala da câmara gama”), a duração da “Espera até 1ª entrada na sala da câmara gama” deveria ser no máximo cerca de 29,5 minutos. Assim, nesta tarefa inclui-se um tempo de espera efectivo (tempo de espera para além do recomendado) de 8,33 minutos (00:08:20), ou seja 1,92% do tempo total de permanência.

Idealmente, entre a saída da sala de administração de radiofármacos e a entrada na sala de provas funcionais deveriam decorrer cerca de 4 horas mas na prática decorrem, em média, 04:40:03. Tal traduz-se numa espera efectiva de aproximadamente 40 minutos, ou seja, 9,21% do tempo total de permanência médio do doente no serviço.

Após a saída da sala de provas funcionais, o doente deveria aguardar 40 minutos até entrar novamente na sala da câmara gama para a aquisição de imagens após o esforço, mas aguarda somente, em média, 00:25:55. Resta aos técnicos de MN e médicos apurar se tal terá alguma repercussão no resultado do exame.

Tendo em consideração a análise elaborada, poderá proceder-se à comparação entre o tempo total de permanência do doente e o tempo necessário para a realização do mesmo, sendo que por tempo total de permanência se considera todo o tempo que o doente permanece no serviço, desde a admissão ao abandono do serviço, e por tempo necessário, o tempo que o exame demoraria a ser executado sem tempos de espera desnecessários.

Assim, o tempo necessário é estabelecido pela soma da morosidade das seguintes tarefas: “Permanência no gabinete médico”, “Permanência na sala de administração de radiofármacos”, espera recomendada entre a injeção para estudo em repouso e entrada na sala de provas funcionais, onde é novamente

administrado o radiofármaco para a realização do estudo em esforço (4 horas), “Permanência na sala de provas funcionais”, espera recomendada desde a administração do radiofármaco até à aquisição de imagens de esforço (40 minutos) e “2ª Permanência na sala da câmara gama”. A comparação é estabelecida no gráfico da Figura 37¹⁰.

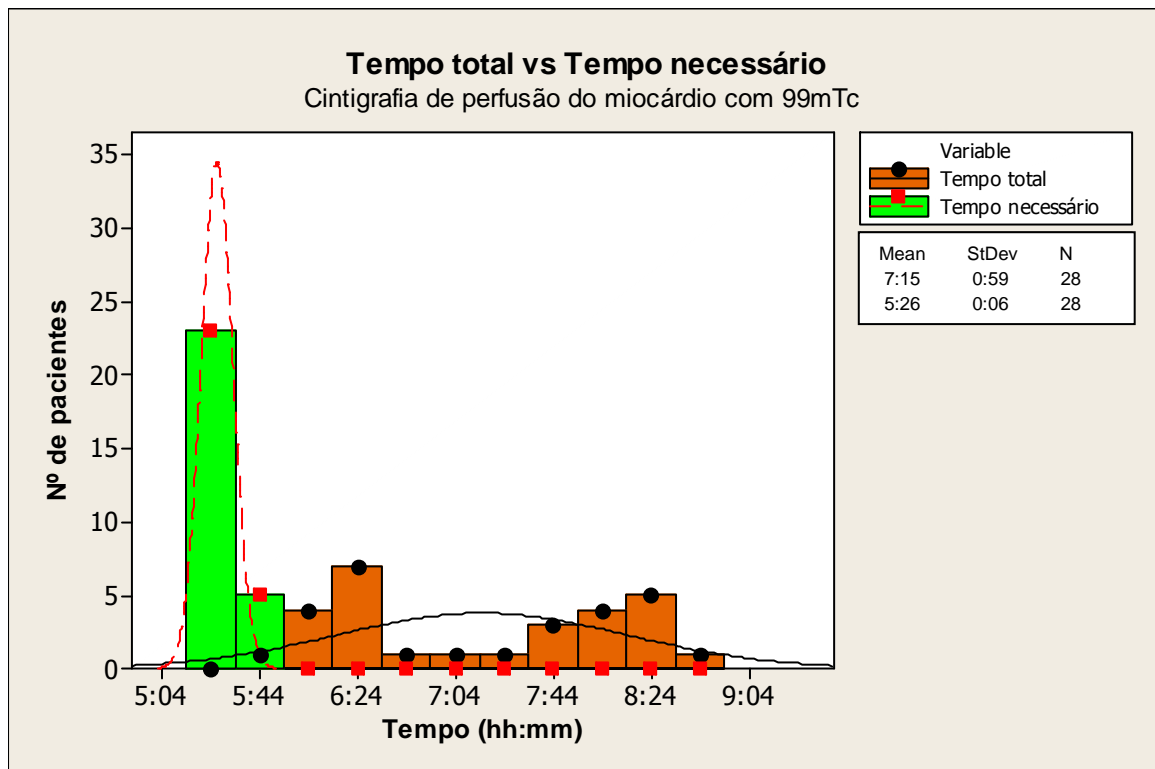


Figura 37: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m}Tc-Sestamibi.

O tempo total de permanência médio no serviço excede o tempo médio necessário à realização do exame em cerca de 1 hora 49 minutos. Também, através da análise do gráfico se pode concluir que o tempo necessário varia muito menos (desvio padrão de 6 minutos) que o tempo total de permanência (desvio padrão de 59 minutos). Tal permite ainda concluir que são os tempos de espera efectivos a verdadeira causa desta diferença.

A análise do gráfico da Figura 37 permite ainda verificar que o histograma

¹⁰ No gráfico da Figura 37: *Variable* = Variável, *Mean* = Média, *StDev* = Desvio padrão e *N* = tamanho da amostra.

correspondente ao tempo total de permanência do doente no serviço não segue o padrão associado à distribuição normal e que o que corresponde ao tempo necessário se aproxima.

6.2.3.2.2. Renograma

Tendo em conta que, de acordo com dados da administração, são realizados em média 5 renogramas por semana, considerando que, em geral, à segunda-feira não se realizam (só a título excepcional), a amostra de 17 medições recolhida ao longo de 5 semanas possui uma representatividade de 68% do total de exames realizados em média por semana.

De acordo com os dados recolhidos e apresentados na Tabela 25, a realização de um renograma demora em média 01:21:42. Deste tempo total de permanência, 35,03% é empregue em tarefas de espera antes da entrada no gabinete médico. Para além destas duas primeiras tarefas de espera, o doente aguarda ainda durante cerca de 14 minutos para a entrada na sala da câmara gama, para o início da aquisição de imagens. Os valores obtidos para a duração da tarefa “Permanência na sala da câmara gama” possuem um desvio padrão baixo, o que alerta para o facto de o elevado desvio padrão referente à duração total do exame se dever às tarefas de espera.

Tabela 25: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de um renograma.

Tarefa	Duração média da tarefa (média \pm desvio padrão)	Percentagem de tempo por ciclo
Espera inicial (desde a admissão até à entrada na área de acesso condicionado)	00:14:53 \pm 00:14:50	18,22%
Espera até entrada no gabinete médico	00:13:44 \pm 00:12:10	16,81%
Permanência no gabinete médico	00:05:07 \pm 00:01:56	6,26%
Espera entrada na sala da câmara gama	00:14:13 \pm 00:13:52	17,41%
Permanência na sala da câmara gama	00:33:45 \pm 00:04:43	41,3%
Tempo total	01:21:42 \pm 00:28:48	100%

Visto que neste exame se verificam tempos de espera significativos, já que no total o doente depende em tarefas de espera, em média, 52,44% do tempo de total de permanência no serviço, de seguida procede-se à comparação do que seria o valor médio do tempo necessário à realização do exame (sem incluir tempos de espera) e o tempo total de permanência no serviço dos 17 doentes cujo percurso foi acompanhado. De acordo com o gráfico da Figura 38¹¹, enquanto o tempo total de permanência médio tem um valor de 1 hora e 21 minutos, o tempo necessário é inferior a metade. A realização de um renograma, se não estivesse sujeita a tempos de espera, demoraria em média 38 minutos. Em jeito de conclusão, as tarefas de espera aumentam o tempo médio de permanência no serviço para cerca do dobro (aproximadamente 2,1 vezes superior) do tempo necessário à realização do mesmo.

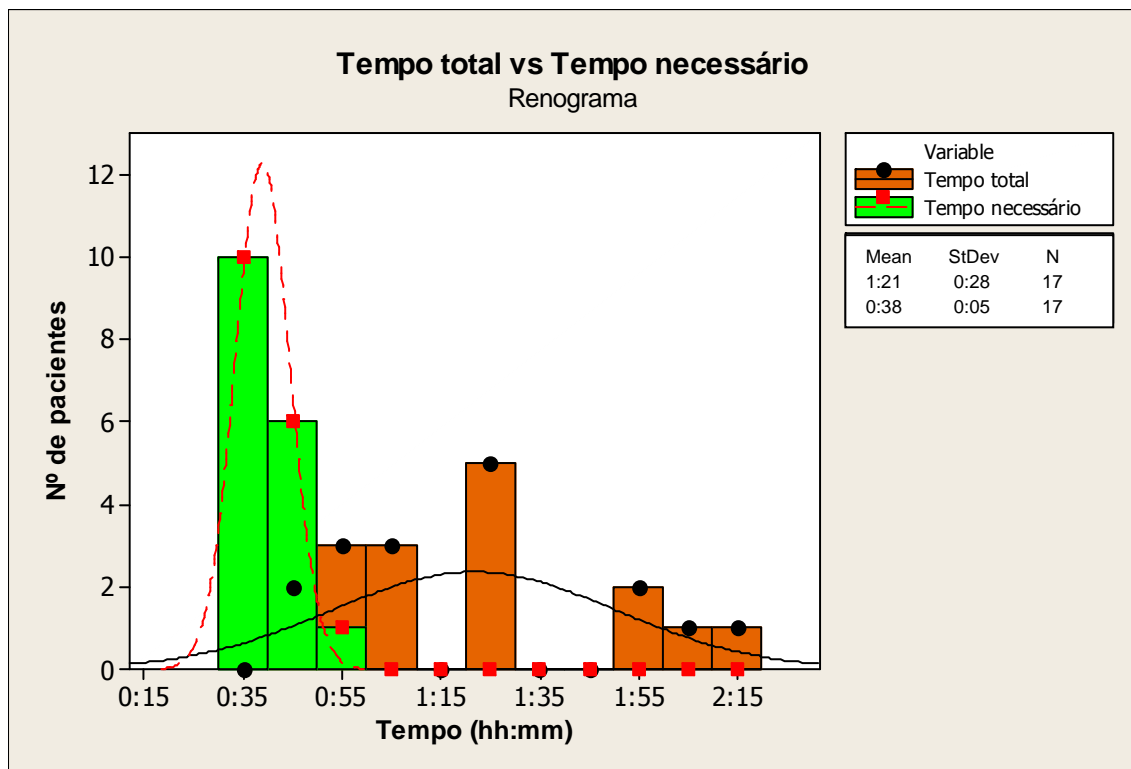


Figura 38: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de um renograma.

Ainda através da observação do gráfico, podemos constatar que o histograma

¹¹ No gráfico da Figura 38: *Variable* = Variável, *Mean* = Média, *StDev* = Desvio padrão e *N* = tamanho da amostra.

correspondente ao tempo total de permanência do doente no serviço não segue o padrão associado a uma distribuição normal, embora o tempo necessário se aproxime deste.

6.2.3.2.3. Cintigrafia Renal

Tal como o renograma, geralmente as cintigrafias renais não se realizam à segunda-feira a menos que se trate de uma urgência ou exceção. De acordo com dados cedidos pela administração, realizam-se em média 7 cintigrafias renais por semana, considerando que, em geral, à segunda-feira não se realizam (só excepcionalmente). A amostra de 18 medições que se obteve durante 4 semanas possui uma representatividade de 64% do total de exames realizados em média por semana.

Pela análise dos dados recolhidos contidos na Tabela 26, a espera desde a admissão até à entrada no gabinete médico representa 25,97% do tempo total que o doente permanece no serviço para a realização deste exame.

Tabela 26: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma cintigrafia renal.

Tarefa	Duração média da tarefa (média ± desvio padrão)	Percentagem de tempo por ciclo
Espera inicial (desde a admissão até à entrada na área de acesso condicionado)	00:11:50 ± 00:13:31	9,45%
Espera até entrada no gabinete médico	00:18:11 ± 00:12:17	14,52%
Permanência no gabinete médico	00:05:33 ± 00:01:57	4,43%
Espera entrada na sala da câmara gama	00:11:24 ± 00:09:04	9,10%
Permanência na sala da câmara gama	00:34:00 ± 00:09:58	27,16%
Espera para a 2ª entrada na sala da câmara gama	00:36:52 ± 00:18:50	29,43%
2ª Permanência na sala da câmara gama	00:07:24 ± 00:11:55	5,91%
Tempo total	02:05:14 ± 00:34:39	100,00%

A permanência no gabinete médico tem uma duração média de acordo com os restantes exames e através do valor do desvio padrão pode concluir-se que não varia muito.

Quanto à espera para a entrada na sala da câmara gama, este tempo poderá dever-se quer à necessidade do técnico preparar a dose a injectar como à indisponibilidade de câmaras gama. O tempo de permanência médio na sala da câmara gama é mais elevado do que seria de esperar uma vez que a aquisição dinâmica demora somente cerca de 25 minutos, embora este aumento se possa justificar com o tempo de posicionamento do doente e com o facto de este não ser retirado de imediato da câmara aquando do término da aquisição. A espera para a 2ª entrada na câmara gama que não deveria ultrapassar os 25 minutos chega a atingir, em média, os 37 minutos, o que significa que o doente fica sujeito a uma espera efectiva de cerca de 12 minutos.

Em suma, os dados recolhidos remetem para uma significativa diferença entre o tempo necessário à realização do exame e o tempo total que o doente permanece no serviço. Esta diferença encontra-se ilustrada no gráfico da Figura 39¹².

Podemos observar que o tempo total de permanência médio do doente no serviço é de 2 horas e 5 minutos enquanto este exame idealmente poderia ser realizado em apenas 1 hora e 11 minutos.

Ainda pela observação da Figura 39 é possível verificar que o histograma correspondente ao tempo total de permanência do doente no serviço não segue o padrão associado a uma distribuição normal e que o tempo necessário se aproxima deste mesmo padrão.

¹² No gráfico da Figura 39: *Variable* = Variável, *Mean* = Média, *StDev* = Desvio padrão e *N* = tamanho da amostra.

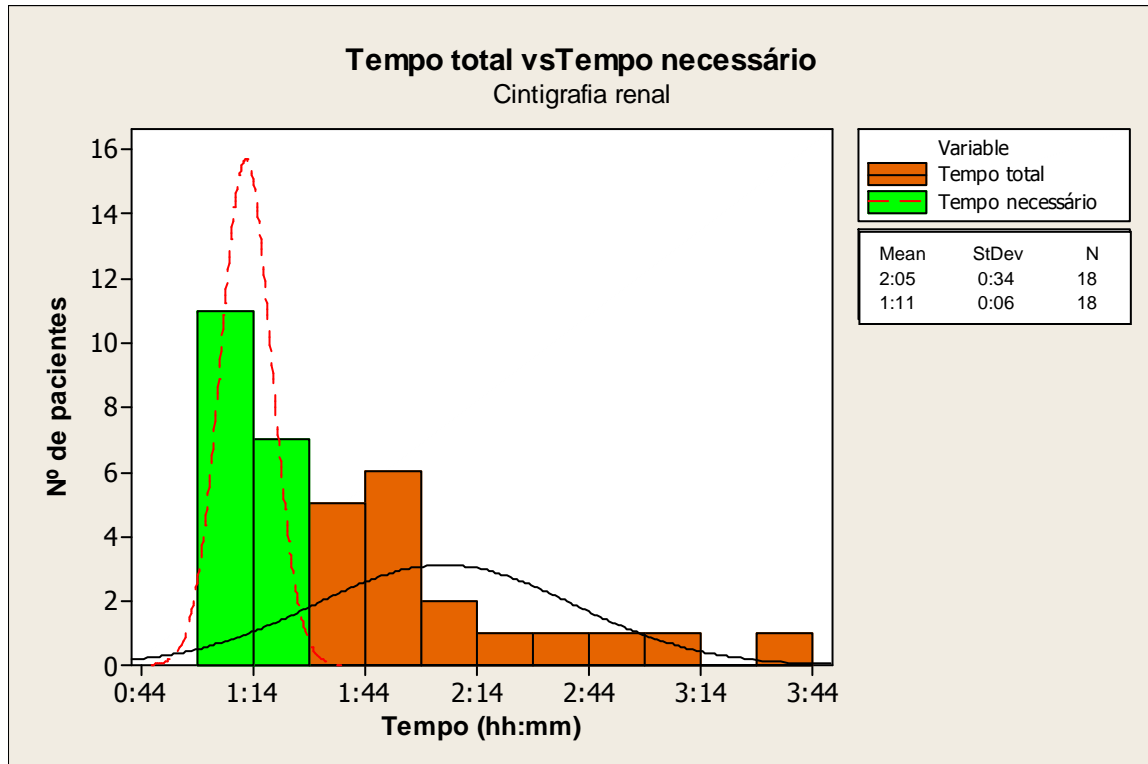


Figura 39: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma cintigrafia renal.

6.2.3.2.4. Cintigrafia óssea

As cintigrafias ósseas são exames que se realizam diariamente e com elevada frequência no serviço de MNC do ICNAS, em muito graças às três câmaras gamas que o serviço possui à sua disposição que permitem a sua realização. Às segundas e sextas-feiras a frequência de cintigrafias ósseas é menor que nos restantes dias uma vez que uma das câmaras gama está permanente ocupada com a realização dos estudos de perfusão do miocárdio.

Tendo em conta que se realizam em média 46 cintigrafias ósseas por semana, a amostra de 27 medições recolhida durante 2 semanas possui uma representatividade de 29,3% do total de exames realizados em média por semana.

Pela análise da Tabela 27 é possível constatar que desde a admissão até à entrada no gabinete médico o doente despende aproximadamente 15% do

tempo total médio que permanece no serviço.

Tabela 27: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma cintigrafia óssea.

Tarefa	Duração média da tarefa (média ± desvio padrão)	Percentagem de tempo por ciclo
Espera inicial (desde a admissão até à entrada na área de acesso condicionado)	00:36:40 ± 00:30:54	11,10%
Espera até entrada no gabinete médico	00:12:39 ± 00:19:14	3,83%
Permanência no gabinete médico	00:06:11 ± 00:01:50	1,87%
Espera entrada na sala de administração de radiofármacos	00:41:45 ± 00:43:45	12,64%
Permanência na sala de administração de radiofármacos	00:04:43 ± 00:04:36	1,43%
Espera para entrada na sala da câmara gama	02:41:03 ± 00:18:45	48,75%
Permanência na sala da câmara gama	01:07:20 ± 00:17:44	20,38%
Tempo total	05:30:21 ± 00:49:13	100,00%

Depois da consulta o doente está novamente envolvido numa tarefa de espera para a entrada na sala de administração de radiofármacos, que ocupa, em média, mais de 40 minutos e que representa 12,64% do tempo total de permanência do doente no serviço.

Após a administração do radiofármaco, o doente deverá aguardar entre 2 a 5 horas, sendo que o tempo de *uptake* praticado no ICNAS é de 2 horas e 30 minutos a 3 horas.

Logo, o tempo médio de espera para entrada na sala da câmara gama (02:41:03) está entre os valores recomendados, embora constitua cerca de 48,75% do tempo total.

Por ser de interesse para o ICNAS e para o estudo em questão, é efectuada a comparação entre os tempos totais de permanência e necessário, este último apresentado como resultado da soma do tempo de permanência no gabinete médico, na sala de administração de radiofármacos, 3 horas de *uptake* e o tempo de permanência na sala da câmara gama, ou seja, excluindo os tempos

de espera. Esta comparação é apresentada no gráfico da Figura 40¹³.

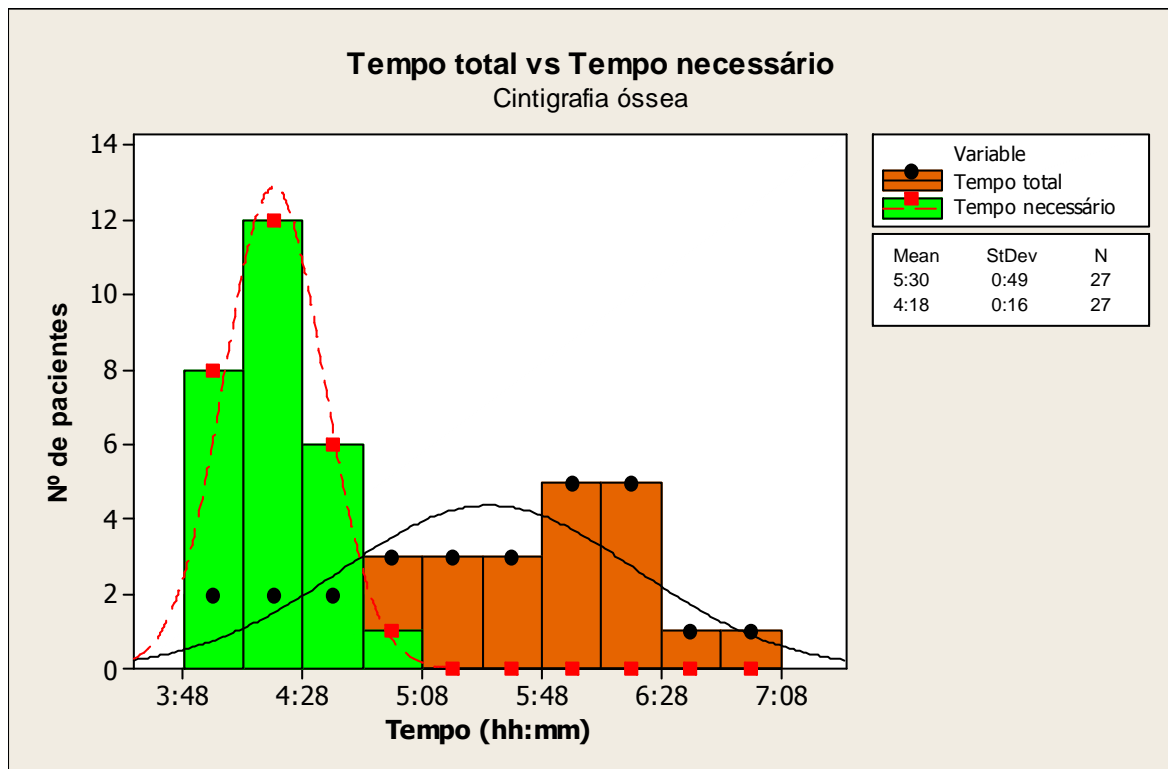


Figura 40: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma cintigrafia óssea.

A diferença entre o tempo total de permanência médio e o tempo necessário médio é superior a 1 hora, mais precisamente 1 hora e 12 minutos. Neste caso, a diferença deve-se maioritariamente a tempos de espera.

Da análise do gráfico podemos ainda verificar que o histograma correspondente ao tempo total de permanência do doente no serviço não segue o padrão associado a uma distribuição normal, enquanto o histograma respeitante ao tempo necessário à realização do exame se aproxima do padrão referido.

6.2.3.2.5. Cintigrafia da tiróide

As cintigrafias da tiróide são exames que se realizam diariamente, uma vez que

¹³ No gráfico da Figura 40: *Variable* = Variável, *Mean* = Média, *StDev* = Desvio padrão e *N* = tamanho da amostra.

o serviço possui uma câmara gama somente dedicada à aquisição de imagens da tiróide, não interferindo com a realização de outros exames que são realizados nas restantes três câmaras.

Tendo em conta que se realizam em média 25 cintigrafias tiroideias por semana (de acordo com dados cedidos pela administração), a amostra de 26 medições recolhida durante 4 semanas possui uma representatividade de 26% do total de exames realizados em média por semana.

A análise dos dados recolhidos e presentes Tabela 28 na remete para a morosidade das tarefas de espera anteriores à entrada no gabinete médico. Um doente presente no serviço para a realização de uma cintigrafia da tiróide, desde a admissão até à entrada no gabinete médico espera em média cerca de 25 minutos, consumindo nestas tarefas aproximadamente 27% do tempo de permanência no serviço.

Tabela 28: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma cintigrafia tiroideia.

Tarefa	Duração média da tarefa (média ± desvio padrão)	Percentagem de tempo por ciclo
Espera inicial (desde a admissão até à entrada na área de acesso condicionado)	00:12:44 ± 00:15:58	14,12%
Espera até entrada no gabinete médico	00:11:53 ± 00:08:22	13,20%
Permanência no gabinete médico	00:05:55 ± 00:02:40	6,56%
Espera até entrada na sala de administração de radiofármacos	00:08:24 ± 00:08:09	9,32%
Permanência na sala de administração de radiofármacos	00:04:38 ± 00:03:19	5,15%
Espera até entrada na sala da câmara gama	00:32:32 ± 00:13:26	36,10%
Permanência na sala da câmara gama	00:14:00 ± 00:07:33	15,54%
Tempo total	01:30:07 ± 00:32:50	100,00%

Depois da saída do gabinete médico o doente aguarda em média 00:08:24. Este tempo poderá ter origem na preparação da dose a injectar ou a adaptação a horários de outros doentes já presentes no serviço para a realização do mesmo

exame. Após a administração do radiofármaco o doente deveria esperar entre 15 a 30 minutos, sendo o ideal 20 minutos. Em vez disso o doente aguarda em média cerca de 32 minutos e meio, o que se traduz numa espera efectiva para o doente superior a 12 minutos.

Desta forma, deverá ser do interesse da instituição estabelecer uma comparação entre o tempo total de permanência médio de um doente no serviço e o tempo necessário médio que ele despenderia se não fosse sujeito a tarefas de espera. Esta comparação está patente no gráfico da Figura 41¹⁴.

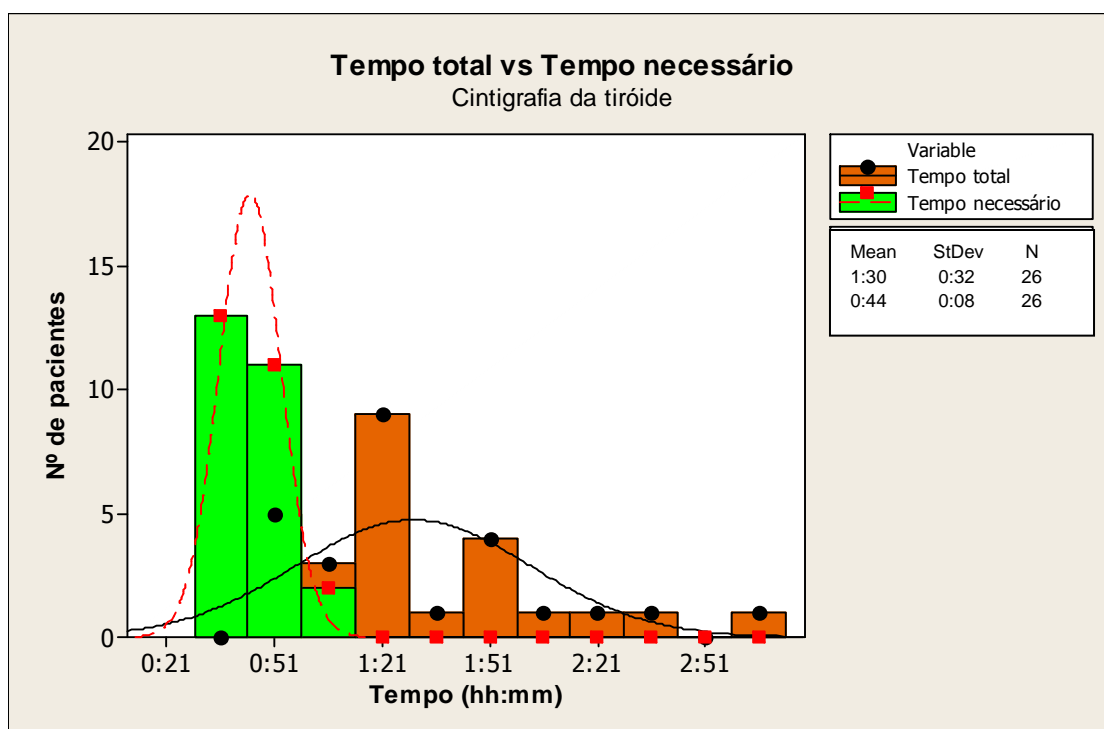


Figura 41: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma cintigrafia da tiróide.

O tempo necessário é dado pela soma do tempo que o doente permanece no gabinete médico, na sala de administração de radiofármacos, na sala da câmara gama ao qual ainda se adiciona o tempo de *uptake* recomendado para este exame (20 minutos).

¹⁴ No gráfico da Figura 41: *Variable* = Variável, *Mean* = Média, *StDev* = Desvio padrão e *N* = tamanho da amostra.

A partir da sua análise constatamos que o tempo necessário médio para a realização do exame (44 minutos) é menos de metade do tempo total médio que o doente permanece para a realização do mesmo (1 hora e 30 minutos).

A análise do gráfico permite ainda conferir que o histograma correspondente ao tempo total de permanência no serviço não segue o padrão associado a uma distribuição normal, enquanto o histograma correspondente ao tempo necessário se aproxima desse mesmo padrão.

6.2.3.2.6. Densitometria óssea

A densitometria óssea é um exame que geralmente não se realiza nem à segunda nem à sexta-feira, por uma questão de gestão de recursos humanos, uma vez que nestes dias se procede à realização de cintigrafias de perfusão miocárdio. Para a realização deste exame é utilizado o osteodensitómetro instalado na sala de densitometria, utilizado somente para a realização deste exame.

Dado que, de acordo com dados da administração, se realizam em média 9 densitometrias ósseas por semana, a amostra de 20 medições recolhida ao longo de 5 semanas possui uma representatividade de 44,4% do total de exames realizados em média por semana.

De acordo com os dados recolhidos, apresentados na Tabela 29, 68,54% do tempo total de permanência do doente no serviço é consumido em tarefas de espera.

Tabela 29: Dados relativos à duração de tarefas que envolvem a presença do doente na realização de uma densitometria óssea.

Tarefa	Duração média da tarefa (média ± desvio padrão)	Percentagem de tempo por ciclo
Espera inicial (desde a admissão até à entrada na área de acesso condicionado)	00:30:47 ± 00:39:58	50,82%
Espera até entrada na sala da densitometria	00:10:44 ± 00:13:59	17,72%
Permanência na sala de densitometria	00:19:03 ± 00:03:45	31,46%
Tempo total	01:00:35 ± 00:40:22	100,00%

No entanto, é necessário ter em atenção que, no que diz respeito as estas tarefas de espera, o desvio padrão é superior ao valor médio o que aponta para uma elevada discrepância dos valores dos tempos de espera a que foram sujeitos os doentes cujo percurso foi acompanhado.

Dada a sua utilidade, a comparação entre o tempo total de permanência do doente no serviço e o tempo necessário para a realização do exame é apresentada no gráfico da Figura 42¹⁵.

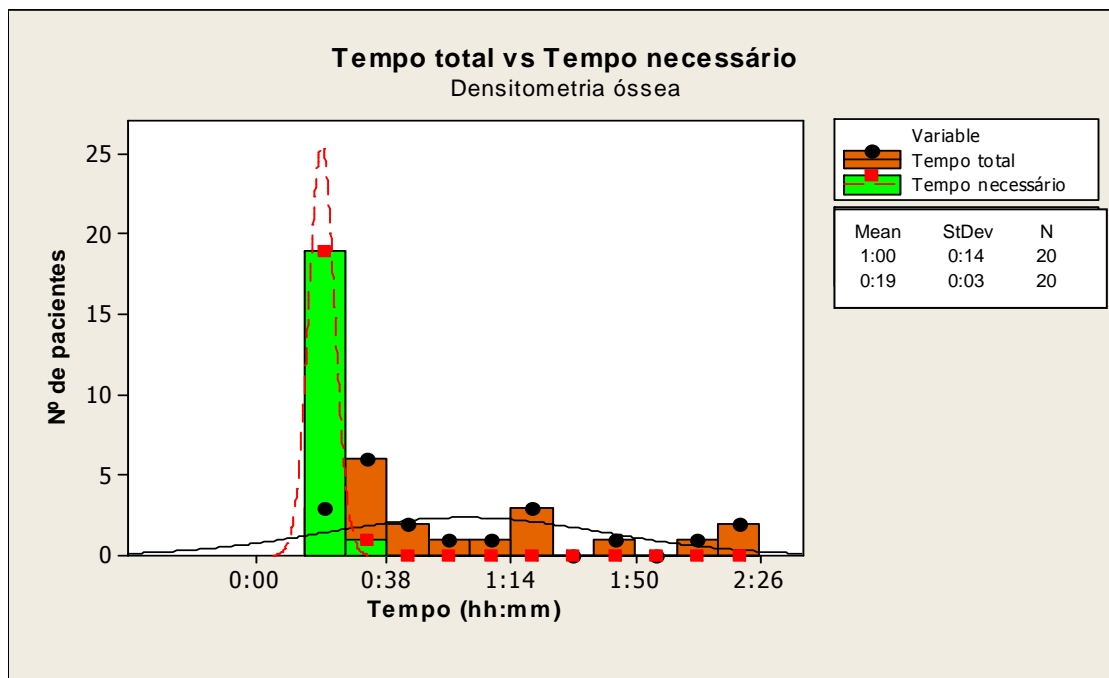


Figura 42: Gráfico ilustrativo da comparação entre o tempo total e o tempo necessário de permanência para realização de uma densitometria óssea.

Pela observação do gráfico podemos constatar a elevada disparidade entre os valores médios de tempo total de permanência no serviço e tempo necessário. Em média, o tempo necessário (somente a permanência na sala da densitometria, uma vez que as restantes tarefas são de espera) é inferior a um terço do tempo total de permanência no serviço para a realização deste exame. Ainda por análise ao gráfico constata-se que o histograma correspondente ao tempo total de permanência do doente no serviço não segue o padrão associado

¹⁵ No gráfico da Figura 42: *Variable* = Variável, *Mean* = Média, *StDev* = Desvio padrão e *N* = tamanho da amostra.

a uma distribuição normal ao contrário do histograma correspondente ao tempo necessário que em muito se assemelha.

6.2.3.3. Análise de dados referentes à 3ª Etapa do Processo

Os dados referentes à 3ª Etapa dos processos foram recolhidos durante 38 dias úteis. Ao longo de cada um destes dias foram contabilizados os exames enviados nesse mesmo dia para o seu destinatário final, seja ele o centro de saúde da área de residência do doente ou o seu domicílio. Em 14 dos 38 dias úteis em que foi realizada esta análise não foram enviados quaisquer resultados. Foram obtidos os dados apresentados na Figura 43.

No total, foram enviados:

- 64 resultados de densitometrias ósseas em 6 dos 24 dias úteis em que se enviaram exames via correio, oscilando o tempo de envio destes entre 3 a 8 dias úteis após a realização do exame;
- 216 resultados de cintigrafias de perfusão do miocárdio (número este que inclui quer as realizadas com ^{99m}Tc -Sestamibi quer com ^{201}Tl) em 11 dos 24 dias úteis, na sua grande maioria enviados à 6ª-feira por razões relacionadas com a necessidade da presença do médico cardiologista, para a verificação e assinatura do relatório médico. Os resultados deste exame são geralmente enviados 4 a 5 dias úteis após a sua realização (frequentemente os exames realizados à 6ª-feira tendem a demorar 5 dias úteis uma vez que tal só acontece na semana seguinte, enquanto que os resultados das cintigrafias de perfusão ao miocárdio com ^{99m}Tc -Sestamibi, geralmente realizadas à 2ª-feira, são enviados na 6ª-feira dessa mesma semana, perfazendo deste modo 4 dias após a realização do exame);
- 352 resultados de cintigrafias ósseas em 19 dos 24 dias em que foram enviados resultados de exames, sendo a sua grande maioria encaminhada para o destinatário final 4 a 5 úteis após a sua realização;
- 45 resultados de cintigrafias renais em 6 dos 24 dias em que foram enviados resultados de exames. Estes são enviados 5 a 6 dias úteis após a sua realização;

- 28 resultados de renogramas em 4 dos 24 dias em que se enviou correio. Estes resultados demoram cerca de 5 dias úteis a ser enviados, embora possam demorar 8 dias úteis ou não ultrapassar os 3;
- 174 resultados de cintigrafias tiroideias em 15 dos 24 dias em que foram enviados resultados destes exames. Estes são remetidos ao destinatário final entre 3 a 6 dias após a sua realização;
- 19 resultados de diversos outros exames realizados no ICNAS, enviados em 6 dos 24 dias em que se enviou correio. A demora da sua prontidão para o envio ronda os 7 dias úteis mas por vezes atinge os 15.

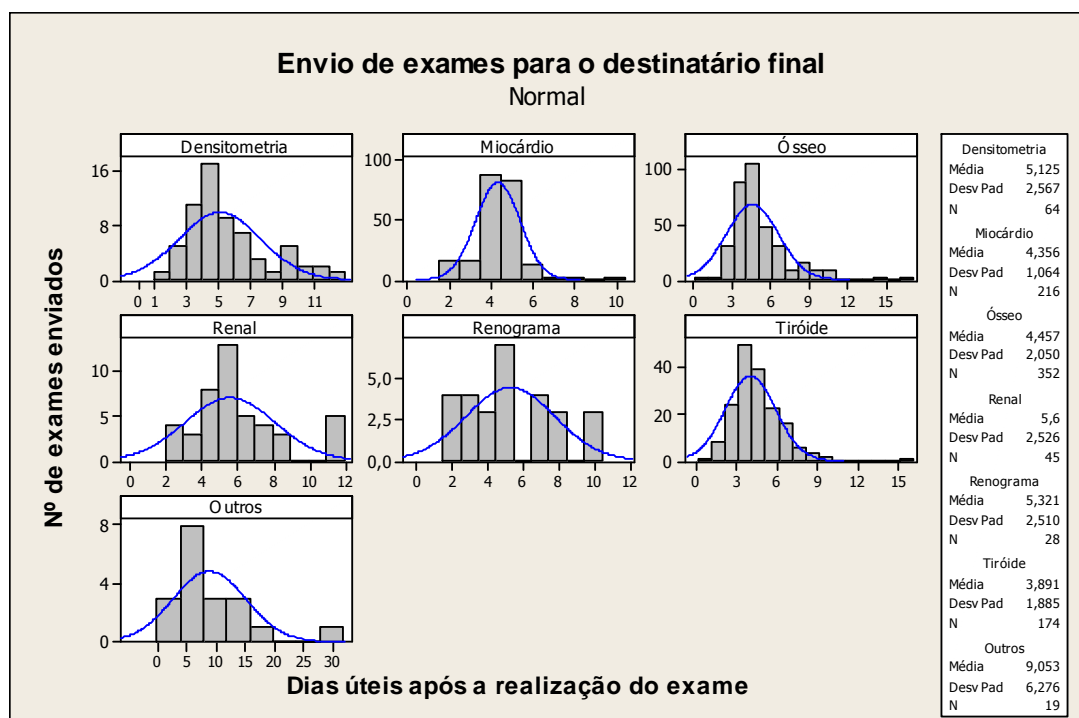


Figura 43: Gráfico referente à morosidade de envio dos resultados de exames realizados no serviço de MNC do ICNAS

6.2.4. Fase I – Implementação de soluções

A Fase I - Implementação de soluções sucede à fase de *Análise*.

Após o término da fase de *Análise*, e tendo por base protocolos, *guidelines* e directivas anteriormente referidas e o conhecimento do funcionamento do serviço *in loco*, poderão ser elaboradas algumas sugestões, as quais deverão posteriormente ser sujeitas à devida avaliação / apreciação por parte da entidade

competente no serviço.

Relativamente à 1ª e 2ª Etapas, a sugestão iria para uma reformulação dos horários de marcação de exames (feita informaticamente a partir do dia 1 de Abril de 2009) de modo a aproximar o mais possível o tempo total de permanência do doente no serviço ao tempo necessário à realização do exame e assim atingir o padrão associado à distribuição normal para o tempo de permanência.

Deste modo, idealmente deveria ser realizado um número total fixo de exames por dia, de acordo com o dia da semana de modo a conseguir manter um número médio de exames semanal cujo desvio-padrão seja o mais reduzido possível.

Assim, de acordo com a Tabela 30, haverá um aumento de exames realizados em média por dia de 25 para 30¹⁶, caso se proceda à implementação deste esquema. Consegue-se o aumento do número médio de exames realizados por semana: cintigrafias ósseas aumentam de 45 para 58, os renogramas de 5 para 10, as cintigrafias renais de 7 para 15, as cintigrafias da tiróide de 25 para 28 e as densitometrias de 9 para 15.

Tabela 30: Sugestão de número de marcações por dia da semana, de acordo com o exame.

Exame / dia da semana	Média semanal	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira	
Miocárdio	24	12 (^{99m} Tc)	0	0	0	12 (²⁰¹ Tl)	
Renograma	10	5	0	0	0	5	
Cintigrafia	Renal	15	0	5	5	5	0
	Óssea	58	8	14	14	14	8
	Tiróide	28	5	6	6	6	5
Densitometria	15	0	5	5	5	0	

Assim, considera-se que os horários de marcação poderão seguir as seguintes sugestões consoante o dia da semana:

- para os exames a realizar às segundas-feiras as sugestões estão

¹⁶ Nota: Este aumento só será possível após a implementação da sugestão relacionada com o aumento do número de técnicos de MN apresentada de seguida

contidas na Tabela 31;

- para as terças, quartas e quintas-feiras apresentam-se na Tabela 32 e
- para as sextas-feiras na Tabela 33.

Quando o mesmo horário de marcação é atribuído a mais do que um doente, o número de vezes que tal acontece aparece após o horário, entre parêntesis.

Tabela 31: Sugestão para horário de marcação de exames a realizar à segunda-feira.

Exames	Nº de exames	Horários de marcação para a segunda-feira
Miocárdio	12	10h (2); 10:30 (2), 11h, 11h30, 12h, 12h30, 13h, 13h30, 14h e 14h30
Renograma	5	8h30 (2), 9h (2) e 9h30
Cint. renal	0	Não se efectuam
Cint. óssea	8	8h (2), 9h (2), 10h (2) e 11h (2)
Cint. tiróide	5	9h, 9h30, 10h, 10h30, 11h
Densitometria	0	Não se efectuam

Tabela 32: Sugestão para horário de marcação de exames a realizar à terça, quarta e quinta-feira.

Exames	Nº de exames	Horários de marcação para a terça, quarta e quinta-feira
Miocárdio	0	Não se efectuam
Renograma	0	Não se efectuam
Cint. renal	5	8h30 (2), 9h (2) e 9h30
Cint. óssea	14	8h (3), 9h (3), 10h (2), 10h30; 11h (2); 11h30 e 12h (2)
Cint. tiróide	6	9h, 9h30, 10h, 10h30 e 11h
Densitometria	5	14h, 14h30, 15h, 15h30, 16h

Tabela 33: Sugestão para horário de marcação de exames a realizar à sexta-feira.

Exames	Nº de exames	Horários de marcação para a sexta-feira
Miocárdio	12	8h (2), 8h30 (2), 9h (2), 9h30, 10h, 10h30, 11h, 11h30 e 12h
Renograma	5	8h30 (2), 9h (2), 9h30 (1)
Cint. renal	0	Não se efectuam
Cint. óssea	8	8h (2), 9h (2), 10h (2) e 11h (2)
Cint. tiróide	5	9h, 9h30, 10h, 10h30 e 11h
Densitometria	0	Não se efectuam

Em relação às cintigrafias de perfusão do miocárdio realizadas à segunda-feira, estas não podem ser marcadas para a partir das 8 horas uma vez que a equipa de cardiologia só chega ao serviço às 14 horas e, desta forma, o doente teria de aguardar da mesma forma mais do que o necessário para a realização da prova de esforço.

Quanto às cintigrafias renais e renogramas, a sua realização foi associada a dias diferentes em prol de uma redução dos custos inerentes à marcação dos radiofármacos para a realização destes exames. Também o fluxo de trabalho poderá melhorar e a exposição associada à marcação de radiofármacos diminuir, dado que também o técnico que faz a marcação dos radiofármacos diariamente (geralmente ao início do dia), não tenha de o fazer para tantos radiofármacos.

Os diversos outros exames realizados no ICNAS deverão ser introduzidos neste horário de marcações consoante as falhas no mesmo por falta de doentes para preencher os horários agendados diariamente.

Na marcação de exames é muito importante a comunicação entre médicos, técnicos de MN e administrativos, para que o trabalho em equipa produza um resultado final o mais próximo possível do ideal.

Quanto à marcação de consultas pelo paciente, que até data, é feita pessoal ou telefonicamente, poderia também ser possível através do site do ICNAS na internet.

O administrativo dispõe de uma *interface* que lhe permite seleccionar o dia e mês para o qual pretende marcar determinado exame. A impossibilidade de, ao seleccionar o dia/mês, poder ter acesso ao total de exames agendados para essa data numa única página, impede que tenha uma visão da carga total diária, de modo a evitar marcar mais exames em dias sobrelotados e colocá-los em dias mais tranquilos. A criação da *interface* referida constitui também uma sugestão.

Foi estabelecida uma forma de reduzir/eliminar os pontos críticos relacionados com as tarefas de espera em que o interveniente era o doente. Em relação aos outros pontos críticos presentes na secção dedicada à Fase D - Definição, tais

como o transporte de informação em formato de papel, tal poderia ser contornado informatizando todo o sistema.

Embora o processo do doente possua uma folha de rosto colorida de acordo com o exame que está a realizar, que permite diferenciá-los, caso a recepção, o gabinete médico, a radiofarmácia e as salas das câmaras gama possuíssem computadores ligados através de um sistema de informação alargado e especializado, que permitisse a consulta do processo do doente em formato digital, poderiam ser evitadas deslocações desnecessárias de sala para sala e enganos associados a trocas de processos. A criação deste sistema poderá, no entanto, ser influenciada pela dimensão do serviço.

Outro aspecto que poderá ser melhorado é o facto de, muitas vezes, o doente se deslocar acompanhado pelo técnico. Assim, para garantir a qualidade do serviço, poderia ser contratado um auxiliar de acção médica que pudesse acompanhar o doente em algumas deslocações, deixando os técnicos disponíveis para outras tarefas e evitando, por vezes, esperas desnecessárias.

De forma a evitar também deslocações desnecessárias dos técnicos/auxiliares para a chamada de doentes e tendo em conta que as diferentes salas do serviço estão devidamente identificadas desde o dia 14 de Abril de 2009, os doentes poderiam ser convocados através de um sistema de alta voz, instalado nas salas de espera, em que fosse indicada a sala a que se deverão dirigir.

Poderá ainda ser dada uma sugestão relativamente ao número de técnicos de MN no serviço, que se considera em número insuficiente para fazer frente ao volume de trabalho e ao número de câmaras gama instaladas no serviço. A legislação menciona a presença obrigatória de 2 técnicos de MN por câmara gama [18]. Ora, uma vez que o serviço possui 4 câmaras gama, o número de técnicos de MN em funções no serviço deveria ser 8 mas existem somente 3. A sugestão iria exactamente no sentido de colocar 2 técnicos por câmara gama, um deles direccionado para o posicionamento do doente e outro para a inserção de dados na consola. Tal poderia evitar esperas desnecessárias e diminuir a exposição à radiação, uma vez que seria diminuído o tempo na presença da fonte de radiação.

A sugestão relativa ao aumento de técnicos de MN tem por base não só a

agilização dos processos, diminuindo o tempo de espera, mas também a diminuição da exposição. Enquanto, presentemente, as tarefas relacionadas com o manuseamento de substâncias radioactivas são desempenhadas por 3 técnicos, com o aumento de número de técnicos de MN no serviço, e consequente partilha das mesmas, a exposição à radiação diminuiria.

Regista-se também a falta de um farmacêutico preferencialmente com formação em Radiofarmácia, uma vez que as instalações do serviço de MNC integram uma radiofarmácia. A presença do farmacêutico seria importante durante a preparação e manipulação dos radiofármacos e para a realização dos testes de controlo de qualidade aos mesmos.

Os técnicos deverão ter como uma das principais preocupações garantir que a câmara gama permaneça sem qualquer doente o mínimo tempo possível, para assim maximizar o rendimento e diminuir o tempo de espera do doente.

Outra sugestão iria no sentido de ser feito um investimento na compra de uma outra câmara gama de dois detectores, em substituição da câmara gama mais antiga, que data de 1987, colocando o colimador *pinhole* que esta possui numa das outras câmaras existentes no serviço com um só detector. Esta segunda câmara gama de dois detectores, à semelhança da já existente no serviço, permitiria a redução do tempo da aquisição de imagens para metade e um melhor fluxo de doentes. Esta sugestão é apresentada também tendo em conta que o Manual de Referenciação de Medicina Nuclear, em relação aos equipamentos de imagem, aconselha a utilização preferencial de câmaras gama de dois detectores, uma vez que estas permitem, em alguns exames, tempos de realização menores e, como tal, maior rentabilização de recursos e conforto para o doente.

De acordo com os diagramas de fluxo de trabalho, em determinadas situações de elevado tempo de espera obrigatório, o doente abandona o serviço e quando regressa não espera na sala de espera para doentes injectados mas sim na sala de espera pública. Tal poderá ser justificado dadas as dimensões reduzidas daquela sala ou pelo simples facto de não oferecer qualquer forma de

entretenimento. A sugestão ia no sentido de disponibilizar revistas/jornais diários ou instalar uma pequena televisão num suporte de parede, evitando assim ocupar espaço disponível para as cadeiras.

Aquando da passagem na recepção, o administrativo deveria dar a indicação ao doente para que aguardasse na dita sala.

Dado que no decorrer da recolha de dados foram registadas diversas avarias nas câmaras gama uma outra sugestão irá no sentido de serem realizadas revisões periódicas e controlo de qualidade das câmaras gama (diário e semanal) bem como dos calibradores de dose. Esta sugestão é desenvolvida na secção 8.6..

Deveria também ser efectuado o controlo de qualidade dos radiofármacos que são administrados ao doente. Esta sugestão é abordada na secção 8.7..

Sugere-se ainda que em dia de avaria de qualquer câmara gama, o número e horário de marcação de exames seja reajustado.

Relativamente à *3ª Etapa do Processo*, as sugestões prendem-se com a necessidade de agilizar o processo de relato oral, passagem do registo fonográfico a documento escrito, autenticação por parte do Director do ICNAS e envio para os serviços requisitantes, evitando esperas por parte do destinatário final.

Segundo a Rede de Referenciação em Medicina Nuclear “deverá ser desenvolvido um sistema de aferição de demora média na emissão de relatórios, sendo que a demora média óptima não deve exceder os dois dias úteis”. Poderiam ainda ser os próprios médicos a escrever directamente o relatório médico evitando assim a sua transcrição e deslocações desnecessárias.

Caso fizessem o relato, este deveria ser feito utilizando um gravador que permita a transformação imediata de voz para texto, utilizando *software* adequado.

O envio dos exames é feito através de “correio azul”, embora pudesse ser estudada a possibilidade de o mesmo acontecer via internet.

Quanto à *3ª Etapa do Processo para a densitometria óssea*, ainda na sala de densitometria, não deveria ser necessária a transcrição de dados informatizados

manualmente para outro computador. A sugestão seria a criação de uma ligação da consola do densitómetro ao sistema de gestão de dados do ICNAS para que tal não fosse obrigatório.

6.2.5. Fase C – Controlo

A última fase da metodologia *Seis Sigma* está relacionada com o controlo e garantia de sucesso das soluções implementadas. Uma vez que foram apresentadas somente algumas sugestões teóricas passíveis da dita aprovação e implementação, este passo é inexecutável.

Capítulo 7

Avaliação de aspectos de radioprotecção no ICNAS

A radioprotecção em instalações de Medicina Nuclear compreende que actividades como o manuseamento, produção, transporte, utilização, armazenamento e eliminação de radionuclídeos médicos sejam realizadas respeitando elevados padrões de segurança e protecção contra radiações.

Assim, a prática da protecção radiológica começa com a utilização benéfica dos critérios de maximização da distância à fonte, minimização do tempo de exposição e a utilização de blindagens, em adição à adopção do princípio ALARA.

Qualquer instalação de Medicina Nuclear instituída em Portugal deverá respeitar a legislação nacional e implementar os princípios expressos nas Directivas EURATOM em vigor, com especial destaque para as Directivas 97/43 e 96/29. Deverá, então, satisfazer todos os requisitos constantes do Formulário 4 da Direcção Geral de Saúde, respeitante ao licenciamento de uma Instalação de Medicina Nuclear, que transcreve a legislação nacional.

A avaliação de aspectos de radioprotecção e segurança que se segue foi desenvolvida com base no conhecimento do funcionamento normal de alguns equipamentos.

7.1. Planeamento das instalações

O ICNAS dispõe de barreiras de protecção, adequadas à função a que se destinam, calculadas com base na actividade máxima dos diferentes radionuclídeos a utilizar ou armazenar, na carga máxima de trabalho diária, nas dimensões do local em estudo e no tempo de exposição. Foram também considerados os factores de ocupação das áreas com exposição a radiações ionizantes, áreas adjacentes e a sua acessibilidade para trabalhadores, doentes e membros do público.

Convém salientar que estes cálculos foram efectuados por diversos profissionais, envolvidos no processo de planeamento das instalações do ICNAS, e não no âmbito deste estudo.

Para a elaboração destes cálculos, no que respeita à irradiação profissional, foram estabelecidos como limites os recomendados pela publicação ICRP 60 e directivas EURATOM, transcritas para a legislação nacional. Foi então considerado o limite de 0,01 mSv/h, correspondente a 2000 horas de trabalho por ano, ou seja, 40 horas semanais durante 50 semanas.

Para a irradiação não-profissional foram considerados também os limites recomendados pela ICRP 60, que correspondem a uma irradiação média de 0,0005 mSv/h, para o mesmo período, ou seja, 2000 horas.

As mesmas condições de cálculo foram aplicadas a portas e outras separações, como os vidros instalados quer nas salas das câmaras gama quer na sala de controlo dos tomógrafos, que permitem a visualização do doente e ao mesmo tempo garantem a protecção do TPE.

Segundo o artigo 11.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de Novembro, as restrições de dose utilizadas no planeamento da instalação estão de acordo com os limites impostos.

Os resultados dos cálculos consideram que as doses pessoais prováveis são inferiores aos limites permitidos. Acresce ainda a esse facto que na elaboração destes cálculos, para os pisos -1 e 0, não foram considerados alguns factores de atenuação em situações em que o doente deve ser encarado como a principal

fonte de radiação (como o próprio doente e o decaimento radioactivo do radionuclídeo) [31].

Como o piso -2 não se destina à prática clínica, as considerações de segurança e protecção radiológica foram apenas relativas à segurança dos trabalhadores e do ambiente, de forma análoga às de uma instalação de radiologia industrial.

A realização de medidas, utilizando o equipamento de monitorização de radiação ambiental do Instituto (monitores de área), permite comprovar a validade dos resultados dos cálculos efectuados.

7.2. O ciclotrão e os laboratórios de radiofarmácia (piso -2)

Na área do ciclotrão as fontes de radiação são o próprio ciclotrão, como gerador de radiação corpuscular, e os radionuclídeos produzidos através das reacções nucleares entre as partículas aceleradas e o alvo seleccionado, de acordo com o objectivo da produção (consultar algumas características deste equipamento na secção 5.1.1. da página 40). Do ponto de vista radiológico, este é um dos elementos determinantes do planeamento das instalações, devido aos seus requisitos de blindagem, pois este acelerador de partículas não é auto-blindado.

O ciclotrão encontra-se, por isso, encerrado num *bunker* de paredes de dois metros de betão com porta de igual espessura, munida de sistemas automáticos de controlo para abertura e fecho. Antes de ser activado, as pessoas são evacuadas da área que é selada. A porta do *bunker* encaixa nas paredes e dispõe de mecanismos associados de segurança como o soar um alarme enquanto abre/fecha lentamente, a interrupção do seu movimento quando é detectado pelos seus sensores algum impedimento, bem como a possibilidade de cessar de imediato a sua deslocação em caso de emergência. Caso seja accionada a paragem de emergência, é necessário o desbloqueamento deste interruptor.

O ciclotrão dispõe ainda outro mecanismo de segurança associado ao seu funcionamento, relacionado com a existência de uma chave de segurança que

terá de estar colocada na sala de controlo na posição *ON*, para que este entre em funcionamento. Caso o operador do ciclotrão necessite de entrar no *bunker* deve colocar a chave na posição *OFF*, retirá-la e levá-la consigo. No *bunker*, por sua vez, deve colocá-la na posição *OFF* para evitar que alguém possa accionar o ciclotrão. Quando abandona o *bunker* coloca a chave para a posição *ON*, retira-a e leva-a novamente para a sala de controlo do ciclotrão, onde a coloca na posição *OFF*. Assim, quando na sala de controlo do ciclotrão, esta só é colocada na posição *ON* para a produção dos radionuclídeos.

O sistema de monitorização de débito de dose de área, localizado no interior da sala do ciclotrão, permite verificar os níveis de radioactividade caso seja necessário entrar na sala depois da irradiação de alvos, através da leitura dos mesmos na unidade de leitura instalada junto à porta do ciclotrão. Por outro lado, o monitor localizado do lado de fora permite conferir a eficácia da blindagem, através da leitura do valor na mesma unidade. Associado a esta unidade de leitura está um alarme visual em coluna de cores.

Durante o funcionamento do ciclotrão, a inspecção dos níveis de radiação consistiu em medir, no exterior do *bunker* do ciclotrão, débitos de dose devidos a neutrões e radiação gama, produzidos no seu interior. A radiação residual (*background*) é medida quando o ciclotrão não está em funcionamento.

Para tal foi utilizado o sistema de monitorização do fluxo de neutrões na antecâmara de acesso ao *bunker*, na *corette* técnica (atrás do *bunker*, junto da zona de saída para o laboratório de radiofarmácia) e na sala de espera do piso 0 (por se encontrar imediatamente acima do *bunker*) para a realização de medições e verificação da segurança das instalações no que diz respeito a radiação neutrónica.

Pôde concluir-se que o *bunker* garante que a radiação não ultrapassa os limites legais nas áreas controladas, vigiadas e públicas.

As células blindadas onde são sintetizados e fraccionados os radiofármacos a administrar possuem mecanismos próprios de protecção e segurança, alguns deles referidos na secção 5.1.2. da página 40. A radiação emitida é, sobretudo, radiação gama resultante da aniquilação de positrões, que pode atingir níveis

bastante elevados. O facto de os sistemas de síntese e fraccionamento, instalados nas células blindadas, serem automatizados minimiza a exposição dos TPE.

O débito de dose de área presente nos laboratórios de radiofarmácia, onde estão instaladas as células blindadas, pode ser devidamente monitorizado devido à presença de monitores de área nessas instalações. Dado que as unidades de leitura a que estão ligados estes monitores de área, se encontram no exterior do laboratório, é possível verificar os níveis de radioactividade antes de entrar.

7.3. Dosimetria de área

O conhecimento da distribuição das doses de radiação ambiental no ICNAS é importante não apenas para o controlo da dose ocupacional, verificando a existência de níveis de operação seguros, mas também para planear correctamente actividades e adquirir blindagens adicionais que eventualmente possam ser necessárias [32].

A rede de detectores fixos do ICNAS que regista o débito de dose em determinadas zonas, como apresenta a Figura 23 da página 49, demonstra ser eficaz relativamente à medida dos níveis de radiação ambiental e na detecção de alterações destes níveis nas áreas onde se encontram instalados os monitores. Pode portanto ser encarada como um instrumento útil em acções de optimização de níveis de actividade ambiental.

7.4. Aspectos gerais

Alguns dos sistemas físicos destinados à protecção dos trabalhadores do ICNAS e do público em geral são:

- blindagem robusta constituída por barreiras físicas de protecção contra as radiações em todas as áreas passíveis de possuir elevadas doses de radiação;
- libertação de radioactividade para a atmosfera continuamente monitorizada

por um detector de radiação (*Stack Monitor*) instalado na extracção principal do sistema AVAC, incluindo filtros especiais de carvão activado nos três sistemas de extracção (*bunker* do ciclotrão, células blindadas e extracção geral). Este detector dispõe de um dispositivo de alarme que é accionado quando a actividade detectada excede o limite imposto pelo físico responsável;

- interruptores especiais ligados às portas de acesso aos laboratórios de radiofarmácia do piso -2 e às caixas de transferência instaladas no mesmo que asseguram a conservação dos gradientes de pressão exigidos pois garantem que as mesmas só podem ser abertas quando a anterior estiver fechada;
- sistema de controlo e interrupção da transferência de substâncias radioactivas entre o ciclotrão e as células blindadas e entre os módulos de síntese e de fraccionamento automático de doses;
- mecanismo de segurança que garante que o tomógrafo PET só inicia o seu funcionamento se as portas da sala do tomógrafo se encontrarem fechadas. A sala de controlo dispõe ainda de um alarme luminoso relativo à detecção de raios-X.
- sistema de alarme sonoro e visual, baseado num conjunto de monitores de área de radiação gama, instalados em zonas de risco, accionados caso os limites de segurança radiológica pré-definidos sejam excedidos;
- monitor de radiação de pés e mãos, equipado com sonda de roupa, instalado à entrada do piso -2;
- monitores de contaminação portáteis;
- sistema de dosimetria pessoal, que consiste na utilização de dosímetros individuais e ainda de dosímetros de anel termoluminescentes (TLD), estes últimos somente para os TPE dos pisos -2 e -1. A leitura dos dosímetros é efectuada mensal (Categoria A) e trimestralmente (Categoria B), sendo o fornecimento e leitura destes prestado por uma empresa externa ao Instituto;
- dispositivos de sinalização fotoluminescentes (trifólio, que simboliza o perigo contra a radiação ionizante, preto sobre fundo amarelo) nas áreas de utilização de substâncias radioactivas.

Os sistemas físicos de protecção são reforçados por um conjunto de normas administrativas, como por exemplo:

- o piso -2 tem acesso restrito a pessoal com formação e preparação em segurança radiológica, com recurso à necessidade de digitação de um código pessoal e intransmissível que permita a entrada no mesmo.
- Para além de luvas, no piso -2 é obrigatório o uso de protectores para sapatos descartáveis;
- o uso de monitores de dose de radiação individuais é obrigatório para todos os trabalhadores do ICNAS;
- é proibido o trabalho solitário no interior do *bunker* do ciclotrão e nos laboratórios de radiofarmácia, pelo que todos os procedimentos nestas zonas exigem a presença física simultânea de pelo menos 2 trabalhadores;
- é obrigatório o parecer do físico responsável no que respeita à execução de actividades que envolvam radiação ou que sejam desenvolvidas em áreas expostas a radiação.
- para efeitos de monitorização e vigilância no que respeita à exposição a radiações, todos os trabalhadores profissionalmente expostos são considerados como Categoria A, à excepção do pessoal da limpeza e do pessoal administrativo, considerados Categoria B.

Para além dos referidos, o ICNAS dispõe de sistemas de segurança adicionais, nomeadamente no que concerne à segurança contra incêndios, fugas de gás e falhas de corrente eléctrica.

Quanto à eliminação de resíduos e outros materiais radioactivos no meio ambiente, foi concedida autorização para tal ao ICNAS mediante a apresentação de um estudo de impacto ambiental, das medidas de protecção e segurança contra radiações ionizantes, das operações a realizar e das condições de armazenamento temporário ou definitivo que se propunha a adoptar.

Os dois tanques de retenção de que o ICNAS dispõe retêm os resíduos líquidos provenientes das instalações sanitárias para doentes injectados e de determinados lavabos instalados em laboratórios. Estes tanques, cuja acção é

controlada informaticamente, estão munidos de dispositivos de monitorização dos níveis de radioactividade, que permitem assegurar que as condições em que é realizado o despejo para a rede pública estão de acordo com os valores de actividade autorizados.

Dos resíduos secos, que consistem principalmente em artigos contaminados com radionuclídeos com relativa curta meia-vida, os que têm uma meia-vida até 60 dias são guardados para um decaimento extensivo antes da eliminação do material, permanecendo *in storage* pelo período mínimo de 10 meias-vidas. Após esse período o nível de radioactividade é monitorizado. Caso haja indicação de que a actividade do material decaiu para menos de duas vezes os níveis de *background*, os resíduos são transferidos para o recipiente dedicado a eliminação regular. Estes resíduos incluem materiais cortantes e perfurantes.

Para decaimento *in storage*, os radionuclídeos são separados por tempos de meia-vida, para minimizar o tempo que os radionuclídeos de vida-curta permanecem guardados ocupando espaço para o decaimento de outros radionuclídeos.

Antes da eliminação dos resíduos os símbolos de radiação são retirados e obliterados, o que, preferencialmente, acontece antes do decaimento *in storage*. Os registos das datas de eliminação e da actividade eliminada são mantidos pelo serviço.

7.5. Considerações relativas a aspectos de radioprotecção

Em suma, a avaliação de aspectos de radioprotecção do ICNAS é positiva, dado que os mecanismos de que dispõe permitem garantir segurança e protecção contra radiações ionizantes, quer dos seus trabalhadores quer do público em geral, embora devam ser feitas algumas observações.

Considera-se que deveria ser dada especial atenção à execução de procedimentos de controlo de qualidade e manutenção periódica dos

equipamentos do piso 0, por pessoal especializado de acordo quer com as instruções do fabricante quer, quando aplicável, com procedimentos aconselhados na literatura.

Considera-se também a existência de alguns problemas no planeamento das instalações do piso 0, que se prendem particularmente com a área laboratorial, ou seja, a radiofarmácia. Esta deveria ser estruturada em zona limpa e zona asséptica, de acordo com a legislação em vigor.

A zona asséptica poderá confinar-se a uma *Contained Work Station* (CWS) integrada na zona limpa, tal como acontece, mas esta deveria ser uma zona de trabalho totalmente fechada. A manipulação de radiofármacos, na CWS, deveria ser feita através de caixa de luvas.

A CWS é uma câmara de fluxo laminar com exaustão que assegura a assepsia e a protecção radiológica exigidas. Para isso o ar deve ser introduzido através de um filtro eficiente para micro-partículas, descarregado por pressão negativa, de modo a que a contaminação radioactiva não seja dirigida para o técnico.

Esta zona laboratorial devia ainda dispor de um sistema de ventilação que permitisse manter as condições de sobrepresão relativamente às áreas contíguas.

Ao contrário deste laboratório localizado no piso 0, que não obedece a todos os requisitos impostos pela legislação nacional, os laboratórios de radiofarmácia do piso -2 cumprem todas as condições impostas.

Considera-se também que devem ser apresentados e afixados em áreas de interesse os principais procedimentos de emergência.

Capítulo 8

Recomendações

Para complementar a implementação de procedimentos de segurança eficaz e a optimização do funcionamento do serviço de Medicina Nuclear Convencional do ICNAS, neste capítulo são estabelecidas algumas recomendações, quer de práticas a implementar, quer de práticas a manter. Dado que o ICNAS tem vindo a entrar gradualmente em funcionamento, algumas das recomendações podem, entretanto, já estar implementadas.

8.1. Funcionamento do serviço

Para um melhor funcionamento do serviço de MNC do ICNAS são apresentadas algumas recomendações:

- o horário de funcionamento e a licença de autorização devem ser afixados em local bem visível e acessível aos utentes. Também a tabela de preços deve estar disponível para consulta [28];
- deve ser afixada a existência de livro de reclamações, de modelo normalizado e aprovado pelo Ministério da Saúde [28];
- deverá existir um organigrama em local apropriado para o conhecimento dos elementos do serviço e doentes;
- os trabalhadores profissionalmente expostos assim como os aprendizes deverão usar dispositivos de segurança e protecção (dosímetros TLD)

[17,18];

- em caso de exames de emergência ou cancelamento de exames os técnicos deverão ser informados de modo a poderem efectuar os ajustamentos necessários para que o fluxo de trabalho continue ininterruptamente;
- o administrativo deve, aquando da marcação do exame, aconselhar o doente a cumprir o horário marcado;
- o aconselhamento de realização de uma hidratação adequada, bem como a necessidade da realização frequente de micções durante o dia da realização do exame e no dia seguinte, devem ser transmitidos após cada exame de Medicina Nuclear, de forma a minimizar a exposição à radiação e promover a rápida eliminação do radionuclídeo. Deverão também ser aconselhados a evitar o contacto com crianças, doentes ou pessoas fragilizadas, a evitar andar grandes distâncias de transportes públicos e a informar os acompanhantes da exposição à radiação;
- devem ser mantidas as portas das salas fechadas enquanto decorrem actividades;
- os TPE devem ter uma muda de roupa e calçado para mudar em caso de contaminação;
- a zona contaminada deve ter sinalização bem visível em caso de acidentes ;
- deve haver uma muda de roupa para o doente em caso de surgir alguma contaminação na roupa deste;
- sempre que necessário, os procedimentos de emergência, os relatórios de monitorização pessoal e os procedimentos de radioprotecção devem ser revistos.

8.2. Formação

A prática em Medicina Nuclear inclui o manuseamento de materiais radioactivos e a exposição a radiação. Assim, devem ser obedecidas regras básicas, tais como:

- todas as pessoas que manipulam materiais radioactivos devem ter formação adequada para o desempenho da sua função em aspectos de protecção e segurança contra radiações, incluindo procedimentos de emergência, antes de iniciar qualquer trabalho com radiações ionizantes;
- deve existir um plano de formação continuada para todos os profissionais e deve ser mantido o registo escrito de cada formação, incluindo a data de realização e a lista de participantes.

8.3. Regras gerais para o manuseamento seguro de substâncias radioactivas

O serviço deverá afixar regras gerais para um seguro manuseamento de substâncias radioactivas de entre as quais se destacam algumas [23].

- usar roupa protectora como por exemplo bata de laboratório;
- usar luvas descartáveis para o manuseamento de materiais radioactivos
- não utilizar luvas descartáveis em zonas públicas;
- antes de abandonar a área de manuseamento de materiais radioactivos, devem-se monitorizar as mãos, os pés e as roupas para a detecção de uma eventual contaminação;
- deve usar-se blindagem nas seringas em material adequado que não dificulte a aplicação da injeção;
- não se deve comer, beber, fumar ou aplicar cosméticos nem guardar comida ou bebida onde os materiais radioactivos são guardados ou utilizados;
- não devem ser levados objectos pessoais para o laboratório;
- os dispositivos de monitorização pessoal são intransmissíveis e devem ser usados correctamente e sempre em zonas controladas/vigiadas;
- os resíduos radioactivos devem ser guardados em recipientes designados e etiquetados para o efeito;
- em caso de contaminações devem ser realizados testes à descontaminação, deve ser redigido um relatório do acidente e conduzidos inquéritos;

- as fontes radioactivas devem ser colocadas em contentores blindados e devidamente etiquetados/identificados;
- os procedimentos para a recepção de materiais radioactivos devem ser detalhados quanto à forma como estes chegam à radiofarmácia;
- o pessoal deve usar técnicas seguras para o manuseamento das embalagens, incluindo o exame visual das embalagens e os procedimentos a seguir em caso de anomalias/danos;
- a verificação dos materiais radioactivos deve ser efectuada no serviço de MN até no máximo três horas após a sua recepção durante o horário laboral. Caso estes materiais sejam recebidos noutra hora, deverão ser verificados assim que o serviço reabra. Para isso devem ser colocadas luvas descartáveis e proceder à inspecção visual da embalagem. Em caso de qualquer evidência de dano ou extravasamento, a embalagem deve ser de imediato colocada em lugar seguro devidamente blindado e contactado o responsável pela protecção radiológica [23].

8.4. Procedimentos em radiofarmácia

Os radiofármacos devem ser manuseados somente por pessoal qualificado e com autorização para a utilização e preparação destes. Assim:

- os procedimentos relativos à recepção, desempacotamento, preparação e administração destes produtos devem executados por pessoas devidamente formadas na área e com recurso às normas de protecção radiológicas;
- aquando da recepção dos produtos deve ser feita uma inspecção visual da integridade da embalagem e verificada a conformidade em relação à ordem de encomenda, às quantidades pedidas e ao prazo de validade;
- a preparação do radiofármaco deve ser executada respeitando as instruções do produtor e implica o conhecimento de regras de manuseamento de substâncias em condições especiais de assepsia e de normas de protecção radiológica;
- o transporte do eluato e dos produtos finais dentro do laboratório de

radiofarmácia e do serviço de MN deverá ser feito utilizando as protecções adequadas, de seringa ou de frasco. É aconselhável o uso de luvas e, sempre que possível, de pinças;

- todos os frascos manipulados devem ser correctamente sinalizados e rotulados com data, hora de preparação, volume e actividade;
- as blindagens das seringas usadas para a preparação e administração de radiofármacos devem ser de material adequado (frequentemente tungsténio);
- é aconselhável que, se possível, cada técnico possua uma blindagem de seringa do tamanho mais comum. Esta blindagem deve ser usada sempre uma vez que reduz significativamente a exposição nas mãos e nos olhos;
- o uso de luvas descartáveis é também aconselhado, pois protege as mãos de contaminações radioactivas e serve como barreira para doenças infecciosas;
- é ainda importante alertar que as agulhas devem ser colocadas em caixas próprias para o efeito para uma eliminação segura [23].

8.5. Monitorização de área

Ao fim de cada dia em que são manuseadas substâncias radioactivas, áreas como o laboratório de radiofarmácia, a sala de administração de radiofármacos e as salas da câmara gama, bem como a sala de provas funcionais (quando for caso disso) devem ser alvo de uma inspecção quanto aos níveis de radiação e os registos devem ser guardados. Juntamente, deve também ser registada a leitura do nível de *background* de uma área que se saiba livre de radiação.

Caso a leitura exceda os níveis de acção devem ser tomadas medidas correctivas e estas deverão ser registadas.

Ainda que sejam tidos a maior atenção e cuidado no cumprimento das normas de protecção e segurança radiológica, é possível a ocorrência de acidentes, geralmente derrames. Este acontecimento, para além da contaminação de área, pode implicar uma contaminação pessoal e, por isso, devem ser colocadas instruções de procedimentos para o controlo e descontaminação pessoal e de

área, nas salas onde geralmente são manuseadas substâncias radioactivas.

8.6. Controlo de qualidade e manutenção de equipamentos

Devem ser implementados procedimentos de controlo de qualidade (CQ) diário e semanal das câmaras gama. Deverão ser implementados procedimentos para câmaras gama planares, com um ou dois detectores, diferentes dos que são aplicados a câmaras que realizam SPECT.

Os procedimentos diários de CQ em câmaras gama planares prendem-se com a verificação da existência de contaminação do detector ou áreas circundantes e com a avaliação da uniformidade e sensibilidade do sistema. Os procedimentos de CQ a realizar semanalmente estão relacionados com a avaliação da uniformidade intrínseca/extrínseca, da linearidade e da resolução do sistema.

Os procedimentos de CQ a realizar em câmaras gama que realizam SPECT, embora com objectivos semelhantes aos aplicados em câmaras gama planares, e ainda que realizados também diária e semanalmente, são distintos [25].

Diariamente deve ser analisada a existência de contaminação no detector ou nas áreas circundantes, bem como avaliada a uniformidade do sistema. Semanalmente deverá proceder-se à medição do centro exacto de rotação, bem como à análise quantitativa da linearidade e resolução do sistema.

Em ambos os casos devem ser seguidas as instruções do fabricante quanto à periodicidade e procedimentos para a execução da calibração do tipo de energia, que deverá ser executada antes da verificação da precisão da definição do fopico ou antes de proceder a qualquer medida da uniformidade ou resolução.

Deverão ainda ser efectuados procedimentos de anuais e mensais de CQ nos equipamentos planares ou SPECT. Estes procedimentos consistem em medir a resolução intrínseca, medir o registo espacial da janela múltipla e verificar a uniformidade para todo o corpo. Adicionalmente para equipamentos SPECT deve ainda ser medida a uniformidade rotacional e a resolução tomográfica [25].

Para além do CQ às câmaras gama, o calibrador de doses usado para a

quantificação da actividade das doses de radiofármaco preparadas deve alvo de testes de controlo de qualidade e calibrações de modo a garantir o seu correcto funcionamento. Para tal deverão ser avaliados 4 aspectos do seu desempenho com determinada regularidade: a precisão (diária), a precisão (anual), a linearidade (trimestral) e a dependência geométrica (aquando da instalação, ajuste ou reparação) [25].

Em relação ao CQ de instrumentação de medida de contaminação do tipo Geiger-Muller estes deverão ser calibrados antes da primeira utilização e depois anualmente, e ser submetidos a um controlo de qualidade diário de modo a assegurar o seu correcto modo de operação. O procedimento diário de CQ consiste na verificação da precisão das medidas do instrumento [25].

Devem ser realizadas acções de manutenção de equipamentos com a periodicidade indicada pelo fabricante e seguindo as instruções por ele facultadas.

8.7. Controlo de qualidade de radiofármacos

Uma vez que os radiofármacos são administrados em humanos, os procedimentos de CQ são imperativos para garantir a segurança da sua preparação. As instruções relativas ao controlo de qualidade do gerador de ^{99m}Tc e da maioria dos radiofármacos são dadas pelos fornecedores ou encontram-se na Farmacopeia Europeia.

Os procedimentos de CQ podem ser divididos em duas categorias: os testes à radiação e os testes ao fármaco. Os testes à radiação incluem a pureza radioquímica, a pureza radionuclídica e a determinação da actividade. Os testes farmacêuticos incluem a inspecção visual, o tamanho das partículas, a ausência de pirogénios, a esterilidade, a pureza química, a isotonicidade e o pH [25].

8.8. Trabalhadores profissionalmente expostos

Num serviço de MN o doente é a principal fonte de exposição. Por esta razão é extremamente importante que os técnicos minimizem o tempo de exposição e maximizem a distância de contacto com os doentes injectados bem como com qualquer outra fonte de radiação. Esta é uma forma bastante eficaz e económica de protecção radiológica.

As funções de um técnico de MN devem ser distribuídas pelos vários técnicos existentes no serviço. De entre estas funções destacam-se: a realização prática do exame, incluindo a inserção de dados na consola e o posicionamento do doente na câmara gama, a realização de densitometrias ósseas, a preparação de *kit's*, a extracção de unidoses na radiofarmácia e a administração do radiofármaco frequentemente através de injeção endovenosa (em caso de ausência de enfermeira no serviço).

A rotatividade de técnicos nas distintas operações de manipulação de substâncias radioactivas também é um contributo para a diminuição da exposição individual.

Os técnicos deverão cumprir procedimentos básicos como usar o anteparo para a injeção do radiofármaco ao doente.

Deve ser assegurada a vigilância médica e o controlo médico dos trabalhadores profissionalmente expostos e dada informação relativa aos resultados dos mesmos e doses de radiação; deve também ser assegurada a assistência médica em caso de acidente [33].

Para evitar os efeitos determinísticos, como acidentes de radiação, os limites de dose efectiva devem ser mantidos bem abaixo do limiar e os trabalhadores profissionalmente expostos devem praticar as normas de segurança e protecção contra radiações sempre [33].

Para prevenir os efeitos estocásticos, o princípio ALARA deve ser praticado sempre [33].

8.10. O doente

Para cada doente, a exposição à radiação ionizante deverá ser justificável com base no benefício que se espera obter da realização do exame. A actividade administrada deve ser tal que a dose de radiação resultante seja a mais baixa possível de modo a permitir a obtenção do diagnóstico pretendido.

Deverá retirar-se o máximo de informação com a realização do exame, uma vez que é administrada ao doente uma substância radioactiva.

Caso o doente tenha cessado qualquer tratamento para a realização do exame de MN, este poderá retomá-lo mediante autorização médica.

8.10.1. Identificação do doente

- Deve ser dado o máximo rigor à identificação do doente para eliminar erros ou trocas. Deve ser confirmado o nome do doente e repetido antes de iniciar qualquer procedimento.
- O exame deve ser explicado ao doente, em linguagem clara e acessível, o que permitirá a colaboração necessária deste para o estudo. O doente deve ainda ser informado acerca do tempo médio de duração do exame e da necessidade de uma injeção para a realização do exame (se for caso disso). Estas informações devem ser fornecidas ao doente, preferencialmente, antes da administração do radiofármaco, de forma a minimizar a exposição do TPE à radiação;
- Situações de gravidez, aleitamento bem como outras informações pertinentes devem ser averiguadas antes da injeção do radiofármaco através de um pequeno questionário efectuado pelo médico.

8.10.2. Gravidez e aleitamento

As mulheres em idade fértil requerem a tomada de precauções adicionais e deverão ser questionadas sempre acerca da possibilidade de uma gravidez. O

último período menstrual deve ser registado no seu processo.

Todos os exames de Medicina Nuclear realizados em doentes grávidas, embora não sejam aconselhados, podem ser realizados caso os benefícios resultantes da sua realização ultrapassem os riscos para a mãe e para o feto (contra-indicação relativa).

Se a mulher está grávida ou está perante um atraso no seu ciclo menstrual, é particularmente importante que a exposição a radiações seja a mínima necessária para a obtenção da informação clínica pretendida.

Em caso de aleitamento deverá tentar-se adiar o exame para um período em que a mãe já não amamente. Caso a realização do exame seja indispensável, o leite deve ser retirado antes da injeção para poder ser usado posteriormente e o aleitamento após a administração do radiofármaco deverá ser interrompido durante um determinado período que depende do radiofármaco e da actividade administrada [33].

8.10.3. Preparação e posicionamento do doente

Os procedimentos devem ser explicados ao doente de forma clara de modo a obter a sua colaboração:

- o doente deverá encontrar-se informado acerca dos objectivos do estudo e do tempo médio de duração da aquisição de imagens.

Deverá ainda observar-se o protocolo seguinte:

- a hora de administração do radiofármaco é anotada de modo a poder cumprir-se o intervalo de tempo recomendado para o *uptake* do radionuclídeo;
- o técnico certifica-se que não existem objectos atenuantes (estruturas metálicas, bijutaria, etc.) no campo de visão;
- sempre que possível, o conforto do doente é assegurado;
- explicação ao doente da necessidade de imobilização durante o exame (para doentes bebés, crianças e deficientes essa informação deve ser dada aos acompanhantes);

- o detector deve estar o mais próximo possível do doente;
- as possíveis fontes de erro devem ser evitadas, dando a beber ao doente um copo de água antes da aquisição de imagens para limpar eventuais actividades remanescentes no esófago, no caso da realização de uma cintigrafia da tiróide, ou no caso de uma cintigrafia óssea, o técnico deverá ter em atenção a possibilidade de existir contaminação com urina, que pode ser confundida com lesão verdadeira.

Capítulo 9

Discussão

Neste capítulo pretendem expor-se diversas considerações relativas à recolha de dados e respectiva análise relacionadas com a optimização funcional do serviço de MNC. Seguidamente será efectuada a discussão da avaliação de aspectos de radioprotecção e da elaboração de recomendações.

9.1. Considerações gerais

É facto que o ICNAS só iniciou o seu funcionamento, e conseqüente prestação de serviços à comunidade, no princípio do mês de Fevereiro, o que atrasou o início da realização do projecto, dado que este teria impreterivelmente de ser realizado *in loco*.

Embora se considere que, para a obtenção de resultados melhores e mais completos, seria importante o início imediato do trabalho no ICNAS a partir de Setembro (data lectiva de início da disciplina de projecto), considera-se também que este estudo poderia ter um maior impacto caso fosse realizado com todas as valências do ICNAS a funcionar em pleno e numa altura em que não surgissem constantes modificações, como por exemplo, as alterações nos recursos humanos do Instituto, ou seja, ainda que numa fase inicial, uma altura em que se registasse uma maior estabilidade no seu funcionamento global.

9.2. Optimização funcional do Serviço de Medicina Nuclear Convencional do ICNAS

A discussão da optimização funcional proposta para o serviço de MNC do ICNAS aborda de forma independente considerações relativas à representatividade da amostra e à 1ª, 2ª e 3ª Etapas do Processo.

9.2.1. Representatividade de amostra

As amostras relativas às 1ª e 2ª Etapa do Processo têm alguma representatividade, tendo em conta o número de exames em causa efectuados em média por semana (de acordo com dados da administração, como foi apresentado), mas quando comparados ao número total de exames realizados essa representatividade diminui bastante.

9.2.2. Considerações relativas à 1ª Etapa do Processo – A admissão

A hora de chegada do doente não foi controlada o que significa que o tempo de espera, caso exista, entre a chegada do doente ao serviço e a efectuação da sua admissão não foi controlado, admitindo-se que o doente assim que entra no serviço faz a admissão.

Tendo em conta a amostra de referente a esta fase (156 doentes) pode admitir-se que, em média, o doente cumpre o horário de marcação, ou seja, a hora de admissão é próxima da hora para que estava agendada a realização do exame. Assim, a espera inicial, anterior à entrada do doente na área de acesso condicionado, não poderá ser justificada somente pela ausência de cumprimento dos horários por parte do doente. A amostra de 156 doentes utilizada para a comparação entre a hora de admissão e a hora marcada para a realização do exame é inferior à soma de todos os exames seguidos uma vez que foram

acompanhados exames para os quais não havia qualquer marcação, facto este que pode estar na origem de tempos de espera.

9.2.3. Considerações relativas à 2ª Etapa do Processo – A realização do exame

Relativamente a esta fase deveria ter sido tida em conta a hora exacta da administração do radiofármaco no doente, para todos os exames à excepção da densitometria cuja realização, como já foi referido, não inclui a administração de qualquer radiofármaco. Esta hora poderia ter sido recolhida uma vez que é registada no processo do doente pelo técnico de MN aquando da sua administração. Em vez disso foi aproximado este horário ao da saída da sala de administração de radiofármacos o que poderá levar à introdução de algum erro.

Poderia ter ainda sido feito um estudo relativo às desmarcações/desistências de exames, ou seja à falta de comparência do doente no serviço para a realização do exame. A recolha de dados relativa ao número de exames realizados sem marcação também seria útil.

Há uma dificuldade acrescida nesta fase que se prende com a dificuldade em padronizar a duração da realização dos exames, pois esta poderá variar muito de acordo com o doente e/ou indicação clínica. Por exemplo, nas cintigrafias de perfusão do miocárdio a duração da prova de esforço poderá ser diferente para vários doentes e nas cintigrafias ósseas geralmente a pesquisa de metástases demora mais tempo do que um exame de rotina. Estes são apenas alguns exemplos de diferenças que podem surgir e que constituem a amostra de dados recolhidos.

A análise relativa ao cálculo dos tempos de espera efectivos e ao tempo necessário para a realização do exame é complexa e, por isso, requer especial atenção.

Para uma melhor percepção da disparidade entre os valores da duração das tarefas consoante o dia da semana, deveria ter sido elaborado um estudo

particular para cada exame, analisando a sua duração consoante o dia da semana a que se realizava. Para isso deveriam ter sido seguidos, durante todos os dias de uma semana (de segunda a sexta-feira), todos os exames de um determinado tipo e, posteriormente, repetir este método de recolha de dados para os outros exames.

9.2.3.1. Análise estatística da 1ª e 2ª Etapas do Processo

Quanto à análise estatística, o desvio padrão é usado como medida de dispersão, mas atendendo a que a duração total dos exames acompanhados não segue uma distribuição gaussiana, a descrição da dispersão indicando os percentis 25 e 75, próximos dos extremos da distribuição [34], pode ajudar a caracterizá-la. Por exemplo, o valor do percentil 25 indica que 25% dos dados recolhidos têm um valor igual ou inferior a este. Isto permite uma melhor avaliação da dispersão dos valores, uma vez que 50% dos exames acompanhados têm duração total entre o valor do percentil 25 e do percentil 75. Na Tabela 34 são apresentados os valores dos percentis 25 e 75 para o tempo total de permanência do doente no serviço, para cada um dos exames.

Tabela 34: Análise estatística dos dados recolhidos relativos ao tempo total de permanência do paciente no serviço de MNC para a realização do exame.

	Exames	Percentil 25 (hh:mm)	Percentil 75 (hh:mm)	Média (hh:mm)	Desvio padrão (hh:mm)
Tempo total	Cint. perf. miocárdio ^{201}Tl	05:11	06:33	05:43	00:50
	Cint. perf. miocárdio $^{99\text{m}}\text{Tc}$	06:22	08:08	07:15	00:59
	Renograma	00:59	01:29	01:21	00:28
	Cint. renal	01:41	02:19	02:05	00:34
	Cint. óssea	05:00	06:09	05:30	00:49
	Cint. tiróide	01:05	01:50	01:30	00:32
	Densitometria	00:29	01:18	01:00	00:14

Assim, a Tabela 34 serve o propósito de esclarecer qualquer dúvida sobre a dispersão da amostra.

No que respeita à discrepância entre os tempos médios total de permanência no serviço e o necessário para a realização do exame, facilmente se detecta que esta se deve às primeiras tarefas de espera das etapas de cada exame: a espera inicial, a espera para entrada no gabinete médico e na sala de administração de administração de radiofármacos (quando aplicável). Tal reflecte que a possível causa deste desfasamento são os horários de marcação de exames, quer por não se ajustarem da melhor forma ao fluxo diário de doentes no serviço quer por não serem respeitados por parte dos doentes, que poderão chegar antes ou depois do horário marcado, o que terá efeito no tempo total de permanência.

Na análise das secções anteriores não foi considerada a possível divergência entre o horário de chegada do doente e o horário para que estava marcado o exame, pelo que será feita agora para todos os exames considerados na análise anterior. Os gráficos da Figura 4444 ilustram essa diferença e horários.

Para a análise dos gráficos considera-se que, se o doente realiza a admissão antes da hora marcada, o valor da diferença entre a hora de admissão e a hora marcada é apresentado como sendo negativo.

Para estes gráficos foram utilizados os valores recolhidos na *1ª Etapa do Processo* e a diferença de tamanho na amostra (esta amostra é menor) deve-se ao facto de terem sido seguidos doentes que realizaram exame sem ter efectuado a marcação do mesmo.

Pela análise dos gráficos pode constatar-se que a maioria dos doentes chega após o horário de marcação do exame entre 0 e 20 minutos.

Quando analisado o gráfico respeitante ao total de exames que inclui os resultados recolhidos referentes a todos os exames apresentados individualmente nos gráficos adjacentes, constata-se que, em média, o doente realiza a admissão cerca de 3 minutos após o horário agendado mas o desvio-padrão é muito elevado. Posto isto, estes dados devem também ser analisados através das ferramentas estatísticas percentil 25 e percentil 75.

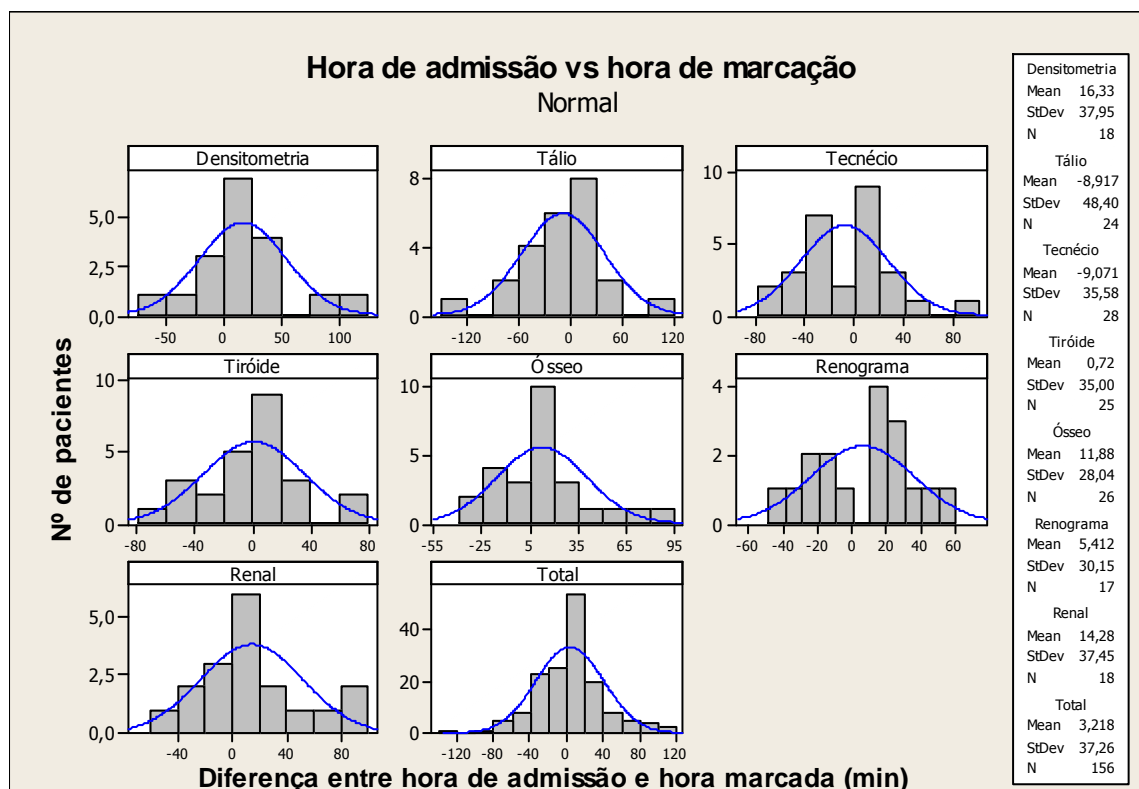


Figura 44: Gráficos que ilustram a diferença entre a hora de admissão do doente e a hora marcada para o início da realização do exame.

Assim, para a amostra “Total”, a diferença, em minutos, entre o horário de admissão e a hora marcada para a realização do exame, apresenta como valores de percentil 25 e percentil 75, -20 e 19 minutos, respectivamente. Isto equivale a dizer que 50% dos doentes faz a sua admissão no serviço de MNC do ICNAS entre os 20 minutos anteriores ao horário marcado e os 19 minutos posteriores.

Pela análise dos percentis pode assumir-se que a espera inicial não se deve inteiramente à falta de cumprimento do horário de marcação do exame.

9.2.4. Considerações relativas à 3ª Etapa do Processo: Do processamento de exames ao envio de resultados

Nesta etapa final somente foi controlado o dia da realização do exame e o dia do seu envio, ou seja, o dia de início e de término desta etapa. As tarefas

intermédias não foram alvo de qualquer acompanhamento, acrescentando assim a dificuldade em aferir quais as tarefas responsáveis pela duração desta Etapa. Os administrativos do serviço garantiram, em conversa informal, que a principal demora provém do atraso na realização do relato médico necessário para a posterior informatização em texto.

Ainda em relação a esta etapa, para o exame de cintigrafia de perfusão do miocárdio convém referir que o relato das imagens/valores é protagonizado pelo médico cardiologista. Este só está presente no serviço para a realização das provas de esforço do referido exame e após a transcrição do relato ainda terá de autenticar o relatório assim como o médico de MN director do serviço, o que poderá estar na origem de atrasos relacionados com a data de envio destes exames.

9.3. Índices de produtividade

Na secção 6.2.3. Fase A – Análise foi sugerido que o aumento do índice e produtividade do serviço de MNC do ICNAS de 25 doentes, em média, por dia para 30. Embora tenha sido apresentada a dita sugestão, os índices de produtividade e eficiência deverão ser estabelecidos pela direcção do ICNAS, tendo em conta factores como a qualidade e o desempenho assistencial e económico-financeiro.

9.4. Avaliação de aspectos de radioprotecção no ICNAS

De todos os aspectos de radioprotecção envolvidos no ICNAS, foi dado ênfase somente a alguns, considerados essenciais. Dos aspectos tidos como de maior destaque, a grande maioria está relacionada com o piso -2, equipamentos instalados e boas práticas. Tal poderá ser justificado uma vez as questões mais pertinentes de radioprotecção lhes estão inerentes.

9.5. Recomendações

Seria possível uma maior extensão deste tema, pois foram registadas somente algumas das recomendações consideradas importantes.

1 **Capítulo 10**

2 **Conclusão**

3 O objectivo do projecto era o acompanhamento da rotina diária do ICNAS com
4 vista à sua optimização funcional, a avaliação de aspectos de radioprotecção
5 pertinentes e a elaboração de recomendações para a melhoria do seu
6 funcionamento.

7 Dado que até à data somente o Serviço de Medicina Nuclear Convencional do
8 ICNAS, situado no piso 0 do edifício, se encontra a funcionar em pleno, a rotina
9 diária seguida diz respeito a esse mesmo serviço.

10 No estudo realizado, foi então acompanhada a prestação de cuidados de saúde
11 realizada diariamente no serviço de MNC desde Fevereiro de 2009. Com base
12 neste acompanhamento da rotina diária, foi possível conduzir um estudo com
13 vista à optimização funcional do mesmo.

14 O estudo apresenta-se como um contributo no que concerne à sistematização e
15 mapeamento dos fluxos de trabalho no serviço de MNC, sendo possível a
16 percepção dos fluxos de informação, dos intervenientes e quais os pontos
17 críticos susceptíveis de eliminação ou redução da sua duração.

18 A implementação das sugestões apresentadas poderá conduzir à redução quer
19 da duração de algumas tarefas quer dos tempos de espera. Algumas delas
20 foram implementadas como o aumento do número de técnicos de MN e a
21 contratação de um farmacêutico. Para além disso, foi registada uma avaria
22 definitiva na câmara gama que foi alvo de sugestão de substituição, o que
23 poderá levar à implementação também da sugestão de optimização com ela

1 relacionada.

2 A alteração dos horários de marcação de exames poderá, no entanto, ser um
3 “factor chave” para a optimização dos tempos de espera.

4 Dado que a maioria das sugestões ainda não foi implementada, a fase de
5 controlo não pôde ser concretizada.

6

7 A optimização funcional foi realizada no piso 0 (MNC) mas, em contrapartida, a
8 avaliação de aspectos de radioprotecção está mais direccionada para o piso -2
9 (ciclotrão e laboratórios de radiofarmácia). Neste piso estão instalados os
10 equipamentos que requerem maior atenção, no que respeita a requisitos de
11 segurança e protecção contra radiações, mas o estudo também compreende
12 outros aspectos ainda que em menor número. Salvaguardado, que o ICNAS não
13 se encontra em pleno funcionamento, o estudo revela, no que foi possível aferir,
14 que o planeamento das instalações, os equipamentos de radioprotecção que
15 possui, bem como as normas instituídas garantem, na sua grande maioria, a
16 segurança e a protecção contra radiações dos trabalhadores profissionalmente
17 expostos, dos doentes e do público em geral.

18

19 Das recomendações apresentadas, algumas são aplicáveis somente ao
20 funcionamento do serviço de MNC, enquanto outras se podem estender a todo o
21 Instituto.

22

23 Em suma, a permanência no serviço e o diálogo com os profissionais
24 intervenientes possibilitou a percepção das responsabilidades e competências
25 inerentes às funções que desempenham e permitiu a confirmação da
26 complexidade própria do funcionamento de uma unidade de Medicina Nuclear da
27 dimensão e características do ICNAS. O ICNAS, sem qualquer dúvida,
28 representa um avanço em termos médicos e tecnológicos em Portugal.

29

30 Gostaria de terminar com uma observação relativa à optimização funcional do
31 ICNAS. Nesta instituição, como em qualquer outra, a optimização deverá
32 começar “de dentro para fora”, centrifugamente. Para tal devem unir-se esforços
33 em prol da fomentação de um bom relacionamento interpessoal, do aumento da

1 comunicação assertiva, do profissionalismo e da flexibilidade/acessibilidade
2 entre os profissionais que constituem a equipa de trabalho.

3 **10.1. Trabalho futuro**

4 Para trabalho futuro deveria ser realizado o estudo de optimização funcional a
5 todo o Instituto. Seria interessante e importante, o estudo com vista à
6 optimização do serviço prestado à comunidade ligado à PET e a elaboração de
7 mapas de fluxo de trabalho relativos às práticas protagonizadas pelos TPE que
8 não envolvam o doente. Por exemplo, procedimentos diários de eluição do
9 gerador de ^{99m}Tc e marcação de radiofármacos, bem como outros
10 procedimentos por eles levados a cabo que envolvam manuseamento de
11 substâncias radioactivas.

12 Considera-se que a recolha e compilação de todos os aspectos de
13 radioproteção envolvidos no ICNAS, quer no seu planeamento quer no seu
14 funcionamento, também deva ser realizada.

15 Para além disso, a elaboração de recomendações de todo o tipo, quer de boas
16 práticas adequadas discriminadamente às funções desempenhadas pelos
17 diversos profissionais, quer relativas ao bom funcionamento do Instituto, seria
18 benéfica.

19 Dado que há indicações de que a tecnologia ligada aos ciclotrões e à PET possa
20 evoluir na vertente conjunta com a radioterapia, seria interessante estudar essa
21 possibilidade quanto às características que o tomógrafo deverá ter, algumas
22 delas compatíveis com os aceleradores lineares.

23 No futuro deverão ser incentivados Programas de Avaliação de Qualidade,
24 nomeadamente referentes à satisfação do doente, do médico prescriptor e do
25 pessoal [4].

26 A elaboração de um Manual de Qualidade que vise privilegiar a qualidade do
27 serviço prestado ao cliente/utente seria útil. O acompanhamento deste Manual
28 pode ajudar a instituir orientações mais práticas e conduzir a uma maior
29 disciplina na realização do que for planeado e que constar do mesmo.

1

Bibliografia

1. Feinendegen LE, Pollycove M, Sondhaus CA. Responses to Low Doses of Ionizing Radiation in Biological Systems. *Nonlinearity Biol Toxicol Med.* 2004, Vols. 2(3): 143–171.
2. Pedroso Lima JJ. Instituto de Ciências Nucleares Aplicadas à Saúde. *Rua Larga*, 2008, Vol. 22: 12-13.
3. Zanzonico P, Dauer L, Staint Germain J. Operational radiation safety for PET-CT, SPECT-CT and cyclotron facilities. *Health Physics*: Nov-2008, Vol. 95: 554-570.
4. Natário A, Nogueira A, et al. *Rede de Referência de Medicina Nuclear e Recomendações para a instalação de Unidades de Ciclotrão*. Portugal.
5. Stabin MG. *Radiation Protection and Dosimetry: an introduction to health physics*. New York: Springer, 2007.
6. Shapiro J. *Radiation protection: a guide for scientists, regulators, and physicians, 4th Edition*. USA 2002.
7. Powsner RA, Powsner ER. *Essential nuclear medicine physics, 2nd edition*. Blackwell Publishing, 2006.
8. Saha GB. *Physics and radiobiology of nuclear medicine, 2nd edition*. New York: Springer-Verlag, 2001.
9. Pedroso Lima JJ. *Biofísica Médica*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2003.
10. Bushberg JT. *The essential physics of medical imaging, 2nd edition*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2002.
11. Bettencourt AO. Radiações ionizantes: a protecção contra radiações e seus fundamentos. *Fundação Calouste Gulbenkian*: Nov-1998, Vol. R.
12. ICRP. *Publication 105: Radiological protection in Medicine*. Annals of the ICRP, 2008.
13. ICRP. *Publication 60: 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. Annals of the ICRP, 1991.
14. GB Saha. *Fundamentals of nuclear pharmacy*. Michigan, USA: Springer, 1998.
15. World Health Organization. *Laboratory biosafety manual - 3th Edition*. Geneva: 2004.
16. [Online] R Andreucci. *Protecção Radiológica / Aspectos Industriais*. 2003. Acedido em 20/08/2009. Disponível em: <http://www.radiologistas.net/2009/01/apostila-de-proteo-radiologica-aspectos.html>.
17. Decreto-Lei n.º 222/2008 de 17 de Novembro. *Diário da República, 1.ª Série - nº 223*. Ministério da Saúde.

18. Decreto-Lei n.º 180/2002 de 8 de Agosto. *Diário da República - I Série-A, nº182*. Ministério da Saúde.
19. Pedroso Lima JJ, et al. *Física em Medicina Nuclear - Temas e Aplicações*. Coimbra : Imprensa Da Universidade de Coimbra, 2008.
20. Schulthess GK. *Molecular anatomic imaging: PET-CT and SPECT-CT integrated modality imaging, 2nd edition*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2006 .
21. Rubinstein M, Laurent E, Stegen M. *Médecine Nucléaire - Manuel Pratique*. Bruxelles: DeBoeck Université, 2000.
22. Hesse B, Tagil K, Cuocolo A, et al. EANM/ESC procedural guidelines for myocardial perfusion. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*: 2005, Vol. 32: 855–897.
23. Christian P, Bernier D, Langan J. *Nuclear Medicine and PET: Technology and Techniques 5th Edition*. Missouri : Mosby, 2004.
24. Gordon I, Colarinha P, Fettich J, et al. Guidelines for standard and iuretic renogram in children. *Eur J Nucl Med*: 2001, Vol. 28: 21-30.
25. O'Connor MK. *The Mayo Clinic Manual Of Nuclear Medicine*. Minnesota : Churchill Livingstone, 1996.
26. Donohoe KJ, Brown ML, et al. Procedure Guideline for Bone Scintigraphy - Society of Nuclear Medicine. *Society of Nuclear Medicine Procedure Guidelines Manual*, 2003: 205-209.
27. Pedroso Lima JJ. *Técnicas de diagnóstico com raios X - Aspectos Físicos e Biofísicos*. Coimbra : Imprensa da Universidade de Coimbra, 2005.
28. Colégio de Medicina Nuclear – Ordem dos Médicos. *Manual de boas Práticas em Medicina Nuclear*. Portugal: 2003.
29. [Online] Samartha Consulting and Training. Acedido em 20/08/2009. Disponível em: <http://www.samarthaconsulting.com/Six%20Sigma.html>.
30. IBA Molecular Equipments. *Proposta da IBA Molecular Equipments ao Concurso Público nº. 94/PI/2006*. 2007.
31. Madsen MT, Anderson JA. AAPM Task Group 108: PET and PET/CT Shielding Requirements. *Medical Physics* . 2006, Vols. 33(1), 4-15.
32. Cordeiro Alves CA. *Avaliação de riscos radiológicos em Tomografia por Emissão de Positrões*. Tese de Doutoramento em Física (Física Nuclear). Lisboa: Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, 2005.
33. MH Lombardi. *Radiation safety in Nuclear Medicine*. Florida: CRC Press LLC, 1999.
34. Lunet N, Severo M, Barros H. Desvio Padrão ou Erro Padrão. *Arquivos de Medicina*. 2006, Vols. 20, 1-2.

Anexo I

Descrição detalhada dos processos

1. 2ª Etapa do Processo: A realização do exame

1.1. Cintigrafia de Perfusão do Miocárdio

a. Cintigrafia de Perfusão do Miocárdio com ^{201}Tl

Esta etapa é sequencial à primeira, por isso a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57 e o mapa de fluxo de trabalho, a que corresponde esta descrição escrita de tarefas, na página 59.

7. O administrativo encaminha o doente à sala de provas funcionais onde deixa o seu processo.
8. Quando disponível, a enfermeira acompanha o doente ao vestiário.
9. No vestiário, o doente despe-se da cintura para cima e veste uma bata.

10. A enfermeira, a técnica de cardiopneumologia e o doente dirigem-se à sala de administração de radiofármacos.
11. A enfermeira coloca o catéter no braço do doente e a técnica coloca os eléctrodos no peito.
12. O doente, a enfermeira e a técnica dirigem-se à sala de provas funcionais.
13. Na sala de provas funcionais, onde já se encontra o médico cardiologista, o doente inicia a prova de esforço enquanto os seus parâmetros vitais são observados pelo cardiologista auxiliado pela técnica de cardiopneumologia.
14. Entretanto na radiofarmácia, o técnico de MN prepara a dose de ^{201}Tl para injectar no doente.
15. Depois de preparada a dose a injectar, o técnico coloca a seringa numa blindagem de chumbo, e transporta-a adequadamente até à sala de provas funcionais.
16. Quando o doente atinge o “pico do esforço” (85% da frequência cardíaca máxima), a enfermeira injecta-lhe o radiofármaco ^{201}Tl .
17. Terminada a prova de esforço, são retirados os eléctrodos e o catéter pela técnica de cardiopneumologia e pela enfermeira, respectivamente.
18. O doente sai da sala de provas funcionais e dirige-se ao vestiário para se vestir.
19. O doente desloca-se para a sala de espera para doentes injectados.
20. O doente permanece na sala de espera para doentes injectados onde aguarda que o chamem.
21. O médico cardiologista leva o processo do doente à sala da câmara gama 2.
22. O técnico vai chamar o doente à sala de espera para doentes injectados.
23. O doente e o técnico deslocam-se à sala da câmara gama 2 para a primeira aquisição de imagens (em esforço).
24. Técnico dá instruções ao doente para o correcto posicionamento na mesa, aconselha-o a permanecer imóvel e insere os dados na consola.
25. O doente permanece na sala da câmara gama 2 para a aquisição das imagens.
26. Depois de finalizada a 1ª parte do exame, o doente sai da sala da câmara gama 2 e dirige-se a sala de espera de doentes injectados.

27. Na sala de espera para doentes injectados, o doente aguarda que o chamem novamente.
28. O técnico chama outros doentes, para a realização da primeira parte do exame.
29. Decorridas 3 a 4 horas, o técnico chama novamente o doente.
30. Doente e técnico deslocam-se novamente à sala da câmara 2 para realizar a segunda parte do exame, a aquisição de imagens em repouso.
31. O técnico dá instruções ao doente para o correcto posicionamento na mesa, e aconselha-o a permanecer imóvel.
32. O doente permanece na sala da câmara gama 2 durante a segunda aquisição de imagens (em repouso).
33. O doente termina o exame e abandona as instalações.
34. O técnico chama os próximos doentes, até todos realizarem o exame.

b. Cintigrafia de perfusão do miocárdio com ^{99m}Tc-Sestamibi

Esta etapa é sequencial à primeira, por isso a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57 e o mapa de fluxo de trabalho, a que corresponde esta descrição escrita de tarefas, na página 60.

7. O administrativo acompanha o doente até ao gabinete (embora o doente permaneça no corredor enquanto aguarda que o médico o mande entrar) e entrega o processo do doente ao médico.
8. O doente aguarda ser chamado para a consulta.
9. Médico chama o doente para o gabinete médico e proceder à consulta.
10. Decorre a consulta.

O médico efectua uma breve história clínica, questionando o doente acerca da medicação que tem tomado, se foi necessária suspensão de alguma dessa medicação, se tem consigo exames feitos anteriormente, bem como se tem noção do que é o exame e da razão pela qual o vai realizar.

- Informa-o acerca dos cuidados a ter posteriormente ao exame, no que diz respeito ao contacto com o agregado familiar, devido à exposição a radiação.
11. Terminada a consulta o médico indica a sala de espera ao doente e deixa o processo do doente na sala de administração de radiofármacos.
 12. O doente desloca-se para a sala de espera.
 13. O doente aguarda ser chamado.
 14. Depois de ter acesso ao processo do doente, quando disponível, o técnico prepara a dose para administrar ao doente.
 15. O técnico chama o doente.
 16. O técnico e o doente deslocam-se até à sala de administração de radiofármacos.
 17. O técnico injecta o radiofármaco ao doente.
 18. O doente é acompanhado pelo técnico à sala de apoio.
 19. O doente permanece na sala de apoio para a realização de uma refeição ligeira (geralmente um pacote de leite simples e uma sandes de queijo).
 20. O técnico deixa o processo do doente na sala da câmara gama, em que se estão a realizar os exames cardíacos.
 21. Terminada a refeição, o doente dirige-se à sala de espera para doentes injectados.
 22. Doente aguarda ser chamado para a primeira aquisição de imagens.
 23. Assim que a câmara esteja disponível, o técnico desloca-se à sala de espera para doentes injectados e chama o doente.
 24. O técnico e o doente deslocam-se para a sala da câmara gama 2 para a realização da primeira parte do exame, a aquisição de imagens em repouso.
 25. O técnico dá instruções ao doente para o correcto posicionamento na mesa.
 26. O técnico insere os dados na consola.
 27. O doente permanece na sala da câmara gama 2 até que a primeira aquisição de imagens (em repouso) termine.
 28. Terminada a aquisição de imagens de repouso, o técnico auxilia o doente a levantar-se.

29. O doente sai da sala e dirige-se para a sala de espera de doentes injectados.
30. O doente aguarda se chamado.
31. O técnico transporta o processo do doente para a sala de provas funcionais.
32. A enfermeira chama o doente e indica-lhe o vestiário.
33. O doente desloca-se para o vestiário enquanto a enfermeira aguarda no corredor (perto do vestiário).
34. O doente despe-se da cintura para cima e veste uma bata.
35. A enfermeira e o técnico de Cardiopneumologia acompanham o doente à sala de administração de radiofármacos.
36. Na sala de administração de radiofármacos, a enfermeira coloca o catéter, e o técnico cardiopneumologista coloca os eléctrodos no doente.
37. Dirigem-se os três, o doente, a enfermeira e o cardiopneumologista, à sala de provas funcionais, onde já se encontra o médico cardiologista.
38. Os parâmetros vitais do doente são analisados pelo médico e pelo cardiopneumologista.
39. O doente inicia a prova de esforço.
40. Na radiofarmácia, o técnico prepara a dose de radiofármaco a administrar ao doente.
41. O técnico transporta a seringa com a dose de radiofármaco para a sala de provas funcionais, em blindagem adequada de chumbo.
42. Quando o doente atinge o “pico do esforço” (85% da frequência cardíaca máxima), a enfermeira injecta-lhe o radiofármaco ^{99m}Tc -Sestamibi.
43. Terminada a prova de esforço, o doente regressa ao vestiário.
44. O doente despe a bata e veste a sua roupa.
45. O médico leva o processo do doente para a sala da câmara gama 2.
46. O doente desloca-se para a sala de apoio, acompanhado pelo técnico de MN ou técnico de Análises Clínicas.
47. O doente faz uma refeição ligeira.
48. Terminada a refeição, o doente dirige-se para a sala de espera para doentes injectados.
49. O doente aguarda que o chamem.

50. Quando disponível, o técnico chama o doente.
51. O doente e técnico dirigem-se para a sala da câmara gama 2.
52. Técnico dá instruções ao doente para o correcto posicionamento durante o exame, aconselha-o a permanecer imóvel.
53. O técnico insere os dados na consola, associando este exame à 1ª aquisição de imagens.
54. O doente permanece na sala da câmara gama 2 até a segunda parte do exame, a aquisição de imagens depois do esforço, terminar.
55. Terminado o exame, o técnico auxilia o doente a levantar-se e informa-o do término do exame.
56. O doente termina o exame e abandona o serviço.
57. O técnico chama os próximos doentes, até todos realizarem o exame.

1.2. Renograma

Esta etapa é sequencial à primeira, por isso a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57 e o mapa de fluxo de trabalho, a que corresponde esta descrição escrita de tarefas, na página 63.

7. O administrativo acompanha o doente até ao corredor, e entrega o processo do doente ao médico.
8. O doente aguarda, no corredor, que o médico o chame.
9. O médico convida o doente entrar no gabinete e procede à consulta.
10. Durante a consulta, o médico efectua uma breve história clínica, em que pergunta ao doente, entre outras coisas, se é diabético ou sofre de insuficiência renal, se tem consigo exames feitos anteriormente, bem como se tem noção do que é o exame e da razão pela qual o vai realizar. Informa-o acerca dos cuidados a ter posteriormente ao exame devido à exposição a radiação, por exemplo no que diz respeito ao contacto com o agregado familiar e à necessidade de ingestão de líquidos com frequência.

11. Terminada a consulta o médico indica a sala de espera ao doente e deixa o processo do doente na sala de administração de radiofármacos.
12. O doente desloca-se para a sala de espera.
13. O doente permanece na sala de espera onde aguarda ser chamado novamente
14. Quando disponível, e depois de consultar o processo do doente na sala de administração de radiofármacos, o técnico dirige-se à radiofarmácia onde prepara a dose a administrar ao doente, de acordo com as indicações médicas.
15. O técnico transporta a seringa com a dose de radiofármaco, para a sala da câmara gama que estiver disponível para a realização do exame (geralmente sala 1 ou 3).
16. O técnico chama o doente.
17. O técnico de MN e o doente deslocam-se para a sala da câmara gama.
18. O técnico dá instruções ao doente para o seu correcto posicionamento na câmara.
19. O técnico insere os dados do doente na consola.
20. O técnico injecta o radiofármaco ao doente.
21. O técnico inicia de imediato a aquisição de imagens dinâmicas.
22. O doente permanece na sala da câmara gama para a aquisição de imagens.
23. Aquando do término da aquisição, o técnico auxilia o doente a levantar-se e informa-o de que o exame terminou.
24. O doente abandona o serviço.

1.3. Cintigrafia renal

Esta etapa é sequencial à primeira, por isso a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57 e o mapa de fluxo de trabalho, a que corresponde esta descrição escrita de tarefas, na página 64.

7. O administrativo acompanha o doente até ao corredor, e entrega o processo do doente ao médico.
8. O doente aguarda, no corredor, que o médico o chame.
9. O médico convida o doente entrar no gabinete e procede à consulta.
10. Consulta. O médico, efectua uma breve história clínica, em que pergunta ao doente se este padece de diabetes ou insuficiência renal, se tem consigo exames feitos anteriormente bem como se tem noção do que é o exame e da razão pela qual o vai realizar. Informa-o acerca dos cuidados a ter posteriormente ao exame devido à exposição a radiação, põe exemplo no que diz respeito ao contacto com o agregado familiar e à necessidade de ingestão de líquidos com frequência.
11. Terminada a consulta o médico indica a sala de espera ao doente e deixa o processo do doente na sala de administração de radiofármacos.
12. Doente desloca-se para a sala de espera.
13. O doente permanece na sala de espera onde aguarda ser chamado novamente
14. Quando disponível, e depois de consultar o processo do doente na sala de administração de radiofármacos, o técnico dirige-se à radiofarmácia onde prepara a dose a administrar ao doente, de acordo com as indicações médicas.
15. O técnico transporta a seringa com a dose de radiofármaco, para a sala da câmara gama que estiver disponível para a realização do exame (geralmente sala 1 ou 3).
16. O técnico chama o doente.
17. O técnico de MN e o doente deslocam-se para a sala da câmara gama.
18. O técnico dá instruções ao doente para o seu correcto posicionamento na câmara.
19. O técnico insere os dados do doente na consola.
20. O técnico injecta o radiofármaco ao doente.
21. O técnico inicia de imediato a aquisição de imagens dinâmicas.
22. Doente permanece na sala da câmara gama para a aquisição de imagens.
23. Aquando do término da aquisição, o técnico auxilia o doente a levantar-se e dá-lhe instruções para que aguarde na sala de espera para doentes

- injectados, até ser novamente chamado.
24. O doente dirige-se para a sala de espera de doentes injectados.
 25. O doente aguarda ser chamado.
 26. Decorrido o tempo necessário, e assim que disponível, quer a sala da câmara gama, quer o técnico de MN, este dirige-se à sala de espera para doentes injectados e aconselha o doente a ir às instalações sanitárias exactamente antes de o encaminhar novamente para a sala da câmara gama.
 27. Se for o caso, o doente vai à casa de banho para doentes injectados.
 28. O técnico e o doente deslocam-se para a sala da câmara gama, onde se terá realizado a primeira aquisição de imagens.
 29. O técnico posiciona o doente.
 30. Na consola, o técnico associa esta aquisição de imagens à primeira.
 31. Doente permanece na sala da câmara gama durante aproximadamente 1 minuto.
 32. Terminada a aquisição, o técnico auxilia o doente a levantar-se e informa-o do fim do exame.
 33. O doente abandona o serviço.

1.4. Cintigrafia óssea

Esta etapa é sequencial à primeira, por isso a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57 e o mapa de fluxo de trabalho, a que corresponde esta descrição escrita de tarefas, na página 66.

7. O administrativo acompanha o doente até ao corredor, e entrega o processo do doente ao médico.
8. O doente aguarda, no corredor, que o médico o chame.
9. O médico convida o doente entrar no gabinete e procede à consulta.
10. Consulta. O médico efectua uma breve história clínica. Informa-o acerca

- dos cuidados a ter posteriormente ao exame devido à exposição a radiação, põe exemplo no que diz respeito ao contacto com o agregado familiar e à necessidade de ingestão de líquidos com frequência.
11. Terminada a consulta o médico indica a sala de espera ao doente e deixa o processo do doente na sala de administração de radiofármacos.
 12. O doente desloca-se para a sala de espera.
 13. O doente permanece na sala de espera onde aguarda ser chamado novamente.
 14. Quando disponível, e depois de consultar o processo do doente na sala de administração de radiofármacos, o técnico dirige-se à radiofarmácia onde prepara a dose a administrar ao doente, de acordo com as indicações médicas.
 15. O técnico chama o doente.
 16. O técnico e o doente dirigem-se para a sala de administração de radiofármacos.
 17. O técnico injecta o radiofármaco ao doente e informa-o que deve esperar cerca de 2h30m.
 18. O doente desloca-se para sala de espera para doentes injectados.
 19. Doente aguarda ser chamado.
 20. Técnico leva o processo para a sala da câmara gama 2, independentemente da câmara em que se irá realizar o exame.
 21. Decorrido o tempo necessário, e assim que alguma câmara esteja disponível o técnico levanta o processo da sala da câmara 2.
 22. O técnico chama o doente e aconselha-o a ir à casa de banho para doentes injectados.
 23. O doente vai à casa de banho para doentes injectados.
 24. O técnico e o doente e deslocam-se para a sala da câmara gama.
 25. O técnico dá instruções ao doente para o correcto posicionamento e auxilia-o quando necessário. Por vezes é necessário colocar pequenas placas de chumbo sobre o órgão (bexiga) e/ou sobre o detector nessa zona.
 26. O técnico introduz os dados do doente na consola.
 27. O doente permanece na sala da câmara gama durante a aquisição de

- imagens.
28. Sempre que necessário, o técnico regressa à sala da câmara gama para reposicionar o doente.
 29. Terminada a aquisição, o técnico auxilia o doente a levantar-se e informa-o do fim do exame.
 30. O doente abandona o serviço.

1.5. Cintigrafia da tiróide

Esta etapa é sequencial à primeira, por isso a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57 e o mapa de fluxo de trabalho, a que corresponde esta descrição escrita de tarefas, na página 68.

7. O administrativo acompanha o doente até ao corredor, e entrega o processo do doente ao médico.
8. O doente aguarda, no corredor, que o médico o chame.
9. O médico convida o doente entrar no gabinete e procede à consulta.
10. Consulta. Durante a consulta, o médico pergunta ao doente à quanto tempo padece dos sintomas, que exames realizou anteriormente e se os trás consigo, se realizou as análises às hormonas tiróideias bem como se tem noção do que é o exame e da razão pela qual o vai realizar. Informa-o acerca dos cuidados a ter posteriormente ao exame devido à exposição a radiação, põe exemplo no que diz respeito ao contacto com o agregado familiar e à necessidade de ingestão de líquidos com frequência.
A cintigrafia da tiróide geralmente não é realizada como primeira hipótese de exame de diagnóstico. Geralmente o doente já deverá ter realizado uma ecografia e as análises às hormonas tiróideias.
11. Terminada a consulta o médico indica a sala de espera ao doente e deixa o processo do doente na sala de administração de radiofármacos.
12. O doente desloca-se para a sala de espera.
13. O doente permanece na sala de espera onde aguarda ser chamado

- novamente.
14. Quando disponível, e depois de consultar o processo do doente na sala de administração de radiofármacos, o técnico dirige-se à radiofarmácia onde prepara a dose a administrar ao doente, de acordo com as indicações médicas.
 15. O técnico chama o doente.
 16. O técnico e o doente dirigem-se para a sala de administração de radiofármacos.
 17. O técnico injecta o radiofármaco no doente e informa-o que deve aguardar na sala de espera para doentes injectados.
 18. O doente desloca-se para a sala de espera de doentes injectados.
 19. O doente permanece na sala de espera de doentes injectados até ser chamado.
 20. O técnico leva o processo do doente para a sala da câmara gama 4.
 21. Assim que disponíveis, quer a câmara gama 4 quer o técnico, Este consulta o processo do doente seguinte.
 22. O técnico dirige-se à sala de espera para doentes injectados e chama o doente.
 23. O técnico acompanha o doente à sala de administração de radiofármacos onde este bebe um copo de água.
 24. O técnico e o doente dirigem-se para a sala da câmara gama 4, para a aquisição de imagens.
 25. O técnico dá instruções ao doente para o correcto posicionamento e auxilia-o quando necessário. O técnico introduz os dados do doente na consola.
 26. O doente permanece na sala da câmara gama durante a aquisição de imagens.
 27. Sempre que necessário, o técnico regressa à sala da câmara gama para reposicionar o doente.
 28. Terminada a aquisição, o técnico auxilia o doente a levantar-se e informa-o do fim do exame.
 29. O doente abandona o serviço.

1.6. Densitometria óssea

Esta etapa é sequencial à primeira, por isso a numeração das tarefas não tem início com o número 1. Poderá consultar a *1ª Etapa do Processo: A admissão* na página 57 e o mapa de fluxo de trabalho, a que corresponde esta descrição escrita de tarefas, na página 70.

7. Administrativo acompanha o doente à sala de densitometria, e informa-o de que terá de aguardar no corredor até que o técnico o chame. Deixa o processo do doente na sala de densitometria.
8. O doente aguarda no corredor que o técnico o chame.
9. Disponível, o técnico chama o doente para entrar na sala de densitometria.
10. O doente e o técnico deslocam-se para a sala de densitometria.
11. O técnico insere os dados do doente na consola.
12. O técnico dá instruções do posicionamento correcto na câmara e auxilia o doente.
13. O técnico e o doente permanecem na sala durante a aquisição das imagens.
14. Sempre que necessário o dá instruções ao doente para o seu reposicionamento.
15. Terminado o exame, o técnico auxilia o doente quando necessário e informa-o de que o exame terminou.
16. O doente abandona as instalações.

2. 3ª Etapa do Processo: Do processamento de exames ao envio de resultados

2.1. Posterior à 2ª Etapa do Processo excepto para a densitometria óssea

Esta etapa é posterior à 1ª e 2ª Etapas (para todos os exames à excepção da densitometria óssea) e o mapa de fluxo de trabalho, a que corresponde esta descrição escrita de tarefas, pode ser consultado na página 72.

1. Depois de todos os exames serem finalizados, o processo do doente é levado da sala da câmara gama onde foi realizado para a sala de processamento de exames pelo técnico.
2. O técnico processa as imagens do doente, imprime-as e anexa-as ao processo do doente.
3. Quando disponível, o médico vai buscar o processo do doente.
4. Se as imagens não suscitam dúvidas ao médico aquando do relato, ele relata-as para um gravador.
5. O médico leva o gravador ao administrativo.
6. O relato do médico é informatizado e impresso pelo administrativo.
7. O administrativo entrega o relatório do exame impresso ao médico.
8. O médico lê o relatório.
9. Se pelo contrário o médico tiver dúvidas enquanto observa as imagens (a seguir ao ponto 4), ele entrega-as ao administrativo.
10. O administrativo, por sua vez as entrega novamente ao técnico para que este proceda a um novo processamento das mesmas, até que todas as dúvidas sejam dissipadas e se possa passar ao ponto 4, ou seja fazer um relato correcto e devidamente fundamentado pelas imagens.
11. Depois do ponto 9, caso o médico não verifique nenhuma irregularidade, assina o relatório e devolve-o ao administrativo.

12. O administrativo por sua vez, envia o relatório e as imagens, via correio, para o médico que prescreveu o exame.
13. No ponto 9, caso o médico detecte alguma irregularidade, faz as alterações devidas, imprime uma nova versão e assina.
14. Devolve ao administrativo a versão final do relatório.
15. O administrativo separa o relatório e as imagens dos documentos que serão arquivados na instituição, coloca-os num envelope e envia-os por correio, para o médico que prescreveu o exame.

2.2. Posterior ao exame de densitometria óssea

Esta etapa é posterior à 1ª e 2ª Etapas (para a densitometria óssea) e o mapa de fluxo de trabalho, a que corresponde esta descrição escrita de tarefas, pode ser consultado na página 74.

1. Disponível, o técnico faz o processamento das imagens e imprime-as na sala de densitometria.
2. Disponível, a técnica de análises clínicas dirige-se à sala de densitometria, onde depois de consultar os documentos acabados de imprimir, introduz manualmente num outro computador valores constantes nesses mesmos documentos, que caracterizam parâmetros pessoais do doente, para que assim estes constem do sistema de gestão de informação do ICNAS.
3. A técnica de análises clínicas leva o processo ao administrativo.
4. Quando disponível, o médico vai buscar o processo do doente.
5. Se as imagens não suscitam dúvidas, o médico relata-as para um gravador.
6. O médico leva o gravador ao administrativo.
7. O relato do médico é informatizado e impresso pelo administrativo.
8. O administrativo entrega o relatório do exame impresso ao médico.
9. O médico lê o relatório.
10. Se pelo contrário o médico tiver dúvidas enquanto observa as imagens (a

seguir ao ponto 3), ele entrega-as ao administrativo.

11. O administrativo, por sua vez as entrega novamente ao técnico para que este proceda a um novo processamento das mesmas, até que todas as dúvidas sejam dissipadas e se possa passar ao ponto 4, ou seja fazer um relato correcto e devidamente fundamentado pelas imagens.
12. Depois do ponto 10, caso o médico não verifique nenhuma irregularidade, assina o relatório e devolve-o ao administrativo.
13. O administrativo por sua vez, envia o relatório e as imagens, via correio, para o médico que prescreveu o exame.
14. No ponto 9, caso o médico detecte alguma irregularidade, faz as alterações devidas, imprime uma nova versão e assina.
15. Devolve ao administrativo a versão final do relatório.
16. O administrativo separa o relatório e as imagens dos documentos que serão arquivados na instituição, coloca-os num envelope e envia-os por correio, para o seu destinatário final, seja ele o médico que prescreveu o exame ou o próprio doente.