



ESCOLA SUPERIOR DE
TECNOLOGIA DA SAÚDE
DE LISBOA



INSTITUTO
POLITÉCNICO
DE LISBOA

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

Dosimetria numa População de Profissionais Expostos a Radiações Ionizantes

Sónia Cláudia Lin Chin

Orientadores:

Licenciada Especialista Gabriela Cardoso, Hospital Garcia de Orta, EPE

Prof. Doutor Nuno Teixeira, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde
Área de Especialização: Proteção Contra Radiações

Lisboa, 2013

INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA

Dosimetria numa População de Profissionais Expostos a Radiações Ionizantes

Sónia Cláudia Lin Chin

Orientadores:

Licenciada Especialista Gabriela Cardoso, Hospital Garcia de Orta, EPE

Prof. Doutor Nuno Teixeira, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa

Júri:

Doutor José Pedro Miragaia Trancoso Vaz – Investigador Principal, Instituto Tecnológico e Nuclear

Doutor Luís Manuel Carvalho Freire – Prof. Adjunto, Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa – ESTeSL

Mestrado em Radiações Aplicadas às Tecnologias da Saúde
Área de Especialização: Proteção Contra Radiações

(esta versão inclui as críticas e sugestões feitas pelo júri)

Lisboa, 2013

Dosimetria numa População de Profissionais Expostos a Radiações Ionizantes

A Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor e que tal não viole nenhuma restrição imposta por artigos publicados que estejam incluídos neste trabalho

"Digno de admiração é aquele que, tendo tropeçado ao dar o primeiro passo,
levanta-se e segue em frente."

(Carlos Fox)

AGRADECIMENTOS

Quando me inscrevi neste mestrado foi com o intuito de adquirir novos conhecimentos e complementar a minha formação académica. No entanto, pouco tempo depois a minha vida sofreu uma reviravolta e o meu mundo desabou levando-me a pensar em desistir do mestrado. Se hoje estou prestes a adquirir o grau de mestre, é graças a várias pessoas que de algum modo me ajudaram neste período difícil da minha vida e a quem tenho de agradecer.

Ao **Professor Doutor Nuno Teixeira** – Diretor do mestrado e co-orientador da minha tese. A sua compreensão, orientação e boa disposição ao longo do mestrado motivaram-me e ajudaram-me a recuperar a força de vontade para me empenhar na conclusão desta etapa na minha formação.

À **Dra. Gabriela Cardoso** – Orientadora da minha tese e colega de trabalho. Por toda a sua ajuda, orientação e, acima de tudo, paciência nestes últimos meses. A sua dedicação e preocupação mantiveram-se nos eixos até ao último momento.

À **Dra. Ana Isabel Santos** – Diretora do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE (HGO). Por me ter incentivado a iniciar esta nova etapa na minha formação académica e disponibilizado o seu precioso tempo ao longo da concretização deste trabalho.

Aos meus **colegas de trabalho** – Que me ajudaram ao longo destes meses. Obrigada por me apoiarem e ouvirem os meus desabafos e delírios nos dias bons e, principalmente nos dias mais cinzentos.

Aos meus **amigos** e ao meu **namorado** – pelo apoio e compreensão em todos estes meses de emoções à flor da pele e ausências. É bom saber que temos pessoas nas nossas vidas que gostam de nós e estão presentes nos bons e nos maus momentos.

À minha **família** – Que apesar de tudo o que aconteceu no último ano se mantém unida e forte. Por todo o seu apoio que foi e continua a ser muito importante para mim.

À minha **mãe** – Que sempre me amou e apoiou incondicionalmente. Foi a sua educação e personalidade (um exemplo de coragem, determinação, generosidade e boa disposição) que me inspiraram a ser a pessoa que sou. Esteja onde estiver, sei que ela continua a olhar por mim como o meu anjo da guarda.

RESUMO

Atualmente, o Homem está exposto a diversas formas de radiação e, no contexto da Medicina, as radiações ionizantes têm sido utilizadas sendo indispensáveis no diagnóstico e terapêutica de diversas patologias. Contudo, há que ter em conta que os profissionais que trabalham com as radiações são expostos a doses que por menores que sejam, poderão vir a ser nocivas a longo prazo. Por este motivo, tornou-se necessário quantificar essas doses para controlar a exposição profissional à radiação. Com a implementação de recomendações e normas de segurança internacionais, transpostas para a legislação nacional, foram estabelecidos limites para as doses resultantes da exposição profissional.

Dependendo das características da exposição ocupacional pode ser necessário proceder à monitorização individual interna dos profissionais. Essa necessidade pode ser determinada com base nos critérios estabelecidos pela Agência Internacional de Energia Atómica (IAEA) no Safety Guide RS-G 1.2.

Objectivo: Realizar um estudo retrospectivo das leituras dosimétricas de todos os profissionais de um Serviço de Medicina Nuclear (SMN), durante um período de 6 anos (2005-2010). E determinar, com base nas atividades manipuladas no ano de 2010 pelos funcionários do SMN e de um Serviço de Patologia Clínica (SPC), a necessidade de implementar a monitorização da dosimetria interna.

Metodologia: Após pesquisa nas bases de dados do Serviço, foram recolhidos os valores relativos às leituras dos dosímetros de corpo inteiro (CI) e extremidades (2005-2010) e atividades manipuladas pelos profissionais monitorizados durante o período de tempo estipulado para serem sujeitos a tratamento estatístico. No que respeita à determinação da necessidade de monitorização interna dos profissionais do SMN e do SPC, foram aplicados os critérios do Safety Guide RS-G 1.2 da IAEA.

Resultados: Apesar de as atividades manipuladas sofrerem um aumento de ano para ano, desde 2005 a 2010, as leituras dos dosímetros de CI registaram várias variações nas diversas categorias profissionais, mais acentuadas em 2010. Também os dosímetros de extremidades registaram várias oscilações entre 2005 e 2010. Sendo que, os dosímetros de anel registaram valores mais elevados que os dosímetros de pulso. As doses de CI e extremidades não têm relação entre si pelo que, a monitorização de CI não é suficiente para refletir a exposição das extremidades dos profissionais às fontes de radiação. No SMN, 76,9% dos profissionais necessitam de monitorização interna e, no SPC todos os profissionais que realizam procedimentos de radioimunoensaio (RIA) devem ser sujeitos a monitorização interna.

Palavras-Chave: Radiações Ionizantes, Medicina Nuclear, Exposição Ocupacional, Dosimetria, Monitorização Individual.

ABSTRACT

Nowadays, Man is exposed to various forms of radiation and, in Medicine, ionizing radiation has been used, and is indispensable to diagnose and treat a diversity of diseases. However, we have to consider that people working with ionizing radiation are exposed to doses that, although small, may become harmful on a long term analysis. Therefore, it became necessary to quantify the doses to control professional radiation exposure. With the implantation of international security recommendations and guidelines, transposed to national law, limits to exposure doses were established.

Depending on the characteristics of occupational exposure, it may be necessary to make an internal individual monitoring. This necessity can be determined by the criteria established by the International Atomic Energy Agency (IAEA) in the Safety Guide RS-G 1.2.

Objective: Conduct a retrospective study of dosimetric readings for all professionals in a Nuclear Medicine Service (NMS), during a period of 6 years (2005-2010). And determine, based on the activities handled by the staff of a NMS and a Clinical Pathology Service (CPS) in 2010, the need to implement internal dosimetry monitoring.

Methods: After literature review, values from the readings of whole-body (WB) and extremity dosimeters (2005-2010) along with activities, handled by the monitored professionals during the stipulated period of time, were collected and subjected to statistical analysis. With regard to determining the need for internal monitoring of professionals in the NMS and the CPS, we applied the criteria of the Safety Guide RS-G 1.2 of the IAEA.

Results: Although the activities handled suffer an increase from year to year, from 2005 to 2010, the readings of the WB dosimeters showed several variations in the various professional categories, more pronounced in 2010. Extremity dosimeters also recorded several oscillations between 2005 and 2010. Also the ring dosimeters recorded higher values than the wrist dosimeters. The doses of WB and extremities dosimeters are not related to each other thus the WB monitoring is not enough to reflect the exposure of extremities to radiation sources. In the NMS, 76.9% of professionals need to monitor internal doses received and in CPS, all professionals who perform procedures radioimmunoassay (RIA) should be subject to internal monitoring.

Keywords: Ionizing Radiation, Nuclear Medicine, Occupational Exposure, Dosimetry, Individual Monitoring.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XV
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	XIX
1. INTRODUÇÃO	1
2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....	3
2.1. Medicina Nuclear	3
2.2. Radioimunoensaio.....	4
2.3. Grandezas Dosimétricas ou de Proteção	6
2.4. Efeitos Biológicos da Radiação	7
2.5. Proteção Radiológica.....	8
2.6. Limites de dose.....	9
2.7. Classificação dos Trabalhadores	10
2.8. IAEA RS-G 1.2.....	11
3. CONTEXTUALIZAÇÃO, MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS	14
3.1. Contextualização do Tema	14
3.2. Motivação para a Escolha do Tema	14
3.3. Objetivos do Trabalho	15
3.3.1. Objetivos gerais	15
3.3.2. Objetivos específicos	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
4.1. Dosimetria dos Profissionais do SMN	16
4.1.1. Dosímetros TLD.....	17
4.2. Estudo retrospectivo dos Equivalentes de Dose Individual entre 2005-2009.....	17
4.3. Comparar os valores das leituras dos dosímetros no ano 2010 com os dos anos anteriores.....	19
4.4. Comparação dos valores das leituras dos dosímetros de pulso (2009) com os valores das leituras dos dosímetros de anel (2010).....	19
4.4.1. Monitorização da dosimetria de extremidades dos AO	20

4.5. Comparação do equivalente de dose da dosimetria de CI e de extremidades	20
4.6. Estimativa da dose anual do SPC.....	21
4.7. Determinação da necessidade de monitorização interna dos profissionais do SMN para o ano 2010.....	21
4.8. Determinação da necessidade de monitorização interna para os profissionais do SPC que trabalham na área da RIA em 2010.....	23
4.9. No âmbito do PPSR, elaboração de uma norma interna para o SMN sobre dosimetria individual.....	24
5. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	25
5.1. Estudo retrospectivo dos Equivalentes de Dose Individual entre 2005-2009.....	25
5.2. Comparar os valores das leituras dos dosímetros no ano 2010 com os dos anos anteriores	30
5.3. Comparação dos valores das leituras dos dosímetros de pulso (2009) com os valores das leituras dos dosímetros de anel (2010).....	31
5.3.1. Monitorização da dosimetria de extremidades dos AO.....	34
5.4. Comparação do equivalente de dose da dosimetria de CI e de extremidades	35
5.5. Estimativa da dose anual do SPC.....	36
5.6. Determinação da necessidade de monitorização interna para os profissionais do SMN para o ano 2010	37
5.7. Determinação da necessidade de monitorização interna para os profissionais do SPC que trabalham na área da RIA em 2010.....	39
5.8. No âmbito do PPSR, elaboração de uma norma interna para o SMN sobre dosimetria individual.....	40
5.9. Elaboração de uma norma de dosimetria individual interna para o SPC (profissionais envolvidos na manipulação de ¹²⁵ I).....	45
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Procedimentos de MN (A. marcação de kits; B. administração endovenosa; e C. aquisição de imagens).....	3
Figura 2.2. Isolador utilizado em Medicina Nuclear.....	4
Figura 2.3. Procedimento de RIA em mesa aberta.....	5
Figura 2.4. Contador Gama.....	5
Figura 2.5. Procedimentos de RIA em Câmara de Fluxo Laminar.....	6
Figura 4.1. Dosímetro de Corpo Inteiro.....	18
Figura 4.2. Dosímetro de Pulso.....	18
Figura 4.3. Dosímetro de Anel.....	19

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 5.1. Valores médios anuais de Hp (0,07) para as diferentes categorias profissionais do SMN.....	25
Gráfico 5.2. Valores médios anuais de Hp (10) para as diferentes categorias profissionais do SMN	26
Gráfico 5.3. Atividade Manipulada pelos Profissionais do SMN.....	26
Gráfico 5.4. Leitura anual dos dosímetros de extremidades (mSv).....	27
Gráfico 5.5. Valores médios de dose de extremidades obtidos a partir de um estudo a nível nacional.....	28
Gráfico 5.6. Dose média de CI em alguns países da Europa.....	29
Gráfico 5.7. Comparação da média do valor médio anual das leituras Hp (0,07) de 2005-2009 com o valor médio anual de 2010.....	30
Gráfico 5.8. Comparação da média do valor médio anual das leituras Hp (10) de 2005-2009 com o valor médio anual de 2010.....	31
Gráfico 5.9. Atividade Manipulada pelos TMN e ENF em 2009 e 2010.....	32
Gráfico 5.10. Atividade média manipulada por profissional em 2009 e 2010.....	32
Gráfico 5.11. Leitura média dos dosímetros de extremidades dos TMN e ENF em 2009 e 2010.....	33
Gráfico 5.12. Leitura dos Dosímetros de Extremidades dos AO.....	34
Gráfico 5.13. Comparação entre os Hp (0,07) acumulados dos dosímetros de CI e de Extremidades em 2009.....	35
Gráfico 5.14. Comparação entre os Hp (0,07) acumulados dos dosímetros de CI e de extremidades em 2010.....	36
Gráfico 5.15. Fator de Decisão Final dos Profissionais do SMN.....	38

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Limites de dose para exposição ocupacional e membros do público expostos a radiação, de acordo com o D.L. n.º222/08.....	10
Tabela 2.2. Coeficientes de dose Efetiva, via inalação de 5 µm de aerossol para trabalhadores expostos.....	12
Tabela 2.3. Fator de segurança da proteção.....	12
Tabela 2.4. Fator de segurança da manipulação.....	13
Tabela 4.1. Propriedades mais relevantes dos dosímetros utilizados no SMN.....	17
Tabela 4.2. Fatores de segurança selecionados para procedimentos de MN.....	22
Tabela 4.3. Fatores de segurança selecionados para procedimentos de RIA.....	23
Tabela 5.1. Atividade manipulada (GBq) e valores médios das leituras Hp (0,07) e Hp (10) dos dosímetros em 2010.....	30
Tabela 5.2. Dosimetria de extremidades e atividades manipuladas pelos TMN e ENF.....	31
Tabela 5.3. Distribuição amostral das leituras médias dos dosímetros de extremidades em 2009 e 2010.....	33
Tabela 5.4. Leitura dos dosímetros de extremidades do AO.....	34
Tabela 5.5. Estimativa da Dose de Extremidades Anual recebida pelos AO 1 e 2.....	35
Tabela 5.6. Dados relativos à Dose Anual recebida por profissional do SPC.....	37
Tabela 5.7. Fator de Decisão Final dos Profissionais do SMN.....	38
Tabela 5.8. Fator de Decisão Final dos Profissionais do SPC.....	39

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AMAD	<i>Activity Median Aerodynamic Diameter</i>
AO	Assistente Operacional
CI	Corpo Inteiro
ENF	Enfermeiro
EPIs	Equipamentos de Proteção Individual
⁶⁷ Ga	Gálio-67
HGO	Hospital Garcia de Orta, E.P.E.
IAEA	<i>International Atomic Energy Agency</i>
ICRP	<i>Internacional Commission on Radiological Protection</i>
¹²³ I	Iodo-123
¹²⁵ I	Iodo-125
¹³¹ I	Iodo-131
¹¹¹ In	Índio-111
LiF:Mg,Cu,P	Fluoreto de Lítio dopado com Magnésio, Cobre e Fósforo
MED	Médico Nuclearista
MN	Medicina Nuclear
⁹⁹ Mo	Molibdénio-99
ORAMED	<i>Optimization of RAdiation protection for MEDical staff</i>
PPSR	Programa de Protecção e Segurança Radiológica
RIA	Radioimunoensaio
SMN	Serviço de Medicina Nuclear
SO ₄ Ca:Dy	Sulfato de Cálcio dopado com Disprósio
SO ₄ Ca:Mg	Sulfato de Cálcio dopado com Magnésio
SPC	Serviço de Patologia Clínica
Sv	Sievert
TA	Técnico de Análises Clínicas
^{99m} Tc	Tecnécio-99m
TLD	Dosímetro de Termoluminescência
TMN	Técnico de Medicina Nuclear

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a aplicação das radiações ionizantes encontra-se bastante generalizada e são numerosas as atividades humanas onde a utilização de radioisótopos é uma constante.

A exposição ocupacional a este tipo de radiação pode resultar de diversas atividades humanas nomeadamente, em aplicações médicas, reatores nucleares, pesquisas científicas, agricultura e indústria, entre outros.

A constante evolução tecnológica e científica que se tem verificado está a tornar o uso das radiações ionizantes na área da saúde cada vez mais usual. Isto porque apesar de se conhecer os seus efeitos biológicos, os benefícios que advêm da sua utilização são cada vez maiores.

A fim de minimizar os efeitos nocivos das radiações ionizantes e proporcionar um maior grau de segurança na manipulação de radiações ionizantes, estabeleceram-se diversas recomendações¹ e normas de segurança, que foram definidas internacionalmente e transpostas para a legislação vigente em Portugal, onde estão definidos os conceitos e valores dos limites de dose. A sua implementação criou a necessidade de se conhecer as doses de radiação a que os trabalhadores estão sujeitos, sendo este objetivo cumprido pela dosimetria individual.

A dosimetria individual deve constituir parte integrante de qualquer Programa de Proteção e Segurança Radiológica (PPSR), pois vai ajudar a alcançar e manter as condições de segurança radiológica nos locais de trabalho.

Na área da saúde, a Medicina Nuclear (MN) é um bom exemplo dos benefícios provenientes do uso das radiações ionizantes. Esta especialidade médica envolve o uso de fontes radioativas não seladas, tendo em vista o diagnóstico e terapêutica de diversas patologias. Assim, é possível observar o estado fisiológico dos tecidos e órgãos de forma não invasiva, por imagem, através da marcação de moléculas participantes nesses processos fisiológicos com isótopos radioativos. Dentro da área da MN, existem diversas áreas de intervenção, sendo que uma delas, a RIA, é atualmente praticada por outras especialidades médicas, nomeadamente a Patologia Clínica.

A RIA consiste na realização de ensaios baseados na medição da radioactividade associada com complexos imunes. Assim sendo, num determinado teste, o marcador pode ser tanto o antigénio como o anticorpo. E deste modo, através do uso de

quantidades conhecidas de um antígeno padrão não marcado pode-se gerar uma curva padrão, relacionando a radioatividade da enzima ligada com a quantidade do antígeno. A partir desta curva padrão pode-se determinar a quantidade de um antígeno numa amostra desconhecida.

Torna-se importante perceber, com base nos valores de dosimetria individual, se as técnicas aplicadas na realização das várias atividades inerentes à MN convencional são as mais adequadas para uma melhor proteção e segurança contra as radiações. Igualmente, é necessário verificar, perante as atividades manipuladas, se existe justificação para monitorização interna dos profissionais a desempenhar funções na MN convencional e na RIA.

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar os vários fatores envolvidos na dosimetria individual dos profissionais destas áreas (MN convencional e RIA) que manipulam fontes radioativas não seladas.

Esta temática será o objeto da Tese, a qual se desenvolverá em mais cinco capítulos.

No Capítulo 2 são apresentados os conceitos fundamentais aplicados na elaboração deste trabalho. No Capítulo 3, é feita a contextualização do tema abrangendo os fatores que motivaram a sua escolha e os objetivos estipulados para a realização do trabalho.

O Capítulo 4 refere-se aos materiais e metodologias seguidas no desenvolvimento do presente trabalho, enquanto o Capítulo 5 incide na análise e discussão dos resultados obtidos. No Capítulo 6 encontram-se as considerações finais deste trabalho.

Para além do trabalho efetuado, no decorrer do estágio foram desenvolvidas outras atividades cuja descrição se encontra no Anexo I.

2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

A radiação ionizante consiste na transferência de energia sob a forma de partículas ou ondas eletromagnéticas com um comprimento de onda igual ou inferior a 100 nanómetros ou uma frequência igual ou superior a 3×10^{15} Hz e capaz de produzir iões direta ou indiretamente².

A exposição ocupacional a este tipo de radiação pode resultar de diversas atividades humanas nomeadamente, o uso de fontes radioativas em aplicações médicas, reatores nucleares, pesquisas científicas, agricultura e indústria, entre outros.

A constante evolução tecnológica e científica que se tem verificado está a tornar o uso das radiações ionizantes na área da saúde cada vez mais usual. Isto porque apesar de se conhecer os seus efeitos biológicos, os benefícios da sua utilização são cada vez maiores.

2.1. Medicina Nuclear

A MN é uma especialidade médica que envolve o uso de fontes radioativas não seladas, tendo em vista o diagnóstico e a terapêutica. Assim, é possível observar e tratar o estado fisiológico e fisiopatológico dos tecidos e órgãos de forma não invasiva, por imagem e/ou por radioterapia interna, através da marcação de moléculas participantes nesses processos fisiológicos com isótopos radioativos (radiofármacos).

A realização dos atos médicos de MN implica vários tipos de procedimentos, desde a preparação e administração dos radiofármacos até à aquisição das imagens, como se encontra representado na Figura 2.1..

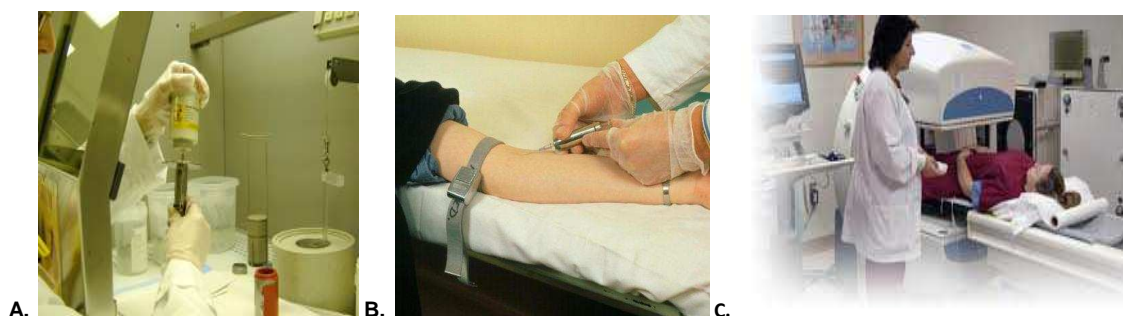


Figura 2.1. Procedimentos de MN (A. marcação de kits; B. administração endovenosa; e C. aquisição de imagens)^{3,4,5}.

Os procedimentos de radiofarmácia como a eluição do gerador de $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, a preparação e controlo de qualidade de radiofármacos e a preparação de unidoses está a cargo dos Técnicos de Medicina Nuclear (TMN) e do Farmacêutico. Já a administração dos radiofármacos é da responsabilidade dos Enfermeiros (ENF), TMN

e Médicos Nuclearistas (MED), onde os ENF realizam a maioria das administrações por via endovenosa; e os TMN efetuam as administrações por via inalatória e algumas administrações endovenosas e orais. Os MED são responsáveis pelas administrações por via intradérmica e por via oral, estes últimos para fins terapêuticos.

Todos os procedimentos de Radiofarmácia são efetuados num isolador específico (Figura 2.2.), equipamento que permite assegurar a assepsia e esterilidade nas manipulações efetuadas e uma radioproteção mais eficaz, devido à capacidade de blindagem deste equipamento. No que respeita às administrações dos radiofármacos, estas são efetuadas com recurso a protetores de seringa (como o que se pode visualizar no ponto B. da Figura 2.1.) e realizadas em macas ou cadeiras de acordo com o tipo de exame e paciente.



Figura 2.2. Isolador utilizado em Medicina Nuclear⁶

2.2. Radioimunoensaio

Os procedimentos de RIA são ensaios baseados na medição da radioatividade associada a complexos imunes. Num determinado teste, o marcador pode ser tanto o antigénio como o anticorpo. Deste modo, através do uso de quantidades conhecidas de um antigénio padrão não marcado pode gerar-se uma curva padrão, relacionando a radioatividade da enzima ligada com a quantidade do antigénio. A partir desta curva padrão pode determinar-se a quantidade de um antigénio numa amostra desconhecida.

Num SPC são realizados quatro procedimentos diferentes de RIA que envolvem a manipulação de fontes não seladas de ^{125}I : a RENINA, a 17-Hidroxiprogesterona, a Testosterona Livre e a Aldosterona.

O kit para ensaio radioimunométrico da RENINA⁷ é utilizado no diagnóstico e tratamento de certos tipos de hipertensão pois permite a determinação quantitativa *in*

in vitro da renina activa no plasma. Este kit contém 11 mL de uma solução de ^{125}I - Anti-Renina com uma atividade máxima de 360 kBq (atividade à data da produção).

O kit da 17-Hidroxiprogesterona⁸ foi concebido para a medição quantitativa da 17 alfa-hidroxiprogesterona no soro e no plasma. Assim, destina-se estritamente ao diagnóstico *in vitro* como auxiliar no diagnóstico e gestão da hiperplasia adrenal congénita. Este kit contém 105 mL de uma solução de ^{125}I - 17alfa-OH Progesterona com uma atividade máxima de 130 kBq (atividade à data da produção).

O kit da Testosterona Livre⁹ é utilizado no radioimunoensaio para o doseamento quantitativo da testosterona livre no soro e destina-se exclusivamente ao diagnóstico *in vitro*, como complementar do diagnóstico e tratamento do hirsutismo devido ao hiperandrogenismo. Este kit é fornecido com 105 mL de uma solução de ^{125}I – Testosterona Livre com uma atividade máxima de 148 kBq (atividade à data da produção).

O kit da Aldosterona¹⁰ que permite a medição quantitativa dos níveis de aldosterona no soro não preparado destina-se estritamente ao uso *in vitro* como auxiliar no diagnóstico clínico. Cada kit é fornecido com cerca de 130 kBq (atividade à data da produção) de ^{125}I - Aldosterona liofilizada que deve ser reconstituída com 110 mL de água destilada ou desionizada.

Todos os procedimentos de RIA são realizados utilizando técnicas assépticas numa mesa localizada no laboratório do SPC, e as suas medições efetuadas com recurso a um Contador Gama. Nas Figuras 2.3. e 2.4. pode ver-se a realização dos procedimentos de RIA em mesa aberta e um Contador Gama, respetivamente.



Figura 2.3. Procedimento de RIA em mesa aberta¹¹.



Figura 2.4. Contador Gama¹².

Este tipo de procedimentos também pode ser realizado em câmaras de fluxo laminar, como a que se pode ver na Figura 2.5., de modo a aumentar a assepsia e a radioproteção dos profissionais.



Figura 2.5. Procedimentos de RIA em Câmara de Fluxo Laminar¹³

2.3. Grandezas Dosimétricas ou de Proteção

As grandezas dosimétricas são utilizadas para descrever e quantificar a quantidade de energia depositada por um feixe de radiação num determinado meio. A dosimetria das radiações ionizantes relaciona quantitativamente as medições realizadas num campo de radiação com as alterações físicas, químicas e biológicas produzidas num alvo por essa radiação. Assim sendo, a dosimetria individual revela-se essencial para quantificar o risco de incidência das alterações biológicas em função da quantidade de radiação recebida e, monitorizar a exposição à radiação dos indivíduos¹⁴.

As grandezas de proteção estão relacionadas com a dose (quantidade de energia depositada num material) e os seus efeitos biológicos uma vez que, os efeitos biológicos provocados pelos diferentes tipos de radiação são distintos e alguns órgãos são mais radiosensíveis que outros (como os que têm células em rápida divisão).

- Dose Absorvida² é a razão entre a energia média depositada pela radiação ionizante num dado volume por unidade de massa desse volume e é expressa em Gray (Gy).

$$D = \frac{dE}{dm} \quad (1)$$

- Dose Equivalente² é a dose absorvida média num determinado órgão ou tecido, ponderada pelo tipo e qualidade da radiação incidente sendo expressa em Sievert (Sv).

$$H_T = W_T D_{T,R} \quad (2)$$

em que $D_{T,R}$ é a dose absorvida média no órgão ou tecido e W_R é o fator de ponderação da tecidual.

- Dose Efectiva² é a soma das doses equivalentes ponderadas em todos os tecidos e órgãos do corpo representando a contribuição relativa de cada órgão irradiado para o detrimento total do indivíduo. É expressa em Sv.

$$E = \sum_{T,R} W_T W_R D_{T,R} \quad (3)$$

em que $D_{T,R}$ é a dose absorvida média no órgão ou tecido, W_R é o fator de ponderação da radiação e W_T é o fator de ponderação tecidular.

2.4. Efeitos Biológicos da Radiação¹⁵

A exposição do Homem às radiações ionizantes pode provocar efeitos na sua saúde. Esses efeitos podem ser agrupados em duas categorias: os efeitos determinísticos que se devem maioritariamente à morte e/ou mau funcionamento das células após exposição a doses de radiação elevadas; e os efeitos estocásticos que se traduzem não só pelo aparecimento de cancro no indivíduo exposto, devido a lesões e mutações das células somáticas, mas também pela transmissão de doenças hereditárias, caso as células germinativas sejam afetadas¹⁵.

Os efeitos determinísticos apresentam uma clara relação causal entre a dose e o efeito provocado. São efeitos somáticos, na medida em que se manifestam apenas no indivíduo exposto e surgem como consequência da morte coletiva de um número significativo de células no tecido irradiado. Existe um limite de dose de radiação abaixo do qual nenhum efeito é observado, pelo que a incidência e severidade da lesão aumentam com a dose recebida. Lesões cutâneas, fibrose, anemias, esterilidade, queda de cabelo, cataratas oculares e danos nas células hematopoiéticas são exemplos típicos de efeitos determinísticos, cujo aparecimento pode ser imediato ou tardio¹⁵.

Por sua vez, os efeitos estocásticos devem-se a alterações no material genético que podem ocorrer para baixas doses ou baixas taxas de dose. A lesão de uma única célula é suficiente para produzir o efeito, podendo este ser somático (aumento do risco de cancro alguns anos após a exposição) ou hereditário (doenças hereditárias nas gerações seguintes). Os efeitos estocásticos são de natureza probabilística pois o aumento da dose não aumenta a gravidade dos danos, mas sim a probabilidade de ocorrerem. Estes efeitos surgem tardiamente sob a forma de carcinogénese, como por exemplo ocorrência de leucemias, e através do aparecimento de anomalias hereditárias¹⁵.

2.5. Proteção Radiológica¹⁶

A Proteção Radiológica tem como objetivo principal a proteção do Homem face às radiações ionizantes sem, contudo, limitar excessivamente o seu uso e consequentes benefícios resultantes de uma exposição controlada às radiações.

A proteção radiológica baseia-se em três princípios fundamentais: o princípio da justificação, o princípio da otimização e o princípio da limitação de doses, os quais foram introduzidos pela Publicação 60 do ICRP¹⁷. Os dois primeiros princípios aplicam-se a todas as situações de exposição, estando relacionadas com as fontes, o terceiro princípio está relacionado apenas com o indivíduo em situações de exposição planeada:

- Princípio da Justificação das práticas: nenhuma prática, envolvendo exposição às radiações, deve ser adotada se dessa prática não resultar um claro benefício para o Homem ou para a sociedade.
- Princípio da Otimização ou ALARA: todas as exposições às radiações e o número de indivíduos expostos devem ser mantidos a um nível tão baixo quanto razoavelmente possível (*As Low As Reasonably Achievable*), tendo em conta os diversos fatores de natureza económica e social.
- Princípio da Limitação das doses: a exposição de indivíduos deve estar sujeita a limites de dose de modo a assegurar que nenhum indivíduo seja exposto a riscos de radiação considerados inaceitáveis.

Num serviço de MN, a radioproteção passa por vários aspetos, tais como:

- O controlo de zonas ativas e vigiadas, através da medição da radiação em toda a instalação;
- A utilização de barreiras de proteção e segurança radiológica (tempo de exposição, distância e barreiras);
- A utilização de procedimentos corretos na manipulação de fontes radioativas;
- A proteção individual dos trabalhadores;
- As normas gerais de descontaminação radioativa;
- O armazenamento de substâncias radioativas, que deve ser efetuado em local apropriado para esse efeito;
- E a eliminação de resíduos radioativos.

Dos aspetos mencionados anteriormente, pode destacar-se a proteção individual dos trabalhadores, a qual está relacionada com a responsabilidade dos trabalhadores e com as suas medidas de proteção individual. A primeira engloba o facto de o trabalhador ter de conhecer e aplicar os regulamentos de saúde e segurança, devendo observar procedimentos seguros e usar corretamente os equipamentos de segurança e controlo que existam, para assegurar a proteção individual e coletiva. Relativamente ao segundo ponto, este estabelece quais as medidas de proteção, como o uso de protetores de seringas durante a preparação e administração dos radiofármacos, e o uso de vestuário e outros equipamentos de proteção individual (EPIs) apropriados.

Quando se fala de Proteção e Segurança Radiológica, tem que se falar, obrigatoriamente, das leis físicas que a suportam¹⁶:

- Distância à fonte: Caso se considere uma fonte como sendo pontual, verifica-se que a dose diminui proporcionalmente com o quadrado da distância - lei do inverso do quadrado da distância.

Tempo de exposição: A dose absorvida é diretamente proporcional ao tempo de exposição, isto é, a dose recebida é igual à taxa de dose emitida pela fonte multiplicada pelo tempo de exposição. Assim, quanto maior for o tempo de exposição à radiação maior será a dose recebida pelo profissional.

- Blindagem/Barreiras: A proteção dos profissionais pode ser alcançada colocando materiais adequados (com elevado número atómico) entre a fonte de radiação e o indivíduo. A atenuação da radiação através da blindagem apresenta uma relação exponencial, tendo em conta a espessura do material utilizado.

De acordo com estes aspetos, o profissional de MN deve recorrer, sempre que possível, ao uso de barreiras (proteções de chumbo) e manter a maior distância possível entre o utilizador e a fonte sem contudo perder a eficiência necessária à resolução do trabalho. Quanto ao fator tempo, deve ser limitado, ao mínimo possível, o tempo de permanência junto à fonte.

2.6. Limites de dose²

Com o objetivo de prevenir o aparecimento de efeitos determinísticos e limitar a ocorrência de efeitos estocásticos a um nível aceitável, foram estipulados limites de dose para a exposição ocupacional dos trabalhadores. Estes valores estão estabelecidos no Decreto-Lei n.º 222/2008 de 17 de Novembro e encontram-se descritos na Tabela 2.1..

Tabela 2.1. Limites de dose para exposição ocupacional e membros do público expostos a radiação, de acordo com o D.L. n.º 222/08

Tipo de Limite	Ocupacional	Público
Dose efetiva	20 mSv/ano, medido em períodos de 5 anos consecutivos (A dose efetiva não deve exceder os 50 mSv em nenhum dos anos)	1 mSv (Pode ser excedido num determinado ano, desde que a dose média ao longo de 5 anos consecutivos não exceda 1 mSv/ano)
Dose equivalente anual		
Cristalino	20 mSv ⁽¹⁾	15 mSv
Pele (1 cm ²)	500 mSv	50 mSv
Extremidades (mãos e pés)	500 mSv	

⁽¹⁾ Novo limite de dose equivalente anual no cristalino, proposto pelo ICRP no *International Commission on Radiation Protection Statement on Tissue Reactions*¹⁸.

2.7. Classificação dos Trabalhadores^{2,19}

O período de monitorização dos trabalhadores depende das características do trabalho a realizar, sendo mais conveniente a periodicidade mensal atendendo a que períodos superiores a um mês dificultam a determinação da causa de valores anómalos registados.

De acordo com Decreto-Lei nº 222/2008, os trabalhadores podem ser classificados em duas categorias: A e B dependendo da dose de radiação a que estão sujeitos. A categoria A é atribuída aos trabalhadores que são suscetíveis de receber uma dose efetiva superior a 6 mSv/ano ou uma dose equivalente superior a 3/10 de um dos limites anuais de exposição. Os profissionais que pertencem à categoria A devem ser monitorizados mensalmente.

Todos os trabalhadores expostos que não estão incluídos na categoria A são classificados com a categoria B e a sua monitorização pode ser prolongada até aos 3 meses (a monitorização individual deve demonstrar que os trabalhadores estão corretamente classificados na categoria).

Segundo o Decreto-Lei nº 167/2002, se a dose efetiva correspondente ao período de vigilância ultrapassar os 2 mSv ou se a dose equivalente recebida por um órgão ultrapassar os 10 mSv, o responsável do serviço de dosimetria deve comunicar o fato à Direcção-Geral da Saúde, o mais tardar 10 dias após a receção do dosímetro.

2.8. IAEA RS-G 1.2²⁰

A IAEA é uma organização internacional, que estabelece padrões de segurança contra as radiações ionizantes e disponibiliza-os com o intuito de serem aplicados em atividades nucleares pacíficas.

As suas publicações abrangem temáticas que vão desde a segurança nuclear até aos aspetos gerais de segurança, passando pelo transporte e resíduos de fontes radioativas.

Um dos documentos publicados pela IAEA, o *Safety Guide RS-G 1.2* que aborda a determinação da exposição ocupacional causada pela incorporação de radionuclídeos, refere um procedimento que permite determinar se existem critérios para a realização de monitorização individual interna dos profissionais.

De acordo com vários *Basic Safety Standards*, todos os profissionais que atuem com muita ou pouca frequência em áreas controladas, e possam estar expostos a doses significativas, devem ser monitorizados sempre que se considere necessário e adequado.

A necessidade de monitorização individual interna deve ser baseada na possibilidade de se atingir uma dose efetiva de 1 mSv ou mais num ano. Para isso, devem ter-se em conta as propriedades físicas e químicas do material manipulado, a natureza das operações realizadas e as proteções utilizadas, existindo valores tabelados para classificar esses parâmetros através de fatores de segurança relativos ao material, manipulação e proteção^{20,21}.

Assim, deve ter-se em conta a determinação de um fator de decisão d_j , que é dado pela seguinte expressão^{20,21}:

$$d_j = \frac{(A_{Tj} e(g)_{j, inh} f_{fs} f_{hs} f_{ps})}{0,001} \quad (4)$$

em que

- A_{Tj} – atividade máxima manipulada (Bq) para o radionuclídeo j nos diversos procedimentos realizados (eluição, marcação de kits, retirada de doses, administrações e controlos de qualidade);
- $e(g)_{j, inh}$ – dose por unidade de incorporação por inalação (SvBq^{-1}) para um valor de AMAD = 5 μm (os valores correspondentes a cada radionuclídeo utilizado em MN convencional e RIA encontram-se na Tabela 2.2.);

Tabela 2.2. Coeficientes de dose efetiva, via inalação de 5 µm de aerossol para trabalhadores expostos.

Radionuclídeos utilizados	$e(g)_{i, inh (AMAD = 5 \mu m)}$
^{99m}Tc	2,00E-11
^{67}Ga	2,80E-10
^{111}In	3,10E-10
^{123}I	1,10E-10
^{125}I	7,30E-09
^{131}I	1,10E-08

- f_{fs} – Fator de segurança da forma física do material manipulado que na maioria dos casos assume o valor 0,01;
- f_{ps} – Fator de segurança da proteção que se baseia na utilização de meios tecnológicos de proteção de forma permanente e o grau de proteção, e cujos valores se encontram na Tabela 2.3.;

Tabela 2.3. Fator de segurança da proteção.

Medidas de Proteção	f_{ps}
Operação aberta sobre a mesa	1
Máscara	1
Câmara de Fluxo Laminar	0,1
Isolador	0,01

- f_{hs} – Fator de segurança da manipulação que se baseia na experiência e conhecimento que se tem das operações realizadas (na Tabela 2.4. estão descritos os valores correspondentes a cada procedimentos realizado);

Tabela 2.4. Fator de segurança da manipulação.

Procedimento	f_{hs}
Preparação de radiofármacos	10
Técnicas de RIA	10
Eluição do gerador	1
Medição da atividade	1
Administração de radiofármacos	1
Procedimentos de diagnóstico	0,1
Armazenamento de substâncias radioativas	0,01
Armazenamento de resíduos radioativos	0,01
Reparação de Instrumentos	0,01
Calibração de Equipamentos	0,01

➤ 0,001 – Fator de conversão de Sv a mSv.

O fator de decisão d_j deve ser determinado para cada radionuclídeo e tipo de manipulação. Assim sendo, o fator de decisão final D para todos os radionuclídeos manipulados vai ser dado por^{19,20}:

$$D = \sum d_j \quad (5)$$

De acordo com a IAEA, a monitorização interna dos profissionais é necessária quando D é igual ou superior a 1 e desnecessária quando D é inferior a 1.

Quando são manipulados diferentes radionuclídeos, se $D > 1$ pode ser necessário realizar a monitorização interna só para um dos radionuclídeos. Assim sendo, radionuclídeos com d_j igual ou superior a 0,3 necessitam de monitorização interna enquanto os radionuclídeos com d_j muito inferior a 0,1 não requerem monitorização interna^{20,21}.

3. CONTEXTUALIZAÇÃO, MOTIVAÇÃO E OBJETIVOS

3.1. Contextualização do Tema

Apesar de se conhecer os efeitos biológicos da exposição às radiações ionizantes, o grande avanço científico e tecnológico que se tem registado na área da saúde tem favorecido a sua utilização demonstrando que os benefícios clínicos obtidos se sobrepõem largamente aos riscos para a saúde.

Contudo, há que ter em conta a exposição ocupacional dos profissionais desta área de modo a respeitar os limites estipulados na legislação nacional². Para isso, é necessário implementar um PPSR no qual esteja contemplada a monitorização da dose de exposição de cada profissional através de dosimetria individual. Esta consiste no controlo da dose recebida pelos trabalhadores expostos a radiações ionizantes, em áreas controladas e/ou vigiadas, através da monitorização individual.

A monitorização individual vai permitir estimar a dose recebida pelos trabalhadores, avaliar os procedimentos de operação e fornecer informação que pode motivar os trabalhadores a reduzir a sua exposição, entre outros.

3.2. Motivação para a Escolha do Tema

Na área da MN, por existir manipulação de fontes radioativas não seladas e a administração de radioisótopos aos pacientes, a exposição à radiação ionizante e o risco de incorporação de radioisótopos são fatores importantes a ter em conta no quotidiano dos profissionais desta área.

Por isso, considerou-se importante a realização deste trabalho para avaliar as leituras dosimétricas dos profissionais expostos, face às atividades manipuladas pelos mesmos permitindo aferir protocolos de procedimentos, se necessário, para reduzir as doses de exposição. E ainda, o risco de contaminação interna inerente aos procedimentos efetuados pelos profissionais expostos do SMN e do SPC.

O fato de se incluir os profissionais do SPC na determinação do risco de incorporação de radioisótopos surge porque, apesar de os procedimentos de RIA não serem realizados no SMN, trata-se de uma atividade na qual há manipulação de fontes não seladas.

3.3. Objetivos do Trabalho

3.3.1. Objetivos gerais:

- a) Realizar um estudo retrospectivo das leituras dosimétricas de todos os profissionais do SMN, durante um período de 6 anos (2005-2010).
- b) Determinar, com base nas atividades manipuladas pelos funcionários do SMN e do SPC no ano de 2010, a necessidade de implementar a monitorização da dosimetria interna.

3.3.2. Objetivos específicos:

- a) Realizar um estudo retrospectivo das leituras dos dosímetros de CI e de extremidades dos funcionários do SMN durante o período de 5 anos (2005-2009), cruzando com as tarefas desenvolvidas e radioatividade manipulada.
- b) Comparar os valores das leituras dos dosímetros de CI no ano 2010 com os dos anos anteriores visto que, as empresas prestadoras de serviços na área da dosimetria são diferentes e as sensibilidades das leituras também.
- c) Comparar os valores das leituras dos dosímetros de pulso (2009) com os valores das leituras dos dosímetros de anel (2010).
- d) Comparar o equivalente de dose da dosimetria de CI com a de extremidades.
- e) Estimar a dose anual recebida pelos Técnicos de Análises Clínicas (TA) responsáveis pelos procedimentos de RIA.
- f) Determinar, com base nos critérios da IAEA no Safety Guide RS-G 1.2, a necessidade de monitorização da dosimetria interna para os profissionais do SMN no ano 2010.
- g) Determinar, com base nos critérios da IAEA no Safety Guide RS-G 1.2, a necessidade de monitorização da dosimetria interna para os profissionais do SPC que trabalham na área da RIA em 2010.
- h) No âmbito do PPSR, realizar uma norma interna para o SMN sobre dosimetria individual.
- i) Realizar uma norma sobre dosimetria individual interna para o SPC (profissionais envolvidos na manipulação de ¹²⁵I).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

As informações dosimétricas necessárias para o desenvolvimento deste trabalho foram recolhidas no HGO, onde foi realizado o estágio.

O estudo efetuado consistiu na avaliação das doses recebidas pelos profissionais do SMN entre 2005 e 2010, ao nível da dosimetria individual externa de CI e de extremidades. Também foi abordada a necessidade de monitorização interna destes profissionais e dos profissionais do SPC (que efetuam procedimentos de RIA), com base no risco de incorporação de radionuclídeos.

4.1. Dosimetria dos Profissionais do SMN

A exposição radioativa dos profissionais que manipulam fontes de radiação, é avaliada por dois parâmetros: o Hp (10) e o Hp (0,07). O Hp (10)²² estima a dose devida a radiação mais energética associada à dose efetiva, ou seja, é o equivalente de dose pessoal medido a 10 mm da pele com a capacidade de alcançar os órgãos internos. Por outro lado, o Hp (0,07)²² estima a dose devida a radiação de baixa energia associada à dose equivalente na pele, medida a 0,07 mm da pele, atendendo a que devido ao seu pouco poder de penetração, fica depositada à superfície da pele.

Assim, a dose efetiva e a dose equivalente são determinadas através das leituras provenientes de dosímetros pessoais, colocados em determinadas regiões do corpo dos profissionais.

No SMN, a monitorização individual dos profissionais expostos é efetuada com recurso a Dosímetros de Termoluminescência (TLD), permitindo o controlo das exposições ocupacionais de forma a garantir que os limites de dose estipulados na legislação nacional² não são ultrapassados.

Dentro de cada grupo profissional, é efetuada sempre que possível uma distribuição equitativa das tarefas entre todos os elementos, para evitar que uns estejam mais expostos à radiação do que os outros. Isto é conseguido através de escalas rotativas mensais que têm em conta o número de profissionais presentes e as limitações que possam ter no desempenho das diversas funções (nomeadamente, por motivos de doença ou gravidez).

4.1.1. Dosímetros TLD

A termoluminescência²³ é um fenómeno que consiste na emissão de luz por estimulação térmica, ou seja, os cristais termoluminescentes têm a capacidade de armazenar a energia fornecida pela radiação e de, posteriormente, libertá-la sob a forma de luz após serem submetidos a determinada temperatura.

Existem diversos materiais que podem ser usados nos dosímetros TLD, nomeadamente o Sulfato de Cálcio dopado com Magnésio (SO₄Ca:Mg), o Sulfato de Cálcio dopado com Disprósio (SO₄Ca:Dy) e o Fluoreto de Lítio dopado com Magnésio, Cobre e Fósforo (LiF:Mg,Cu,P). Este último é um dos materiais mais usados em dosímetros TLD pelo fato do seu número atómico efetivo ser muito próximo do tecido biológico, o que leva a que o valor da dose absorvida neste material seja muito próxima do valor da dose recebida pelos tecidos¹⁵.

Nos dosímetros TLD, a quantidade de luz emitida pelo cristal durante o aquecimento é proporcional à dose de radiação absorvida. Assim, a intensidade de luz emitida pode ser correlacionada com a dose recebida²³.

Depois de serem lidos, estes dosímetros perdem a informação armazenada permitindo a sua reutilização.

Neste trabalho foram utilizados dois tipos de dosímetros, um de 2005 a 2009 e o outro desde 2010. As suas propriedades mais relevantes encontram-se na Tabela 4.1.:

Tabela 4.1. Propriedades mais relevantes dos dosímetros utilizados no SMN.

Dosímetro	Material	Radiação Detectada	Hp (10)	Hp (0,07)	Gama de Dose (mínima)
Actual ≥ 2010	LiF:Mg,Cu,P	X e Gama	16 KeV a 6,610 MeV	16 KeV a 1,250 MeV	0,02 mSv
Anterior < 2010	SO ₄ Ca:Dy	X e Gama	30 KeV a 5 MeV	30 KeV a 5 MeV	0,03 mSv

4.2. Estudo retrospectivo dos Equivalentes de Dose Individual entre 2005-2009

Este estudo retrospectivo abrangeu o período de tempo entre 2005 e 2009. Para esta avaliação foram analisados os registos dos equivalentes de dose individual de todos os profissionais monitorizados. Os dados analisados foram recolhidos a partir de uma base de dados *Microsoft Office Access* existente no SMN, que contém os registos dosimétricos de todos os elementos sujeitos a monitorização individual.

Para o período de tempo estipulado para o estudo foi efetuado um levantamento das atividades manipuladas pelos profissionais avaliados em todos os procedimentos de MN. Estes dados foram recolhidos a partir de uma base de dados *Microsoft Office Access*, igualmente existente no SMN.

Neste estudo, foi avaliada a exposição ocupacional de CI de 5 MED, 4 TMN, 3 ENF, 2 Assistentes Operacionais (AO), 1 Farmacêutico e 1 Físico. A monitorização de cada um destes profissionais foi feita através de um dosímetro TLD ($\text{SO}_4\text{Ca:Dy}$) de CI, colocado na região pré-cordial e calibrado para determinar o $H_p(d)$, às profundidades de 0,07 mm e 10 mm. A Figura 4.1. mostra um dosímetro de CI e a posição em que deve ser colocado.



Figura 4.1. Dosímetro de Corpo Inteiro^{24,25}.

No caso de campos de radiação não uniforme, deve ser colocado um dosímetro na parte do corpo mais exposta – dosímetro de extremidades.

Assim sendo, no que respeita à dosimetria de extremidades, foi avaliada a exposição ocupacional de 4 TMN, 2 ENF e 1 Farmacêutico, monitorizados através de dosímetros de pulso durante o período estipulado para o estudo. A Figura 4.2. mostra um dosímetro de pulso e a forma como este deve ser colocado.



Figura 4.2. Dosímetro de pulso²⁶.

Os dados referentes aos valores de $H_p(d)$ foram analisados e sujeitos a tratamento estatístico com recurso ao programa *Microsoft Office Excel*.

4.3. Comparar os valores das leituras dos dosímetros no ano 2010 com os dos anos anteriores

Para a comparação dos valores das leituras dos dosímetros no ano 2010 com os dos anos anteriores (2005-2009), foram recolhidos os valores das leituras dos dosímetros de CI de todos os profissionais que foram monitorizados durante 2010 e respetivas atividades manipuladas durante esse período de tempo.

Todos os dados recolhidos foram tratados no *Microsoft Office Excel* e submetidos a tratamento estatístico para cruzar os valores das leituras dos dosímetros com a atividade manipulada em cada grupo profissional, para 2010.

De seguida, para o período de tempo entre 2005 e 2009, foi calculado o valor médio das leituras dosimétricas de CI com o respectivo erro associado. Os valores obtidos foram comparados com os valores de 2010.

4.4. Comparação dos valores das leituras dos dosímetros de pulso (2009) com os valores das leituras dos dosímetros de anel (2010)

Os dosímetros de extremidades podem ser de pulso ou de anel.

No SMN onde foi realizado o estudo, a monitorização da dosimetria de extremidades foi efetuada através de dosímetros de pulso até 2009. Contudo, em 2010 os dosímetros de extremidade utilizados pelos profissionais passaram a ser de anel, sendo colocado no segundo dedo da mão direita, como demonstrado na Figura 4.3..



Figura 4.3. Dosímetro de anel²⁷.

Por este motivo, procedeu-se à comparação entre os valores das leituras dos dosímetros de extremidades de 2009 e 2010.

Na comparação dos valores da dosimetria individual de extremidades de 2009 e 2010, foram recolhidos os valores das leituras dos dosímetros de extremidades de todos os profissionais monitorizados durante esses dois anos. Para isso, foram consultados os registos da dosimetria individual externa relativos a esse período de tempo, registados num ficheiro *Microsoft Office Access* existente no SMN.

Também se recorreu a bases de dados *Microsoft Office Access* para a recolha das atividades manipuladas pelos profissionais em estudo em todos os procedimentos de MN, durante esse período de tempo.

Os profissionais avaliados neste estudo foram os TMN (4 elementos) e os ENF (3 elementos) que são os únicos profissionais sujeitos a monitorização individual de extremidades. O Farmacêutico também é monitorizado mas, em 2010 não manipulou fontes radioativas, por não ter exercido funções na área da Radiofarmácia.

Todos os dados recolhidos foram tratados em folhas de cálculo *Microsoft Office Excel* e submetidos a tratamento estatístico de modo a permitir comparar os valores das leituras dosimétricas e cruzá-las com as atividades manipuladas nesses dois anos.

4.4.1. Monitorização da dosimetria de extremidades dos AO

Dentro desta temática da dosimetria de extremidades, levantou-se a questão da monitorização dos AO. Assim sendo, procedeu-se à monitorização destes profissionais durante um período de 5 meses para verificar quais as doses recebidas nas extremidades e, conseqüentemente qual a relevância deste tipo de monitorização nos mesmos.

Dada a natureza das funções desempenhadas por estes profissionais torna-se difícil contabilizar a atividade manipulada pelos mesmos. Assim sendo, por não existirem registos com estes dados não foi possível cruzar os dados da atividade manipulada com as leituras dos dosímetros.

Todos os dados recolhidos foram tratados em folhas de cálculo *Microsoft Office Excel*.

4.5. Comparação do equivalente de dose da dosimetria de CI e de extremidades

Com o intuito de verificar se existe alguma relação entre o equivalente de dose de CI e de extremidades, cruzaram-se os dados relativos a estes dois tipos de dosímetros para os anos de 2009 e 2010.

Assim, foram recolhidos os valores das leituras dos dosímetros de CI e de extremidades de todos os profissionais sujeitos a este tipo de monitorização, durante o período de tempo estipulado. Os dados obtidos, através de uma base de dados *Microsoft Office Access* existente no SMN, foram trabalhados de modo a calcular a dose total acumulada ao longo de cada ano e sujeitos a tratamento estatístico.

4.6. Estimativa da dose anual do SPC

Os procedimentos de RIA são efetuados por três dos TA do SPC, sendo distribuídos equitativamente entre eles para que não haja sobreexposição de um profissional em relação aos outros.

Com o objetivo de obter uma estimativa da dose anual recebida por estes profissionais do SPC responsáveis pelos procedimentos de RIA, foram recolhidos os dados relativos à atividade máxima manipulada pelos TA, assim como o número de horas por ano correspondentes à realização das técnicas de RIA.

Após a recolha dos dados foi aplicada a seguinte expressão matemática²⁸:

$$Dose\ Anual = \frac{Actividade\ Manipulada\ x\ Taxa\ de\ Dose\ no\ ar\ a\ 1m\ x\ n^{\circ}horas}{ano} \quad (6)$$

em que :

- A atividade manipulada é a atividade (MBq) por cada TA durante o período de um ano.
- A taxa de dose no ar a 1 m do radioisótopo manipulado (¹²⁵I) é de 7.432E-5 mSv/h por MBq²⁹.
- O número de horas por ano corresponde ao tempo de exposição de cada profissional durante o período de tempo estipulado.

4.7. Determinação da necessidade de monitorização interna dos profissionais do SMN para o ano 2010

A avaliação dos riscos de contaminação interna dos profissionais do SMN foi realizada aplicando os critérios estabelecidos pela IAEA no *Safety Guide RS-G1.2*.

Para isso, foi necessário recolher os dados disponíveis sobre a atividade que foi manipulada por cada profissional do SMN no ano 2010 em todos os procedimentos que efetuaram.

Neste estudo foram avaliados 4 TMN, 3 ENF, 5 MED e 1 Físico. O Farmacêutico não foi incluído porque não exerceu funções durante este período de tempo.

No SMN a manipulação de fontes não seladas de ^{99m}Tc , ^{123}I , ^{131}I , ^{67}Ga e ^{111}In poderá levar a um aumento do risco de contaminação interna dos profissionais. Por este motivo, foram analisados todos os procedimentos que implicam a manipulação destes radionuclídeos em que pode haver o risco de derrame, nomeadamente:

- Os diversos procedimentos de Radiofarmácia que incluem: a eluição do gerador de $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$, a preparação de radiofármacos e a preparação de unidades;
- A administração de radiofármacos, que pode ser por via endovenosa, intradérmica, oral e inalatória.

Para o cálculo do factor de decisão d, foi necessário ponderar os fatores definidos no ponto 2.8. do capítulo referente aos conceitos fundamentais.

Recorrendo às tabelas de fatores de segurança (2.2., 2.3. e 2.4.) foram selecionados os vários fatores de segurança que melhor se adaptam às características do SMN em estudo e às condições em que os procedimentos são realizados. Estes encontram-se descritos na Tabela 4.2..

Tabela 4.2. Fatores de segurança selecionados para procedimentos de MN.

Procedimento	ffs	fhs	fps
Eluição	0,01	1	0,01
Preparação de Radiofármacos	0,01	10	0,01
Preparação de Doses	0,01	1	0,01
Controlo de Qualidade	0,01	1	0,01
Administração de Radiofármaco	0,01	1	1

Para os procedimentos de Radiofarmácia e controlos de qualidade, o fator de segurança da protecção selecionado é de 0,01 por serem realizados no isolador que permite uma maior contenção em caso de derrame. Relativamente às administrações dos radiofármacos, o fator escolhido é 1 porque são efetuadas em condições consideradas de mesa aberta, ou seja, sem nenhum tipo de equipamento de contenção.

No que respeita ao fator de segurança da manipulação, todos os procedimentos foram classificados com 1 excepto a preparação de radiofármacos que foi classificada com 10. A selecção foi feita com base na Tabela (2.4.) de fatores de segurança da manipulação e que contempla os vários procedimentos em questão.

4.8. Determinação da necessidade de monitorização interna para os profissionais do SPC que trabalham na área da RIA em 2010

Para proceder à avaliação dos riscos de contaminação interna dos profissionais do SPC que trabalham na área da RIA, foram aplicados os critérios estabelecidos pela IAEA no *Safety Guide RS-G1.2*.

Neste estudo foram avaliados os 3 TA responsáveis pela realização de todos os procedimentos de RIA efetuados no período de tempo estipulado.

Nos procedimentos de RIA, são manipuladas fontes não seladas de ^{125}I e, apesar de se tratar da manipulação de pequenas quantidades de radioisótopo, o risco de derrame está presente.

Para fazer a quantificação desse risco e verificar se este justifica a monitorização interna destes profissionais, foi necessário recolher os dados disponíveis sobre a atividade que foi manipulada por cada profissional do SPC, que realizou procedimentos de RIA, no ano 2010.

Assim, sabendo que por norma cada kit é utilizado 2 vezes com um intervalo de 15 dias entre a primeira e a segunda utilização, o cálculo da atividade manipulada por cada TA foi feito tendo por base a atividade de ^{125}I à data de produção e a atividade do radioisótopo 15 dias após a produção. Deste modo, foram contempladas as atividades máximas que podem ser manipuladas nos procedimentos de RIA.

O método seguido para a realização deste estudo foi semelhante ao referido em 4.7 mudando apenas os fatores de segurança aplicados.

Também foi necessário verificar as condições em que os procedimentos são realizados, de modo a determinar quais os fatores a aplicar na determinação do risco de contaminação interna dos profissionais.

No SPC, os procedimentos de RIA são efetuados numa mesa do laboratório. Contudo, devido à existência nas instalações de uma câmara de fluxo laminar, também foram efetuados cálculos para os fatores de decisão d referentes aos procedimentos realizados neste equipamento. Os fatores de segurança selecionados encontram-se descritos na Tabela 4.3..

Tabela 4.3. Fatores de segurança selecionados para procedimentos de RIA.

Procedimento	ffs	fhs	fps
Mesa Aberta	0,01	10	10
Câmara de Fluxo Laminar	0,01	10	0,1

Para os procedimentos de RIA, o fator de segurança da proteção selecionado é de 10 se forem realizados sobre a mesa mas, se forem realizados numa câmara de fluxo laminar passa para 0,1 porque há recurso a um equipamento de contenção.

No que respeita ao fator de segurança da manipulação, todos os procedimentos foram classificados com 10 baseado na Tabela (2.4.) de fatores de segurança da manipulação, a qual contempla os procedimentos em questão.

4.9. No âmbito do PPSR, elaboração de uma norma interna para o SMN sobre dosimetria individual

Para a elaboração da norma interna do SMN sobre dosimetria individual, foi feita uma pesquisa bibliográfica e avaliados os procedimentos e protocolos realizados no SMN.

De modo a abranger as duas vertentes da dosimetria individual, foram elaboradas duas normas distintas: uma para a dosimetria individual externa e outra para a dosimetria individual interna.

Na norma da dosimetria individual externa, foram descritos todos os aspetos relativos à dosimetria individual externa dos profissionais e visitantes do SMN, dando também relevância às profissionais grávidas.

Na norma da dosimetria individual interna, foram descritos os critérios da IAEA para a determinação da necessidade de monitorização interna dos profissionais do SMN.

4.10. Elaboração de uma norma de dosimetria individual interna para o SPC (profissionais envolvidos na manipulação de ¹²⁵I)

Para a elaboração da norma sobre dosimetria individual para o SPC, foi feita uma pesquisa bibliográfica e avaliados os procedimentos e protocolos realizados nos procedimentos de RIA.

Na norma da dosimetria, foram descritos os critérios da IAEA para a determinação da necessidade de monitorização interna dos profissionais envolvidos nos procedimentos de RIA.

5. APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

5.1. Estudo retrospectivo dos Equivalentes de Dose Individual entre 2005-2009

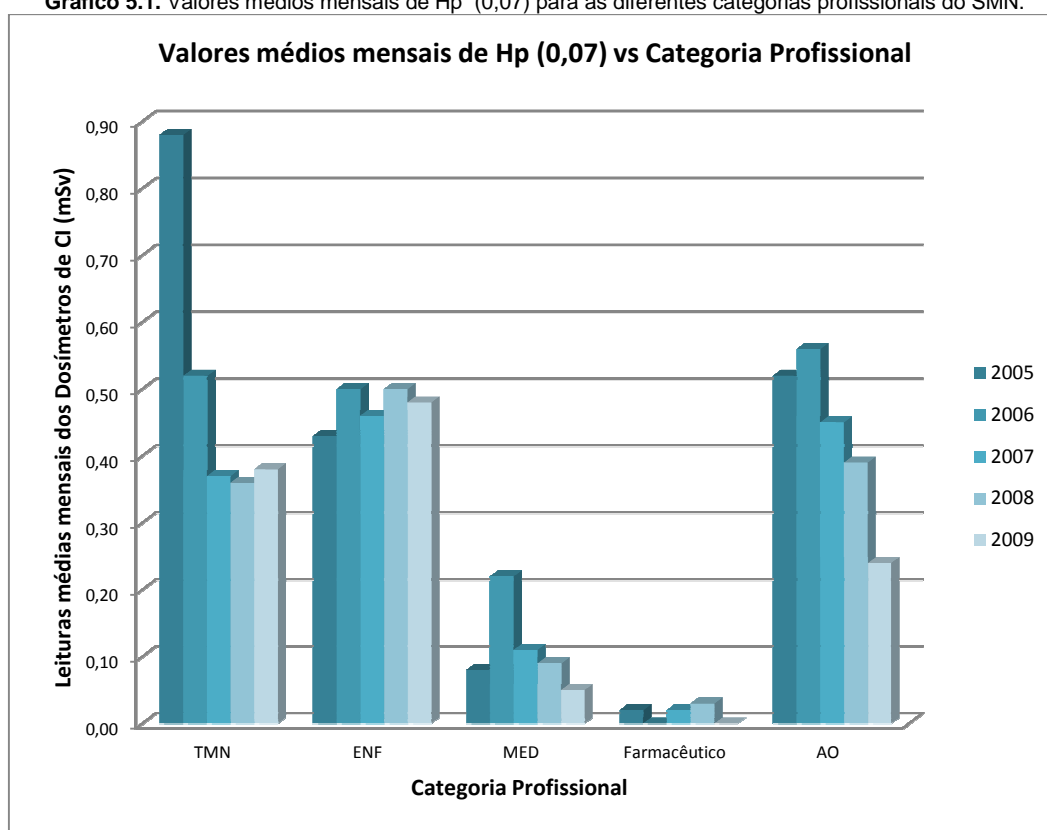
Para cada grupo profissional, a média anual de Hp(0,07) e de Hp(10) corresponde à média aritmética simples dos valores dos equivalentes de dose recolhidos para cada ano. Assim:

$$Hp(d)_{médio} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} Hp(d)_i \quad (7)$$

Onde $Hp(d)_i$ é o equivalente de dose do mês i , para a profundidade d . O $Hp(d)_{médio}$ é a média do equivalente de dose, à profundidade d , para um determinado ano.

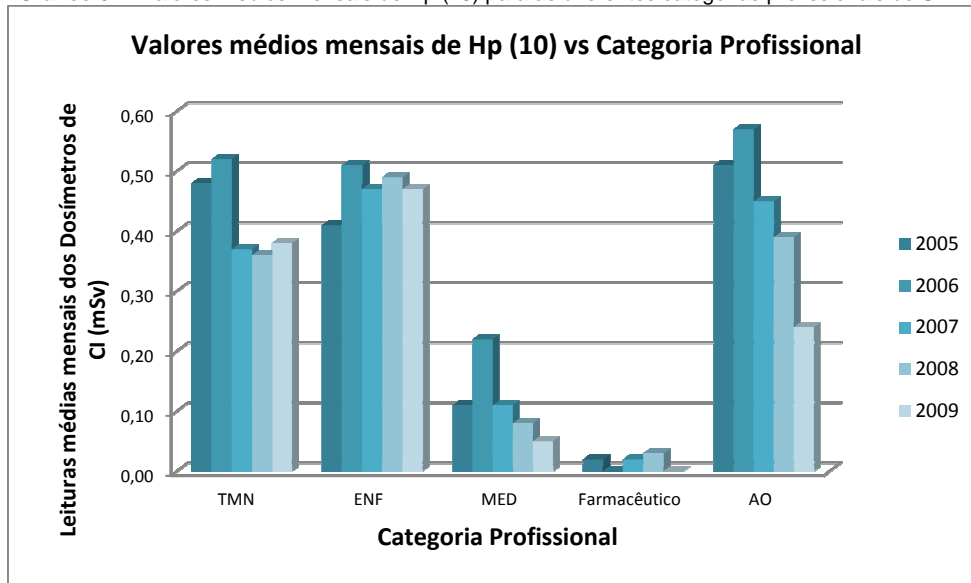
A leitura média dos dosímetros de CI de cada grupo profissional, entre 2005 e 2009, e a atividade manipulada nos respetivos anos, foram analisadas e tratadas estatisticamente (ver Apêndices I, II, III e IV).

Gráfico 5.1. Valores médios mensais de Hp (0,07) para as diferentes categorias profissionais do SMN.



No Gráfico 5.1., para cada ano do estudo retrospectivo, encontram-se os resultados obtidos para Hp (0,07) em função da categoria profissional dos elementos do SMN. Por sua vez, no Gráfico 5.2., encontram-se os valores anuais de Hp (10) para os diversos profissionais.

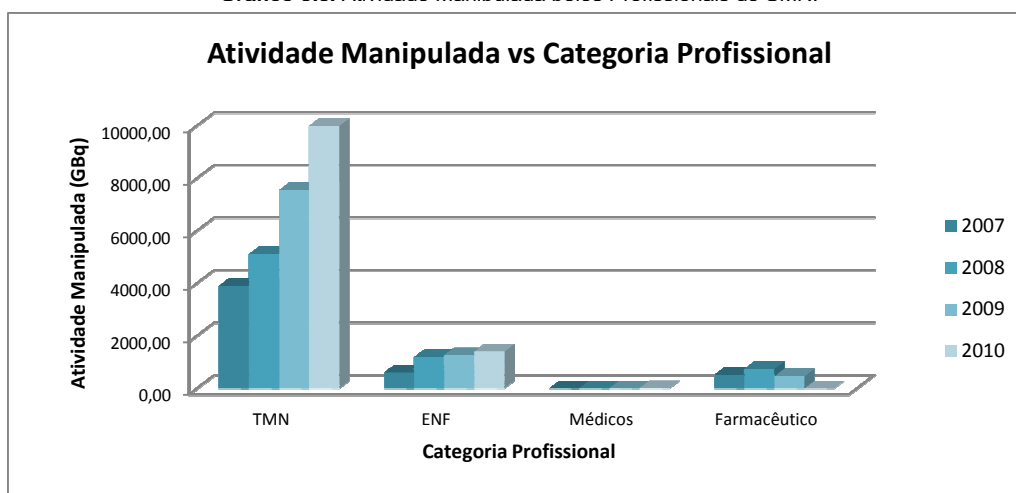
Gráfico 5.2. Valores médios mensais de Hp (10) para as diferentes categorias profissionais do SMN.



A grandeza Hp (10) permite estimar a dose efetiva recebida pelos indivíduos no âmbito das exposições planeadas. Ao analisar o gráfico anterior, observa-se que em nenhuma categoria profissional é ultrapassado o limite de dose de CI (20 mSv/ano) definido no Decreto-Lei n.º 222/2008.

Os dados relativos à actividade manipulada em 2005 e 2006 não se encontravam disponíveis para a realização deste trabalho pelo que, só foi possível fazer a recolha dos dados para os restantes anos (2007-2010), como se pode ver no Gráfico 5.3..

Gráfico 5.3. Atividade Manipulada pelos Profissionais do SMN.



Verificou-se que a leitura anual dos dosímetros de CI dos TMN e ENF foi sofrendo oscilações ao longo dos anos com uma tendência essencialmente decrescente apesar do aumento da atividade manipulada que se registou de ano para ano. No caso dos

TMN, o valor da atividade manipulada em 2010 sofreu um aumento mais significativo também pelo fato do Farmacêutico não ter exercido funções nesse ano.

Em relação aos MED, a atividade manipulada foi aumentando gradualmente de ano para ano e a leitura média dos dosímetros de CI foi sofrendo pequenas oscilações ao longo dos anos. Em 2009, o número de profissionais desta categoria aumentou com a entrada de mais um MED. No entanto, apesar de ser monitorizado, o profissional não manipulou fontes radioativas durante este ano.

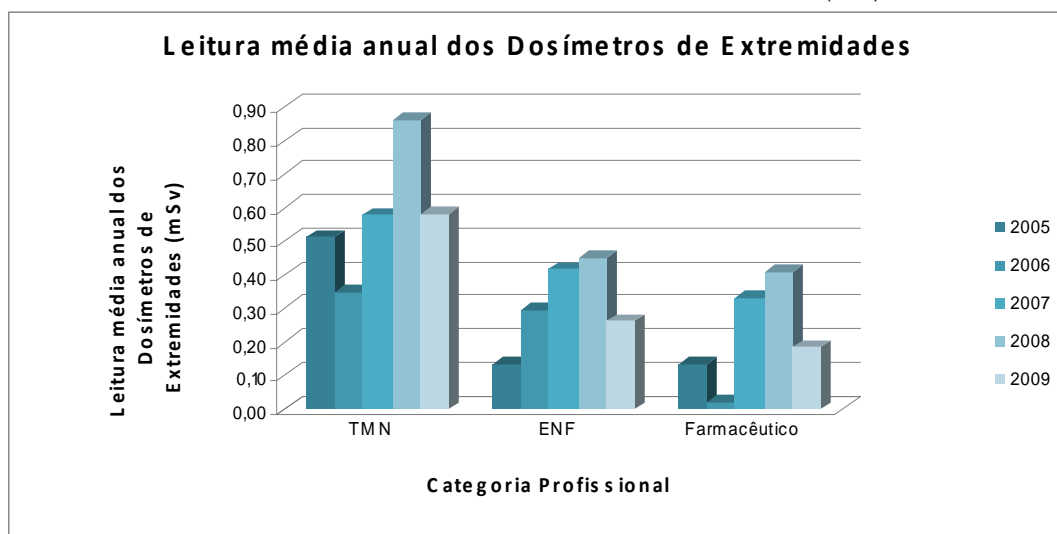
Os registos do Farmacêutico foram sofrendo oscilações de ano para ano, tanto no que respeita à atividade manipulada como à leitura média dos dosímetros de CI. Os valores nulos verificados nas leituras médias de 2006 devem-se ao fato de o profissional ter estado ausente do SMN durante sete meses e só ter exercido funções na Radiofarmácia durante os últimos 3 meses deste ano.

No que respeita aos AO, verificou-se que as leituras médias foram sofrendo oscilações ao longo dos 5 anos, com uma tendência essencialmente decrescente. Contudo, não foi possível relacionar estes valores com as atividades manipuladas durante o período estipulado.

As funções dos AO incluem várias tarefas como a mobilização de doentes, a limpeza da Radiofarmácia e a arrumação dos resíduos radioativos, entre outros. Dado que estes procedimentos não são objeto de registo em base de dados, não é possível obter os valores concretos das atividades manipuladas por estes profissionais.

A leitura média dos dosímetros de extremidades de cada grupo profissional, entre 2005 e 2009, foi analisada e sujeita a tratamento estatístico.

Gráfico 5.4. Leitura média anual dos dosímetros de extremidades (mSv).



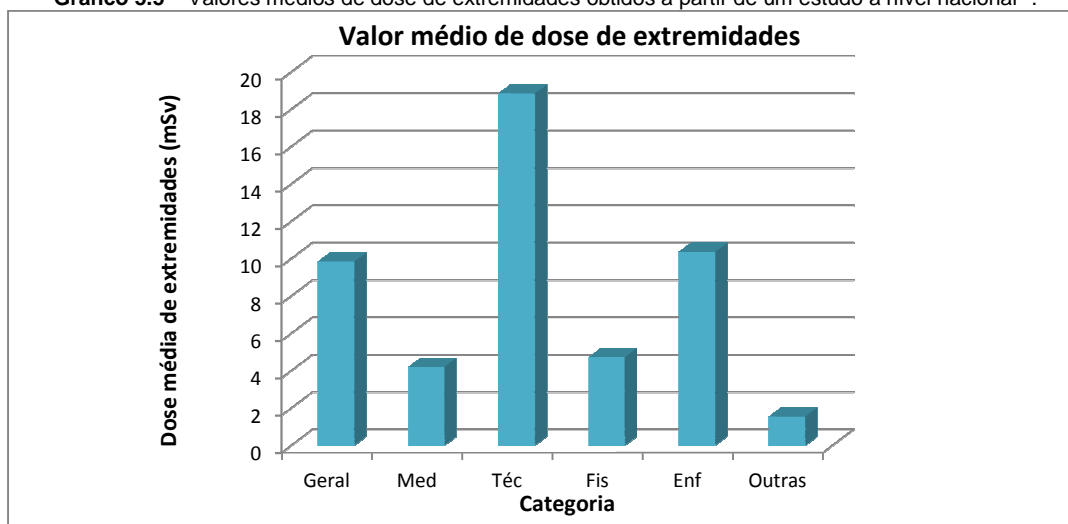
Pela análise do Gráfico 5.4., pode-se verificar que as leituras dos dosímetros de extremidades dos profissionais monitorizados sofreram oscilações ao longo dos anos, com uma tendência essencialmente crescente compatível com o aumento gradual da atividade manipulada entre 2005 e 2009. No entanto, nenhum dos profissionais ultrapassou o limite de 500 mSv definido para a dose equivalente anual das extremidades².

Em 2009, verifica-se um decréscimo relativamente ao aumento verificado até 2008. Este facto pode dever-se à utilização de procedimentos de proteção e segurança radiológica mais eficazes neste último ano nomeadamente no que respeita às blindagens utilizadas, os tempos de exposição e a distância às fontes de radiação.

Relativamente ao Farmacêutico, em 2006 o valor da dosimetria de extremidades é muito inferior ao dos outros anos, algo que pode ser justificado pelo fato deste só ter manipulado radioatividade nos últimos três meses do ano.

O Gráfico 5.5. representa os valores médios de dose de extremidades obtidos a nível nacional num estudo³⁰ realizado em 2008 pela Medical Consult e, como se pode verificar as doses recebidas pelos profissionais do SMN em estudo são consideravelmente mais baixas do que as verificadas a nível nacional. Isto pode ser justificado pelo fato de não se realizar exames PET neste SMN visto que a manipulação de radiofármacos PET pode aumentar bastante a dose recebida pelas extremidades dos profissionais.

Gráfico 5.5 – Valores médios de dose de extremidades obtidos a partir de um estudo a nível nacional³⁰.



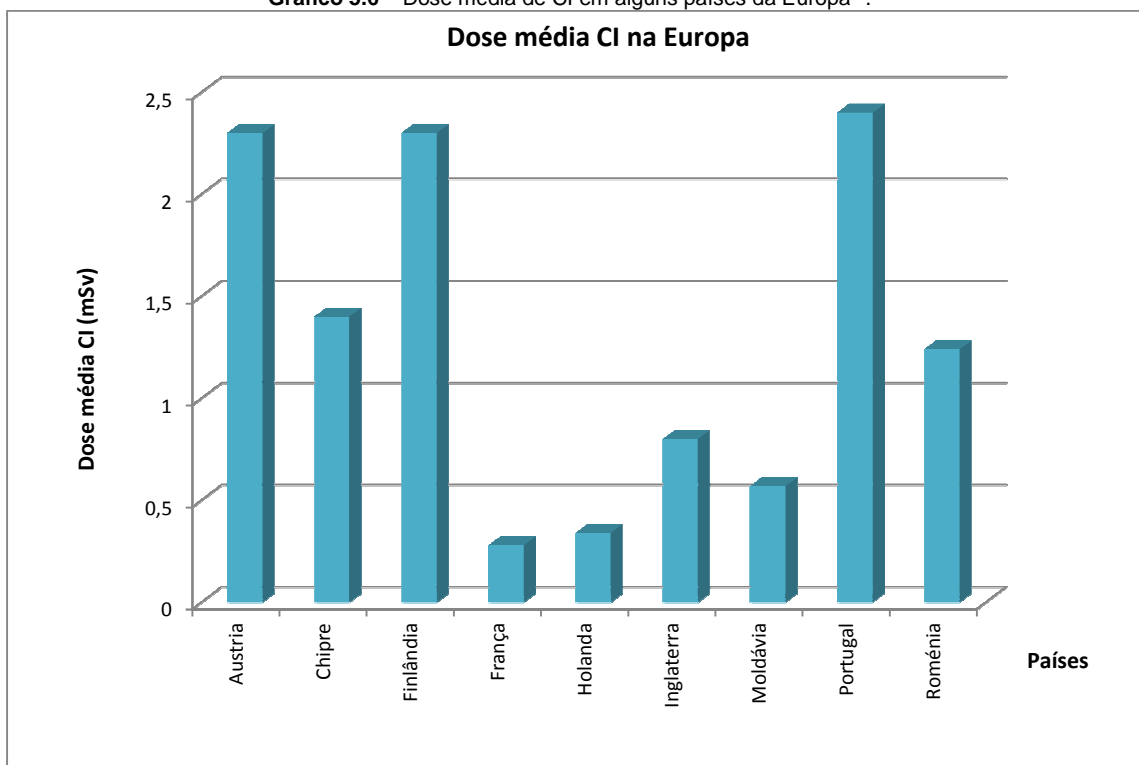
A partir deste estudo retrospectivo também foi possível verificar que as doses pessoais de CI de todos os profissionais em estudo encontram-se abaixo do limite de dose efetiva para um período de cinco anos, ou seja, os 100 mSv².

Para além de se verificar que as doses recebidas pelos profissionais do SMN em estudo se encontram todos abaixo dos limites estipulados na legislação² e descritos na tabela 2.1, também se pode constatar que os mesmos não atingem doses efetivas superiores a 6 mSv/ano ou uma dose equivalente superior a 3/10 de um dos limites anuais de exposição. Por este motivo, estes trabalhadores podem ser considerados de categoria B.

De acordo com a legislação², a monitorização dos trabalhadores de categoria B pode ser prolongada até aos três meses sendo de leitura trimestral. Contudo, na MN a periodicidade da monitorização é mensal porque há a manipulação de fontes radioativas não seladas e um período de monitorização superior a um mês pode dificultar a determinação da causa de valores anómalos registados.

Com base num estudo da ESOREX³¹ realizado a nível europeu, foi possível verificar os valores médios de dose de CI recebidos pelos profissionais de MN em alguns dos países incluídos nesse estudo, nomeadamente Portugal, que se encontra entre os que registam valores mais elevados (como se pode ver no Gráfico 5.6.). Contudo, as doses de CI recebidas pelos profissionais do SMN em estudo são consideravelmente inferiores às doses registadas a nível nacional, estando mais ao nível de países como a Holanda, a Inglaterra e a Moldávia.

Gráfico 5.6 – Dose média de CI em alguns países da Europa³¹.



5.2. Comparar os valores das leituras dos dosímetros no ano 2010 com os dos anos anteriores

Com base nos valores das leituras anuais dos dosímetros de CI obtidas no ponto anterior, foram calculadas as médias aritméticas para cada grupo profissional e o respetivo erro associado (ver Apêndice V).

Para o ano 2010, foram recolhidos os dados relativos às atividades manipuladas e leituras médias anuais dos dosímetros de CI dos profissionais monitorizados.

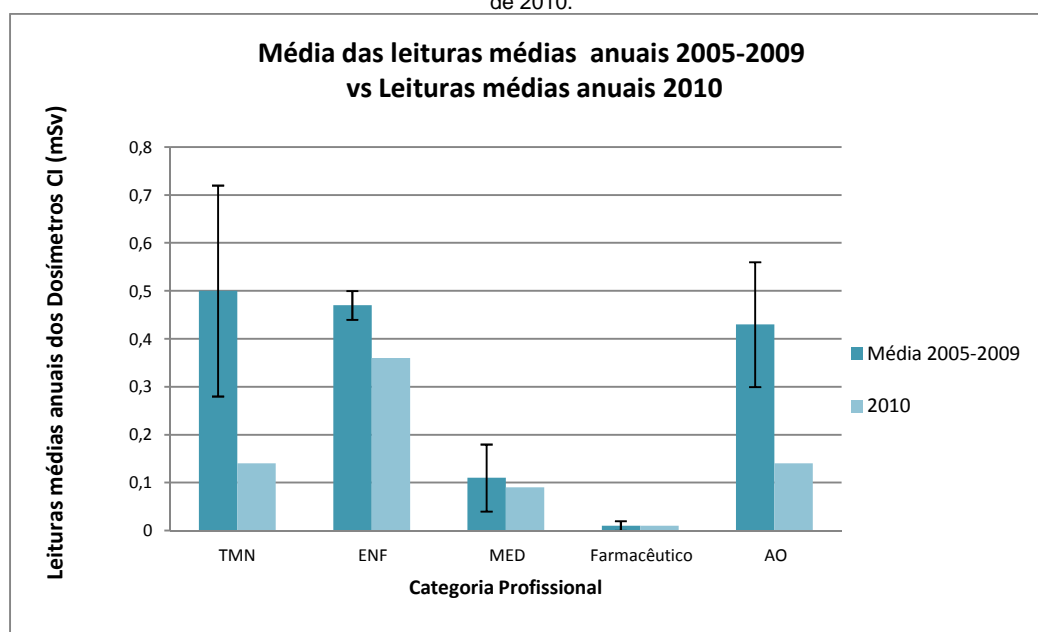
Tabela 5.1. Atividade manipulada (GBq) e valores anuais das leituras Hp (0,07) e Hp (10) dos dosímetros em 2010.

	TMN	ENF	MED	Farmacêutico	OA
Atividade Manipulada (GBq)	10045,42	1406,25	13,06	0	nd
Hp (0,07) (mSv)	0,14	0,36	0,09	0,01	0,14
Hp (10) (mSv)	0,15	0,32	0,06	0,00	0,13

Pela análise da Tabela 5.1. e do Gráfico 5.3., verifica-se que a atividade manipulada pelos profissionais em estudo aumentou em relação aos anos anteriores. Isto acontece em todos os grupos profissionais exceto no Farmacêutico, cuja atividade manipulada foi nula pelo facto de não ter efetuado procedimentos de Radiofarmácia em 2010.

O Gráfico 5.7. representa o valor médio anual de Hp (0,07) de 2010 e a média dos valores médios anuais de Hp (0,07) dos 5 anos anteriores, para cada grupo profissional.

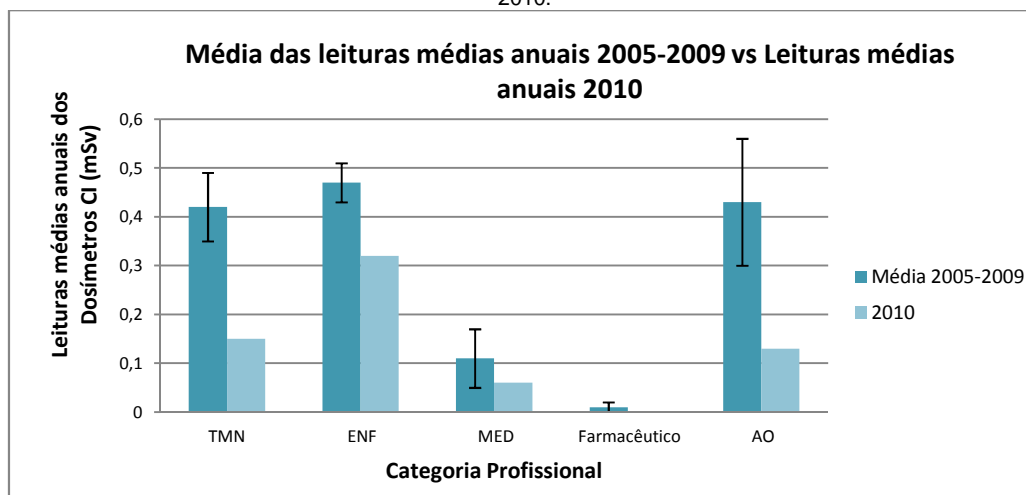
Gráfico 5.7. Comparação da média do valor médio anual das leituras Hp(0,07) de 2005-2009 com o valor médio anual de 2010.



Neste gráfico, e comparando os valores representados, pode-se verificar que existe uma diminuição considerável dos valores das leituras Hp (0,07) na transição para 2010. No entanto, é preciso ter em conta o erro associado a cada valor da média das leituras entre 2005 e 2009.

Também se pode constatar que o erro associado à média dos valores médios das leituras é, em alguns casos bastante elevados.

Gráfico 5.8. Comparação da média do valor médio anual das leituras Hp (10) de 2005-2009 com valor médio anual de 2010.



Também o Gráfico 5.8. representa a média dos valores de Hp (10) dos anos 2005-2009 em comparação com os valores anuais do Hp (10) de 2010 podendo verificar-se a mesma tendência demonstrada no Gráfico 5.7., ou seja, uma diminuição das leituras em 2010.

5.3. Comparação dos valores das leituras dos dosímetros de pulso (2009) com os valores das leituras dos dosímetros de anel (2010)

Após recolha dos dados relativos ao número de profissionais monitorizados, e respetivas atividades manipuladas e leituras de dosimetria de extremidades, foi possível obter os resultados descritos na Tabela 5.2..

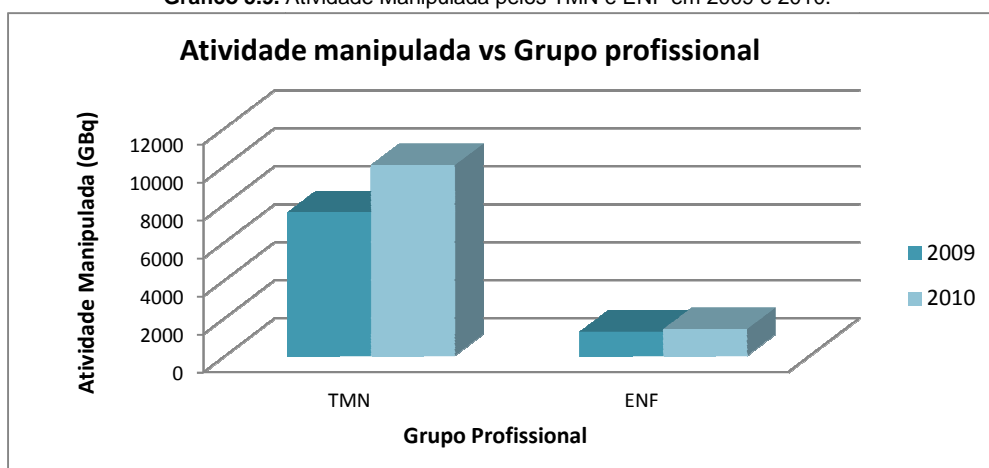
Tabela 5.2. Dosimetria de extremidades e atividades manipuladas pelos TMN e ENF.

Grupo Profissional	Nº de Profissionais		Atividade Manipulada (GBq)		Atividade média manipulada/profissional (GBq)		Leituras médias dos Dosímetros de Extremidades Hp(0,07) (mSv)	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010	Pulso (2009)	Anel (2010)
TMN	4	4	7553,78	10045,42	1888,45	2511,36	0,15	1,37
ENF	2	3	1269,86	1406,25	634,93	468,75	0,14	0,86

De 2009 para 2010, houve uma mudança no tipo de dosímetro de extremidades utilizado pelos profissionais do SMN, ou seja, passaram de dosímetros de pulso para dosímetros de anel.

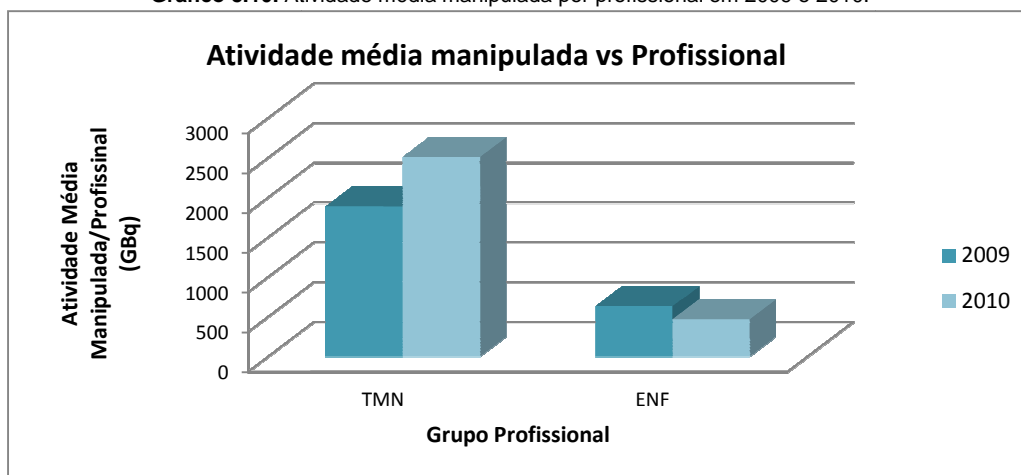
Deste modo, houve uma mudança na localização dos dosímetros que passaram do pulso para o dedo da mão dominante, ficando assim mais próximos das fontes de radiação. Esta transição levou ao aumento da sensibilidade da monitorização por traduzir melhor a dose de exposição das extremidades dos profissionais.

Gráfico 5.9. Atividade Manipulada pelos TMN e ENF em 2009 e 2010.



Pela análise do Gráfico 5.9., foi possível verificar que a atividade manipulada pelos TMN e ENF sofreu um aumento de 2009 para 2010, sendo mais significativa no caso dos TMN. Este facto justifica-se pelas funções desempenhadas por estes profissionais, como é o caso da preparação dos radiofármacos e unidoses para administração.

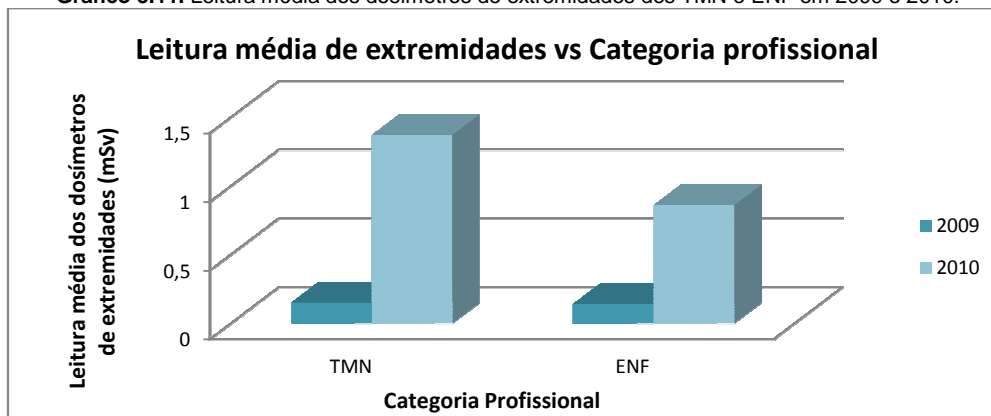
Gráfico 5.10. Atividade média manipulada por profissional em 2009 e 2010.



Na análise do Gráfico 5.10., deve-se ter em conta que, em 2010, o número de ENF aumentou (de 2 para 3) levando à diminuição da atividade média manipulada por

profissional. No caso dos TMN, o número de profissionais a exercer funções manteve-se igual nos dois anos, registando-se um aumento da atividade média manipulada por cada elemento desta categoria profissional.

Gráfico 5.11. Leitura média dos dosímetros de extremidades dos TMN e ENF em 2009 e 2010.



No Gráfico 5.11., pode-se verificar que houve um aumento significativo das leituras dos dosímetros de extremidades. Este aumento pode ser justificado com o aumento da atividade manipulada em 2010, mas também pelo facto de o dosímetro de anel estar posicionado numa zona do corpo do profissional mais próxima da fonte de radiação do que o dosímetro de pulso.

Na Polónia foi realizado um estudo³² sobre a distribuição das doses nas extremidades de profissionais de MN que realizam funções na área da Radiofarmácia (como a eluição do gerador de $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$, preparação de radiofármacos e respetivas unidoses). Neste estudo foi feita a comparação entre o valor médio de dose de extremidades em dosímetros de pulso e de anel num SMN com MN convencional e onde as atividades manipuladas variaram entre os 21 e os 76 GBq. Deste modo, foi possível verificar que a dose média mensal recebida nos dosímetros de anel ($1,3 \pm 0,3$ mSv) foi consideravelmente superior à dose recebida nos dosímetros de pulso ($0,35 \pm 0,04$ mSv). No SMN do HGO as atividades manipuladas foram bastante superiores (entre os 1038 e os 3088 GBq) mas, os resultados obtidos foram semelhantes, ou seja, as doses recebidas nos dosímetros de anel foram superiores às leituras dos dosímetros de pulso. A Tabela 5.3. que descreve a distribuição amostral das leituras médias obtidas nos dosímetros de extremidades em 2009 e 2010.

Tabela 5.3. Distribuição amostral das leituras médias dos dosímetros de extremidades em 2009 e 2010.

Dosímetro	Média \pm Desvio Padrão (mSv)	Valor Mínimo (mSv)	Valor Máximo (mSv)	Mediana (mSv)	1º Quartil (mSv)	3º Quartil (mSv)
Pulso	$0,15 \pm 0,09$	0,09	0,28	0,12	0,11	0,16
Anel	$1,37 \pm 1,78$	0,00	3,96	0,76	0,35	1,78

5.3.1. Monitorização da dosimetria de extremidades dos AO

Como foi referido anteriormente, os AO são responsáveis pela mobilização de doentes, limpeza da Radiofarmácia, transporte das unidoses preparadas para a administração e arrumação dos resíduos radioativos. Por este motivo, não foi possível contabilizar a atividade manipulada por estes profissionais para cruzar com as leituras dos dosímetros de extremidades.

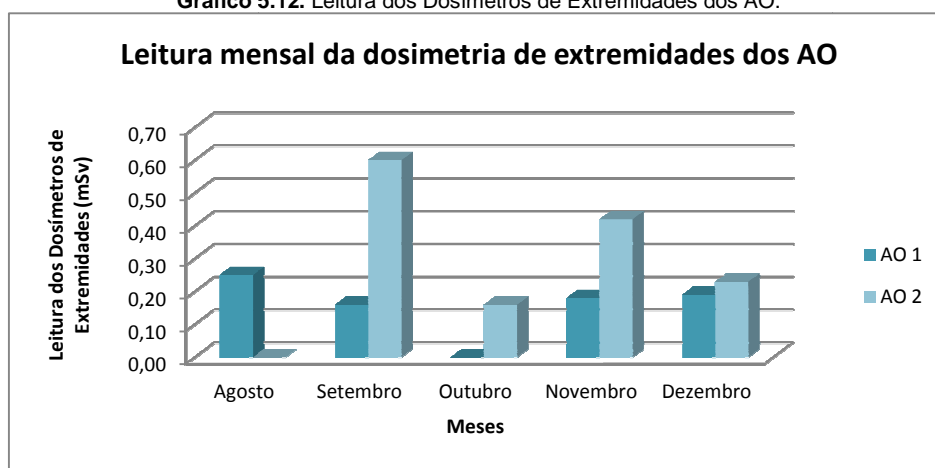
Ainda assim, considera-se importante verificar se as doses recebidas pelos AO justificam a monitorização das suas extremidades e ainda, se o modo de proceder destes profissionais deve ser reajustado para diminuir a exposição ocupacional às fontes de radiação.

Tabela 5.4. Leitura dos Dosímetros de Extremidades dos AO (mSv).

Profissional	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
AO 1 (mSv)	0,25	0,16	----	0,18	0,19
AO 2 (mSv)	0,00	0,60	0,16	0,42	0,23

Na Tabela 5.4. estão os valores de dose equivalente dos AO, onde se pode verificar que o AO 2 tem uma leitura nula em Agosto que pode ser justificada pela sua ausência durante a segunda quinzena do mês, altura em que se implementou a monitorização de extremidades nestes profissionais. Também o AO 1 tem uma ausência de leitura no mês de Outubro por ter ocorrido uma perda do dosímetro correspondente a este mês.

Gráfico 5.12. Leitura dos Dosímetros de Extremidades dos AO.



Como se pode verificar no Gráfico 5.12., o AO 2 recebeu doses superiores às do AO 1, este facto pode ser justificado pelo AO 2 estar no SMN há menos tempo e, por isso ter menos experiência nas tarefas desempenhadas. Assim sendo, este profissional deve ajustar o modo como executa as suas tarefas, de modo a diminuir a sua dose de exposição.

A partir das leituras obtidas nestes 5 meses, e por forma a averiguar se os valores obtidos para as extremidades dos AO se encontram dentro dos limites de dose estipulados, procedeu-se à extrapolação para a dose equivalente anual a nível das extremidades, obtendo-se os valores da Tabela 5.5..

Tabela 5.5. Estimativa da dose de extremidades anual recebida pelos AO 1 e 2.

Profissional	Média dos valores obtidos em 5 meses (mSv)	Nº de meses	Dose anual (mSv)
AO 1	0,20	12	2,40
AO 2	0,28	12	3,36

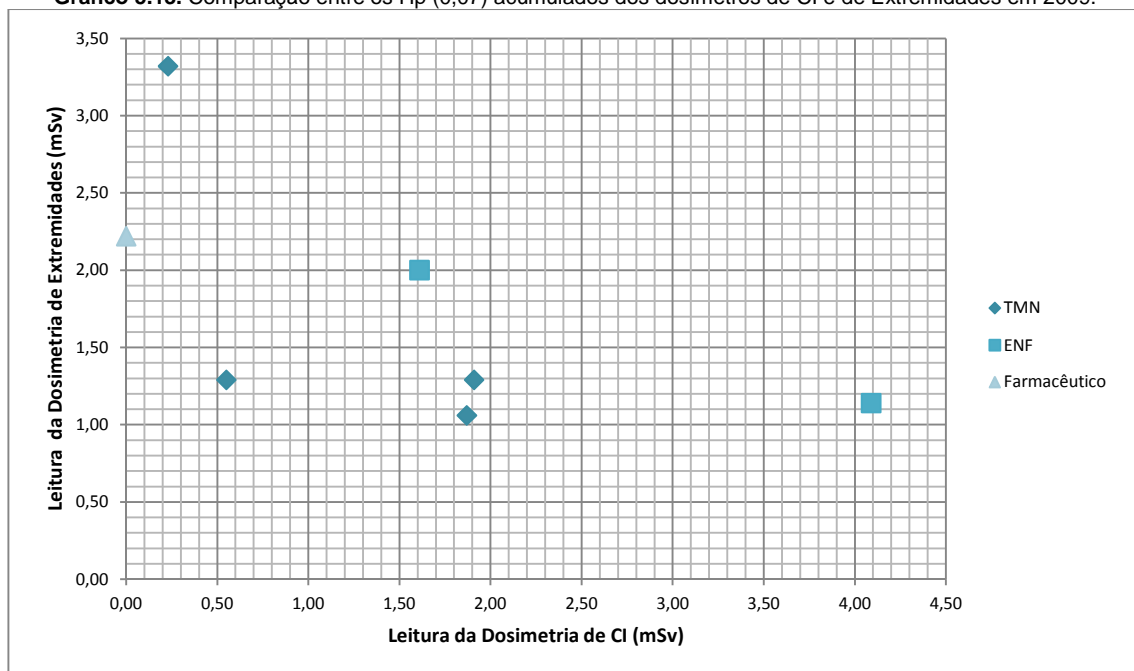
Pela análise da Tabela 5.4, pode verificar-se que a dose total recebida pelos AO não deverá ser superior ao limite estipulado pela legislação que está descrito na Tabela 2.1.. Contudo, as doses recebidas podem justificar a monitorização das extremidades destes profissionais.

5.4. Comparação do equivalente de dose da dosimetria de CI e de extremidades

Para os profissionais sujeitos a monitorização individual externa de CI e de extremidades, procedeu-se ao cruzamento dos valores do equivalente de dose Hp (0,07) total acumulado em 2009 e em 2010.

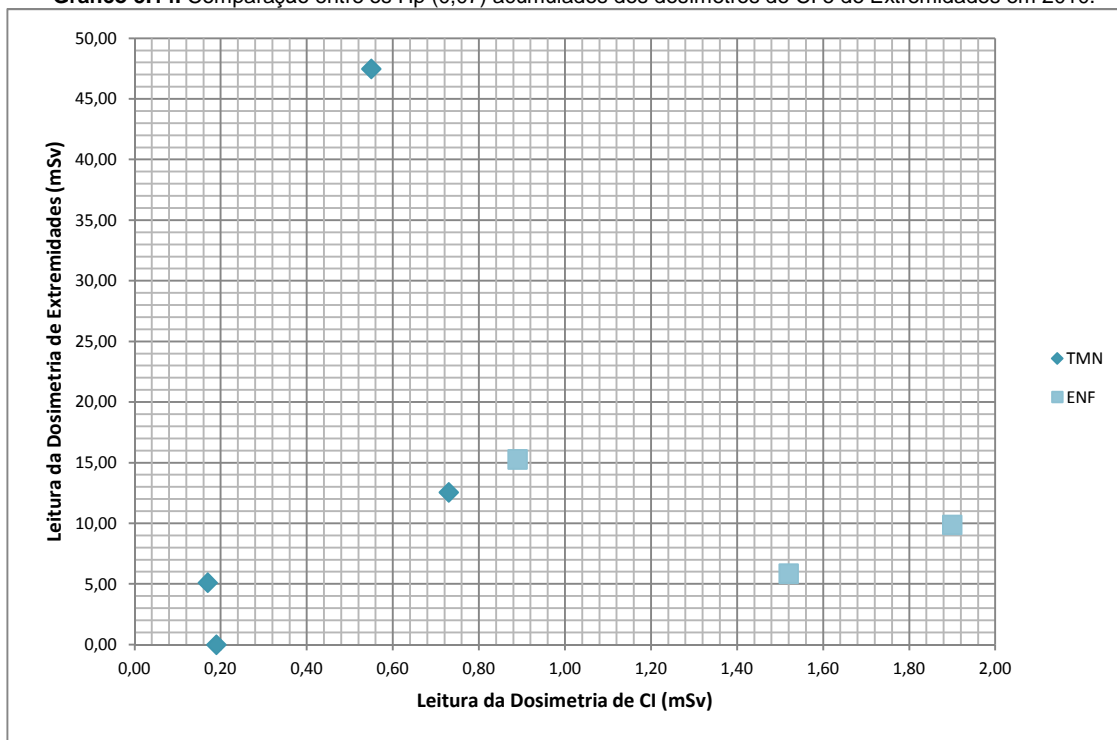
Assim, obtiveram-se dois gráficos com a correspondência entre os valores da dosimetria de CI e de extremidades, um para cada ano em estudo.

Gráfico 5.13. Comparação entre os Hp (0,07) acumulados dos dosímetros de CI e de Extremidades em 2009.



Pela análise do Gráfico 5.13., pode constatar-se que não há qualquer relação entre as doses recebidas pelos dosímetros de CI e de extremidades sendo que, na maioria dos casos, as doses recebidas pelos dosímetros de extremidades são superiores às recebidas pelos dosímetros de CI. Sendo exemplo disso o caso do Farmacêutico cuja dose total acumulada de CI é nula, enquanto a dose de extremidades é de 2,22 mSv.

Gráfico 5.14. Comparação entre os Hp (0,07) acumulados dos dosímetros de CI e de Extremidades em 2010.



No Gráfico 5.14., também se verifica a mesma situação, ou seja, não existe relação entre as doses totais acumuladas nos dosímetros de CI e de extremidades. Praticamente em todos os casos as leituras de extremidades são consideravelmente superiores às de CI. A única exceção é o caso de um dos TMN, cuja dose recebida pelas extremidades é nula, o que pode ser justificado pelas funções desempenhadas em 2010 (essencialmente tarefas de gestão e de técnicas não laboratoriais).

Os gráficos obtidos indicam que, por não haver relação entre as doses de CI e de extremidades, a monitorização de CI não é suficiente para refletir a exposição das extremidades a fontes de radiação. Assim, estes profissionais devem ser sujeitos a monitorização da dosimetria de extremidades.

5.5. Estimativa da dose anual do SPC

Com o objetivo de efetuar uma estimativa da dose anual recebida pelos profissionais do SPC que realizam procedimentos de RIA, aplicou-se a fórmula (6) descrita em 4.6..

Para isso, foram recolhidos os dados relativos à atividade manipulada (MBq), o número de procedimentos realizados por ano e a duração da manipulação em cada procedimento. A partir destes dois últimos valores foi possível calcular o número de horas anuais em que houve manipulação de radioisótopos. Também foi utilizado o valor da taxa de dose no ar a 1 metro para o ^{125}I , a qual é igual a 7.432E-5 mSv/h/MBq²⁹.

Os dados recolhidos encontram-se na Tabela 5.6. e correspondem aos procedimentos efectuados em 2010.

Tabela 5.6. Dados relativos à Dose Anual Recebida por profissional do SPC.

Kit	Atividade Manipulada (MBq)	Nº Procedimentos/Ano	Duração (h)	Horas/Ano	Estimativa Dose anual (mSv)
RENINA	1,33	4	1	4	3,95E-04
17 Hidroxiprogesterona	1,39	8	1	8	8,26E-04
Testosterona Livre	1,59	8	1	8	9,45E-04
Aldosterona	0,76	4	1	4	2,26E-04

Os dados descritos na Tabela 5.6. correspondem apenas a um dos profissionais, visto que o trabalho é distribuído pelos TA de forma equitativa de modo a manipularem a mesma atividade ao longo do ano. Assim, o cálculo da dose anual recebida por cada profissional foi efectuado apenas para um TA assumindo que é igual para os restantes profissionais do SPC responsáveis pelas técnicas de RIA.

Após a determinação da dose anual recebida em cada procedimento de RIA, efectuou-se o somatório e obteve-se o valor da dose anual total para cada TA que é de 2,39E-03 mSv não sendo por isso, necessária a utilização de controlo dosimétrico individual por parte destes profissionais.

5.6. Determinação da necessidade de monitorização interna para os profissionais do SMN para o ano 2010

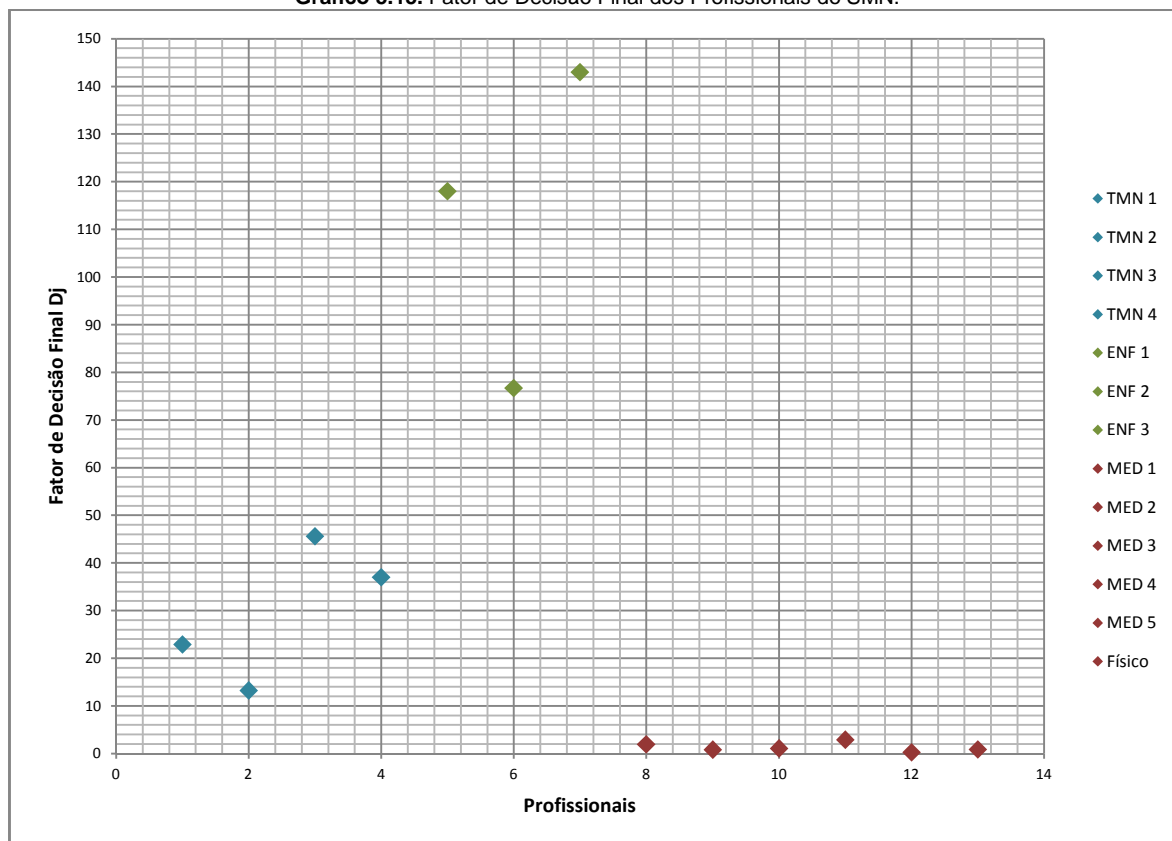
Após a determinação do fator de decisão para cada procedimento realizado pelos profissionais, e feito o somatório dos vários fatores de cada profissional, foi possível verificar quais os profissionais que, pelas funções que desempenham e as condições em que as executam, têm maior risco de contaminação interna (ver Apêndices VI, VII, VIII, IX e X). Os valores obtidos encontram-se na Tabela 5.7..

Tabela 5.7. Fator de Decisão Final dos Profissionais do SMN.

Profissional	Fator de Decisão Final Dj
TMN 1	22,9
TMN 2	13,2
TMN 3	45,6
TMN 4	37,0
ENF 1	118
ENF 2	76,7
ENF 3	143
MED 1	1,95
MED 2	0,77
MED 3	1,04
MED 4	2,85
MED 5	0,26
Físico	0,87

Pela análise da Tabela 5.7., pode-se verificar que apenas 23,1% dos profissionais (dois MED e o físico) apresentam fatores de decisão final inferiores a 1, não apresentando riscos de incorporação de radionuclídeos que justifiquem a realização de monitorização interna. Todos os outros profissionais apresentam fatores de decisão final superiores a 1 o que indica a necessidade de monitorização interna destes profissionais por haver maior risco de incorporação de radionuclídeos.

Gráfico 5.15. Fator de Decisão Final dos Profissionais do SMN.



O Gráfico 5.15. demonstra que, no caso dos TMN, existem fatores de decisão final mais discrepantes do que outros, nomeadamente no caso do TMN 1 e do TMN 2. Isto porque, apesar de ter manipulado mais atividade do que o TMN 1, o fator de decisão

final do TMN 2 é inferior. Para justificar este fato, deve-se ter em conta que, enquanto o TMN 1 realizou mais administrações de radiofármacos, a maior parte da atividade manipulada pelo TMN 2 foi em procedimentos de radiofarmácia que implicam um fator de segurança da proteção muito inferior ao dos procedimentos realizados em mesa aberta, como é o caso das administrações de radiofármacos. Também é relevante salientar que o TMN 2 esteve ausente do serviço por um período de 3 meses.

Convém realçar ainda, no caso dos ENF, que o ENF 3 manipulou mais atividade no ano de 2010 porque iniciou a sua atividade profissional no SMN nesse ano e esteve em período de integração/aprendizagem nos vários exames realizados, o que implica a realização de mais procedimentos.

5.7. Determinação da necessidade de monitorização interna para os profissionais do SPC que trabalham na área da RIA em 2010

Seguindo a mesma metodologia do ponto anterior (ver Apêndice XI), obtiveram-se os seguintes valores de factor de decisão final D_j descritos na Tabela 5.8..

Tabela 5.8. Fator de Decisão Final dos Profissionais do SPC.

Profissional	Fator de Decisão Final D_j	
	Operação em Mesa Aberta	Operação em Câmara Fluxo Laminar
TA 1	3,70	0,37
TA 2	3,70	0,37
TA 3	3,70	0,37

Os valores dos fatores de decisão final dos TA são todos iguais devido a todos manipularem a mesma atividade no ano de 2010.

Com base na análise da Tabela 5.8., foi possível verificar que, se as técnicas forem realizadas em mesa aberta, procedimento efetuado atualmente, os fatores de decisão final são todos superiores a 1, pelo que se justifica a necessidade de monitorização interna devido ao risco de incorporação de radionuclídeos ser relevante. No entanto, foram efetuados cálculos para o caso dos procedimentos serem realizados numa câmara de fluxo laminar, assim os fatores de decisão final diminuem consideravelmente (passam a ser inferiores a 1) deixando de haver justificação para a monitorização interna. Esta diferença deve-se essencialmente ao valor do fator de segurança da protecção associado a cada situação, ou seja, o fato de se realizar os procedimentos num local que permite a rápida contenção de derrames ou esguichos, como é o caso da câmara de fluxo laminar.

5.8. No âmbito do PPSR, elaboração de uma norma interna para o SMN sobre dosimetria individual

A norma de Dosimetria Individual elaborada descreve os procedimentos de dosimetria individual protocolados para os profissionais e visitantes do SMN, dando também ênfase à dosimetria individual das profissionais grávidas (Ver Apêndice XI).

Para começar é definido o objetivo da norma.

OBJETIVO:

Garantir a efetiva e eficaz monitorização da dosimetria individual de todos os profissionais afetos ao Serviço de Medicina Nuclear do HGO, EPE, com atividade profissional que implique a manipulação de fontes radioativas.

Depois são abordados alguns conceitos fundamentais.

CONCEITOS:

Compete ao Ministério da Saúde desenvolver acções na área da proteção contra radiações, delegando na Direcção Geral da Saúde a responsabilidade de promover e coordenar medidas destinadas a assegurar a proteção de pessoas e bens que, direta ou indiretamente, possam sofrer os efeitos da exposição a radiações, em território nacional.

Estão estipulados limites de dose para a exposição ocupacional dos trabalhadores, com o objetivo de prevenir o aparecimento de efeitos determinísticos (ou seja, alterações patológicas observáveis que resultam da morte de um número de células suficientemente elevado para produzir uma perda de funcionalidade dos tecidos ou órgãos) e limitar a ocorrência de efeitos estocásticos a um nível aceitável (efeitos que ocorrem em níveis de radiação mais baixos, que permitem a reparação celular, mas em que é possível que ocorra dano genético).

Quadro 1. Limites de dose para profissionais e público expostos a radiação, de acordo com o decreto-lei n.º 222/2008 de 17 de Novembro.

Tipo de Limite	Ocupacional	Público
Dose efetiva	20 mSv/ano, medido em períodos de 5 anos consecutivos (A dose efetiva não deve exceder os 50 mSv em nenhum dos anos)	1 mSv (Pode ser excedido num determinado ano, desde que a dose média ao longo de 5 anos consecutivos não exceda 1 mSv/ano)
Dose equivalente anual		
Cristalino	20 mSv	15 mSv
Pele (1 cm ²)	500 mSv	50 mSv
Extremidades (mãos e pés)	500 mSv	

Para se poder controlar a exposição à radiação torna-se necessário determinar a magnitude das doses envolvidas e, nesse sentido surge a dosimetria individual. Esta consiste no controlo da dose recebida pelos trabalhadores expostos a radiações ionizantes, em áreas controladas e/ou vigiadas, através da monitorização individual.

A descrição dos procedimentos inerentes à dosimetria individual dos profissionais é dividida em 3 partes, de modo a englobar:

- A) Dosimetria individual dos profissionais do SMN;
- B) Dosimetria individual dos profissionais envolvidos na realização das cintigrafias de perfusão do miocárdio;
- C) Dosimetria individual de profissionais grávidas.

A. DOSIMETRIA INDIVIDUAL DOS PROFISSIONAIS DO SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR:

Todo o pessoal permanentemente afeto ao Serviço de Medicina Nuclear com atividade profissional que implique manipulação de fontes radioativas, será controlada a sua exposição a radiações ionizantes por uma entidade independente. Os grupos profissionais em causa são os seguintes: médicos, técnicos de medicina nuclear, enfermeiros, assistentes operacionais, radiofarmacêuticos e físicos ou engenheiros físicos.

O controlo dosimétrico terá periodicidade mensal e será de dois tipos:

- ✓ Dosimetria de Corpo Inteiro;
- ✓ Dosimetria de Extremidades (apenas para técnicos, enfermeiros e radiofarmacêuticos).

Os profissionais controlados por dosimetria individual são obrigados a:

- ⇒ Utilizar o dosímetro sempre que se encontrem no interior das instalações do Serviço;
- ⇒ O dosímetro de corpo inteiro deve ser usado em posição representativa da parte mais exposta da superfície do tronco, normalmente na face anterior do tronco, sobre a região cardíaca;
- ⇒ O dosímetro de extremidades deve ser colocado na zona mais exposta da extremidade superior (dedo indicador da mão dominante);
- ⇒ No final do dia, os dosímetros devem ser guardados em local livre de radiações ionizantes (preferencialmente nos cacifos destinados ao vestuário e localizados em área não controlada).

B. DOSIMETRIA INDIVIDUAL DOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS NA REALIZAÇÃO DAS CINTIGRAFIAS DE PERFUSÃO DO MIOCÁRDIO:

A realização das Cintigrafias de Perfusão do Miocárdio com provas de sobrecarga requer a colaboração de profissionais do Serviço de Cardiologia, respetivamente, um médico cardiologista e um técnico de cardiopneumologia, os quais exercem atividade em áreas controladas e, como tal, serão objeto de monitorização da sua exposição a radiações ionizantes por uma entidade independente.

O seu controlo dosimétrico terá periodicidade trimestral e será de Corpo Inteiro. São obrigados a:

- ⇒ Utilizar o dosímetro sempre que se encontrem no interior das instalações do Serviço;
- ⇒ O dosímetro de corpo inteiro deve ser usado em posição representativa da parte mais exposta da superfície do tronco, normalmente na face anterior do tronco, sobre a região cardíaca;;
- ⇒ No final das provas de esforço, o dosímetro deverá ser entregue em mão ao Físico/ Engenheiro Físico ou a um dos Técnicos de Medicina Nuclear.

C. DOSIMETRIA INDIVIDUAL DE PROFISSIONAIS GRÁVIDAS:

De acordo com o Decreto-lei n.º 222/2008, de 17 de Novembro, a mulher profissionalmente exposta deve declarar de imediato ao titular da instalação que se encontra grávida com vista a garantir a proteção do feto.

Contudo, de acordo com a Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro, é proibido o trabalho com radiações ionizantes a grávidas (Artigo 51.º) e a lactantes (Artigo 54.º), pelo que a actividade das trabalhadoras grávidas ou lactantes deve ser adaptada de modo a não haver permanência em áreas controladas nem proximidade com fontes de radiação ionizante.

Para terminar também é abordada a dosimetria individual dos visitantes.

II. DOSIMETRIA INDIVIDUAL DOS VISITANTES:

Todo o pessoal visitante do Serviço de Medicina Nuclear verá controlada a sua exposição a radiações ionizantes mediante um dosímetro de leitura direta. Os valores da leitura dosimétrica no final dos trabalhos ficarão registados no Dossier de Registo de Doses recebidas por visitantes do Serviço de Medicina Nuclear.

O pessoal visitante do Serviço deve:

- ⇒ Utilizar o dosímetro sempre que se encontrem no interior das instalações do Serviço;
- ⇒ O dosímetro de leitura direta deve ser usado na mesma posição que o dosímetro de corpo inteiro;
- ⇒ No final da permanência, o dosímetro deverá ser entregue em mão ao Físico/ Engenheiro Físico ou a um dos Técnicos de Medicina Nuclear.

Os registos do Livro Dossier de Registo de Doses recebidas por visitantes do Serviço de Medicina Nuclear serão conservados até o trabalhador exposto completar 75 anos de idade ou até à data em que os teria completado, mas, de qualquer modo, por um período nunca inferior a 30 anos a contar da conclusão do trabalho que implicou a exposição.

A norma de **Dosimetria Interna**, elaborada com base nos critérios da IAEA, descreve todos os parâmetros a ter em conta na determinação do risco de contaminação interna inerente aos procedimentos realizados pelos profissionais do SMN. Deste modo, permite verificar se existe justificação para a implementação de um programa de monitorização interna dos profissionais avaliados (ver Apêndice XII).

OBJETIVO:

Descrever os critérios a utilizar para determinar justificação para a monitorização individual interna dos profissionais.

Depois de estar definido o objectivo da norma, foram abordados os conceitos inerentes à aplicação dos critérios da IAEA e descritos os fatores a ter em conta na determinação do risco de contaminação interna.

CONCEITOS:

O *Safety Guide RS-G 1.2* publicado pela Agência Internacional de Energia Atómica aborda a determinação da exposição ocupacional causada pela incorporação de radionuclídeos e descreve um procedimento que permite determinar se existem critérios para a realização de monitorização individual interna dos profissionais.

De acordo com este documento, a necessidade de monitorização individual interna deve ser baseada na probabilidade de se atingir uma dose efetiva superior a 1 mSv num ano.

Para isso, devem ter-se em conta todos os factores que influenciem a probabilidade de ocorrência de uma contaminação interna nomeadamente, as propriedades físicas e químicas do material manipulado, a natureza das operações realizadas e as proteções utilizadas. Existem valores tabelados para classificar esses parâmetros através de factores de segurança relativos ao material, manipulação e proteção.

Assim, recorrendo à expressão matemática (1):

$$d_j = (A_{Tj} e(g)_{j, inh} f_{fs} f_{hs} f_{ps}) / 0,001$$

É possível determinar o fator de decisão que vai permitir verificar se a monitorização individual interna está indicada ou não.

No caso de trabalhadores que manipulam mais do que um radionuclídeo, o fator de decisão será a soma dos fatores de cada radionuclídeo (2): $D = \sum d_j$

Uma vez calculado este valor, é possível determinar a necessidade ou não de realizar uma monitorização individual interna tendo em conta os seguintes critérios:

- $D \geq 1$, é necessário proceder a monitorização individual interna;
- $D < 1$, não é necessário proceder a monitorização individual interna.

DESCRIÇÃO:

Para implementar a expressão (1) que permite determinar se a monitorização individual interna é necessária ou não, é fundamental o acesso aos dados relativos às condições de manipulação das fontes radioativas.

Esses fatores são:

- A_{Tj} - atividade máxima manipulada (Bq) para o radionuclídeo j nos diversos procedimentos realizados (eluição, marcação de kits, retirada de doses, administrações e controlos de qualidade);
- $e(g)_{j, inh}$ - dose por unidade de incorporação por inalação ($SvBq^{-1}$) para um valor de AMAD = 5 μm ;

Quadro 1

Radionuclídeos utilizados	$e(g)_{j, inh}$ (AMAD = 5 μm)
^{99m}Tc	2,00E-11
^{67}Ga	2,80E-10
^{111}In	3,10E-10
^{123}I	1,10E-10
^{131}I	1,10E-08

DESCRIÇÃO:

- f_{fs} - fator de segurança da forma física do material manipulado que na maioria dos casos assume o valor 0,01;
- f_{hs} - fator de segurança da manipulação que se baseia na experiência e conhecimento que se tem das operações realizadas (Quadro 2);

Quadro 2

Procedimento	f_{hs}
Preparação de radiofármacos	10
Eluição do gerador	1
Medição da atividade	1
Administração de radiofármacos	1
Procedimentos de diagnóstico	0,1
Armazenamento de substâncias radioativas	0,01
Armazenamento de resíduos radioativos	0,01

- f_{ps} - fator de segurança da proteção que se baseia na utilização de meios tecnológicos de proteção de forma permanente e o grau de proteção;

Quadro 3

Medidas de Proteção	f_{ps}
Operação aberta sobre a mesa	1
Câmara de Fluxo Laminar	0,1
Isolador	0,01

- 0,001 - fator de conversão de Sv a mSv.

Foi criado um ficheiro em Excel, designado "Dosimetria Interna", que contém os dados necessários à determinação do fator de decisão para cada profissional nos diversos procedimentos realizados. Este ficheiro pode ser facilmente adaptado permitindo o cálculo dos fatores de decisão em períodos diferentes ou para novos profissionais.

5.9. Elaboração de uma norma de dosimetria individual interna para o SPC (profissionais envolvidos na manipulação de ¹²⁵I)

A norma, elaborada com base nos critérios da IAEA, descreve todos os parâmetros a ter em conta na determinação do risco de contaminação interna inerente aos procedimentos de RIA efectuados. Deste modo, é possível aplicar a fórmula descrita e verificar se se justifica a monitorização individual interna dos profissionais que efetuam estes procedimentos (ver Apêndice XIII).

Na norma, são definidos os objetivos e conceitos aplicados:

OBJETIVO: Permitir determinar a existência de critérios que justifiquem a monitorização individual interna dos profissionais que efetuam procedimentos de Radioimunoensaio.

CONCEITOS:

O *Safety Guide RS-G 1.2* publicado pela Agência Internacional de Energia Atómica aborda a determinação da exposição ocupacional causada pela incorporação de radionuclídeos e refere um procedimento que permite determinar se existem critérios para a realização de monitorização individual interna dos profissionais.

De acordo com este documento, a necessidade de monitorização individual interna deve ser baseada na possibilidade de se atingir uma dose efetiva superior a 1 mSv num ano.

Para isso, devem ter-se em conta todas os fatores que influenciam a probabilidade de ocorrência de uma contaminação interna nomeadamente, as propriedades físicas e químicas do material manipulado, a natureza das operações realizadas e as proteções utilizadas. Existem valores tabelados para classificar esses parâmetros através de fatores de segurança relativos ao material, manipulação e proteção.

Assim, recorrendo à expressão matemática (1):

$$d_j = (A_{Tj} e(g)_{j, inh} f_{fs} f_{hs} f_{ps})/0,001$$

É possível determinar o fator de decisão que vai permitir verificar se a monitorização individual interna está indicada.

No caso de trabalhadores que manipulam mais do que um radionuclídeo, o fator de decisão será a soma dos fatores de cada radionuclídeo (2): $D = \sum d_j$

Uma vez calculado este valor, é possível determinar a necessidade ou não de realizar uma monitorização individual interna tendo em conta os seguintes critérios:

- $D \geq 1$, é necessário proceder a monitorização individual interna;
- $D < 1$, não é necessário proceder a monitorização individual interna.

E foi feita a descrição dos critérios da IAEA a aplicar na determinação do risco de contaminação interna dos TA que efetuam procedimentos de RIA:

DESCRIÇÃO:

Para implementar a expressão (1) que permite determinar se a monitorização individual interna é necessária ou não, é fundamental o acesso aos dados relativos às condições de manipulação das fontes radioativas.

Esses fatores são:

- A_{Tj} - atividade máxima manipulada (Bq) para o radionuclídeo j nos diversos procedimentos realizados;
- $e(g)_{j, inh}$ - dose por unidade de incorporação por inalação ($SvBq^{-1}$) para um valor de AMAD = 5 μm ;

Quadro 1

Radionuclídeos utilizados	$e(g)_{j, inh}$ (AMAD = 5 μm)
^{125}I	7,30E-09

- f_{fs} - fator de segurança da forma física do material manipulado que na maioria dos casos assume o valor 0,01;
- f_{hs} - fator de segurança da manipulação que se baseia na experiência e conhecimento que se tem das operações realizadas (Quadro 2);

Quadro 2

Procedimento	f_{hs}
Técnicas de RIA	10

- f_{ps} - fator de segurança da proteção que se baseia na utilização de meios tecnológicos de proteção de forma permanente e o grau de proteção;

Quadro 3

Medidas de Proteção	f_{ps}
Operação aberta sobre a mesa	1

- 0,001 - fator de conversão de Sv a mSv.

Foi criado um ficheiro em Excel, designado "Dosimetria Interna", que contém os dados necessários à determinação do fator de decisão para cada profissional nos diversos procedimentos realizados. Este ficheiro pode ser facilmente adaptado permitindo o cálculo dos fatores de decisão em períodos diferentes ou para novos profissionais.

Para o registo das atividades manipuladas nos procedimentos de RIA, foi elaborada uma folha de registo para os procedimentos de RIA (Impresso 1) que foi colocada como anexo da norma:

Folha de Registo dos Procedimentos de Radioimunoensaio (RIA)

Operador	Data de utilização	Kit	Lote	Validade	Actividade	Data de Calibração

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dosimetria individual consiste no controlo da dose recebida pelos trabalhadores expostos a radiações ionizantes, em áreas controladas e/ou vigiadas, através da monitorização individual. Deste modo, é possível estimar a dose recebida pelos trabalhadores, avaliar os procedimentos de operação (fornecendo informação que pode motivar os trabalhadores a reduzir a sua exposição) e avaliar doses decorrentes de um acidente.

Este trabalho tinha como finalidade estudar a dosimetria de uma população de profissionais expostos a radiações ionizantes, tanto ao nível da dosimetria individual externa como da dosimetria individual interna.

Assim, foram definidos vários objetivos que permitissem realizar um estudo retrospectivo da dosimetria dos profissionais do SMN do HGO e dos profissionais do SPC desta instituição que realizam procedimentos de RIA.

Sabendo que as atividades manipuladas pelos profissionais do SMN aumentaram ao longo do período de tempo em análise, verificou-se que as leituras dos dosímetros de CI registaram várias oscilações com uma tendência essencialmente decrescente, o que pode ser justificado por uma utilização mais eficaz dos EPIs.

Com a mudança do tipo de dosímetro de extremidades utilizado pelos profissionais do SMN, houve um aumento da sensibilidade das leituras dosimétricas. Isto porque o dosímetro passou do pulso para o segundo dedo da mão dominante ficando mais próximo das fontes de radiação.

Também se avaliou a dosimetria de extremidades dos AO e, com base nestes valores efetuou-se uma estimativa da dose anual de extremidades recebida por estes profissionais. Apesar de apresentarem doses de exposição inferiores ao limite estipulado, estes profissionais devem ser monitorizados para se poder aferir o seu modo de procedimento de modo a tentar reduzir as doses recebidas nas suas extremidades.

As doses recebidas pelas extremidades não têm relação com as doses de CI. Por isso, os profissionais devem ser sujeitos a monitorização das extremidades porque a dosimetria de CI não é suficiente para refletir a dose recebida pelas extremidades dos profissionais.

Pela aplicação dos critérios estabelecidos pela IAEA, foi possível verificar quais os profissionais que, pelas funções desempenhadas em 2010, apresentam um risco de

contaminação interna capaz de justificar uma monitorização interna. Assim, no caso dos profissionais do SMN avaliados, apenas 23,1% não necessitam de monitorização interna.

No caso dos profissionais do SPC, realizou-se uma estimativa da dose anual recebida por cada profissional no ano 2010 e verificou-se que todos os TA envolvidos nos procedimentos de RIA apresentam um risco de incorporação de radionuclídeos suficiente para justificar a monitorização interna. Contudo, se as técnicas fossem realizadas em câmaras de fluxo laminar esta justificação deixaria de existir devido à diminuição do risco de contaminação interna.

A elaboração das normas de dosimetria individual interna e externa para o SMN permitiu definir e clarificar os procedimentos seguidos pelos profissionais. O mesmo aconteceu para a norma de dosimetria individual interna elaborada para o SPC onde apenas três dos elementos manipulam fontes radioativas.

Pela análise deste trabalho, pode-se concluir que os objetivos foram atingidos. A realização deste projeto tornou-se uma mais-valia pois permitiu a aquisição de novos conhecimentos e a consolidação de outros já adquiridos na área da dosimetria.

Para estudos futuros, seria de interesse verificar qual a posição ideal em que se deve utilizar o dosímetro de anel uma vez que, apesar das recomendações da ORAMED³³ para a Medicina Nuclear estarem de acordo com a maioria das recomendações do ICRP, existem diferenças no que respeita ao posicionamento do dosímetro de anel. Assim, o ICRP recomenda que o anel seja utilizado na base do dedo do meio da mão dominante com o detetor virado para a palma enquanto, a ORAMED diz que a posição mais apropriada para o dosímetro de anel é na base do dedo indicador da mão não dominante com o detetor virado para a palma.

Tendo em conta as funções desempenhadas pelos profissionais da área da MN e a probabilidade de haver contaminações pessoais, seria relevante realizar um estudo sobre a dosimetria interna destes profissionais com os respetivos cálculos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Noz M., Maguire Jr. *Radiation Protection in the Health Sciences*. 2ª Edição. Singapura: World Scientific Publishing; 2007. 167-168 p.
- [2] Decreto-Lei n.º 222/2008. 1ª série – Nº 223 s.l.: Diário da República, Novembro 12, 2008.
- [3] *What is Nuclear Pharmacy?* [Online] [acedido a 27 de abril de 2012], disponível em: <http://nuclear.pharmacy.purdue.edu/what.php>
- [4] *Gamma scan injection of Technetium-99m* [Online] [acedido a 27 de Abril de 2012], disponível em: http://www.visualphotos.com/image/1x6071830/gamma_scan_injection_of_techneium-99m
- [5] *Nuclear Medicine* [Online] [acedido a 27 de Abril de 2012], disponível em: <http://www.njdiagnosticimaging.com/radiology-services/nuclear-medicine.html>
- [6] *Isolador Americare* [foto tirada no Laboratório Quente do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE a 28 de Novembro de 2012].
- [7] Bula *Renin III Generation*, Modelo 16, Cisbio Bioassays, 2011.
- [8] Bula *Coat-A-Count 17 α -OH Progesterone*, Siemens, 2010.
- [9] Bula *Coat-A-Count Free Testosterone*, Siemens, 2010.
- [10] Bula *Coat-A-Count Aldosterone*, Siemens, 2010.
- [11] *Análises Clínicas* [Online] [acedido a 27 de Abril de 2012], disponível em: http://www.biomedicinapadrao.com/2009_03_01_archive.html
- [12] *Contador Gamma* [Online] [acedido a 27 de Abril de 2012], disponível em: http://images.dotmed.com/images/listingpics/720551_1.jpg
- [13] *S@femate cabinets* [Online] [acedido a 27 de Abril de 2012], disponível em: http://www.concessus.pt/images/upload/SafeMate_series_divisa_web.pdf
- [14] Lombardi M. *Radiation Safety in Nuclear Medicine*. 2ª Edição. Estados Unidos da América: Taylor & Francis Group; 2007. 29-30 p.
- [15] Saha G. *Physics and Radiobiology of Nuclear Medicine*. 3ª Edição. Estados Unidos da América: Springer; 2006. 226-258 p.

- [16] Leslie W., Greenberg I. *Nuclear Medicine*. Estados Unidos da América: Landes Bioscience; 2003. 20-30 p.
- [17] ICRP - *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Publicação 60, Pergamon Press, 1991.
- [18] ICRP - *International Commission on Radiological Protection Statement on Tissue Reactions*, 2011.
- [19] Direcção Geral da Saúde, *Protecção Operacional dos Trabalhadores Expostos*, Circular Normativa N°6/DAS, 2003.
- [20] IAEA Safety Standards Series – *Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides* – Safety Guide No. RS-G-1.2. IAEA, Viena, 1999.
- [21] Navarro T., *Medidas de Contaminación Personal Interna. Procedimientos de medida Directos e Indirectos. Estimación de Dosis. Análisis de Resultados*. Curso de medidas de contaminación radiactiva en instalaciones radiactivas de medicina y de investigación y docência, Sociedade Espanhola de Protecção Radiológica, 2009.
- [22] Decreto-Lei n.º 167/2002. 1ª série – N° 164 s.l.: Diário da República, Julho 18, 2002.
- [23] Lombardi M. *Radiation Safety in Nuclear Medicine*. 2ª Edição. Estados Unidos da América: Taylor & Francis Group; 2007. 145-150 p.
- [24] *Body Thermoluminescence Dosimeter (TLD)* [Online] [acedido a 27 de Abril de 2012], disponível em: <http://www.medicalconsult.pt/dosimetrosCl.pdf>
- [25] *Dosímetros Personales* [Online] [acedido a 27 de Abril de 2012], disponível em: <http://dxiparatecnicos.blogspot.com/2010/08/detectores-y-dosimetros.html>
- [26] *Global Dosimetry Solutions* [Online] [acedido a a 27 de abril de 2012], disponível em: <http://www.rsna2005.rsna.org>
- [27] *Extremity Dosimeters* [Online] [acedido a 27 de Abril de 2012], disponível em: <http://www.medicalconsult.pt/dosimetrosExt.pdf>
- [28] Decreto-Lei n.º 180/2002. 1ª série – N° 182 s.l.: Diário da República, Agosto 8, 2002.
- [29] *Nuclide Safety Data Sheet Iodine-125* [Online] [acedido a 11 de Dezembro de 2012] disponível em: www.ehsrms.uaa.alaska.edu/RSDS/125I.pdf

[30] Pinto I., et al. *Avaliação da Exposição Radiológica dos Profissionais da Saúde* [Online] [acedido a 9 de Março de 2012], disponível em: <http://www.medicalconsult.pt/useruploads/files/avaliacaoexposicaoradiologicaprofessionaisaissaudesppcr.pdf>

[31] *ESOREX 2010 Book of Country Reports – European Study of Occupational Radiation Exposure* [Online] [acedido a 25 de maio de 2012], disponível em: http://www.docstoc.com/docs/62544886/Book_of_Country_Reports

[32] Jankowski J., Olszewski J., Kluska K., *Distribution of Equivalent Doses to skin of the Hands of Nuclear Medicine Personnel*, Rad. Prot. Dosim., 2003, (177-180 p.), 106, Nº 2.

[33] Vanhavere F., *ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff*, EURADOS Report 2012-02, Abril 2012.

[34] Baechler S., et al., *Individual Monitoring of Internal Exposure for Nuclear Medicine Workers in Switzerland*, Rad. Prot. Dosim. 2010, 1-4 p.

[35] Bento J., et al., *Study of Nuclear Medicine Practices in Portugal from an Internal Dosimetry Perspective*, Rad. Prot. Dosim., 2011, 1-6p.

[36] Chruscielewski W., et al., *Hand Exposure in Nuclear Medicine Workers*, Rad. Prot. Dosim. 2002, 229-232 p., Vol.101, Nº 1-4.

[37] Ginjaume M., et al., *Extremity Ring Dosimetry Intercomparison in Reference and Workplace Fields*, Rad. Prot. Dosim. 2008, 67-72 p., Vol.131, Nº1.

[38] ICRP – *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Publicação 103, Elsevier, 2007.

[39] Kerekes A., et al., *Individual Monitoring for Internal Exposure of workers: Regulation and Practice in Hungary*, Radiation Protection Dosimetry 2007, 33-36 p. Vol. 125, Nº1-4.

[40] Martins M.B., Alves J.G., *Exposição Ocupacional em Portugal (Ano de 2008)*, Instituto Tecnológico e Nuclear, 2010, Série A, Nº 36.

[41] Mebhah D., Djefal S., Badreddine A., Medjahed M., *Extremity Dosimetry in Nuclear Medicine Services using Thermoluminescent Detectors*, Radiation Protection Dosimetry 1993, 439-443 p. Vol. 47.

[42] Pant G., Sharma S., Rath G., *Finger Doses for Staff Handling Radiopharmaceuticals in Nuclear Medicine*, Journal of Nuclear Medicine Technology, 2006, N°3.

[43] Peck D.J., Samei E., *How to Understand and Communicate Radiation Risk*, American College of Radiology, Novembro 2010.

[44] Sans Merce M., et al., *Extremity Exposure in Nuclear Medicine: Preliminary Results of a European Study*, Radiation Protection Dosimetry 2011, 1-6 p.

[45] Vanhavere F., *An Overview on Extremity Dosimetry in Medical Applications*, Rad Prot. Dosim., 2008, 1-6 p.

ANEXO I – Atividade Extracurricular

Durante a realização deste trabalho, tive a possibilidade de participar em encontros científicos para apresentar algumas partes deste trabalho sob a forma de comunicações orais.

Assim sendo, apresentei uma comunicação oral subordinada ao tema “Dosimetria de extremidades em Profissionais de Medicina Nuclear” no VI Encontro Nacional das Ciências e Tecnologias da Saúde da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa, que teve lugar de 20 a 22 de Outubro de 2011.

E ainda apresentei uma comunicação oral subordinada ao tema “Dosimetria Individual Interna de Profissionais num Serviço de Medicina Nuclear” no XIII Congresso Nacional de Medicina Nuclear da SPMN, que ocorreu entre 25 e 27 de Novembro de 2011.

APÊNDICE I - Dosimetria de CI e atividade manipulada dos TMN.

Ano	Atividade Manipulada (GBq)	Leitura média anual dos Dosímetros de CI (mSv)	
		Hp (0,07)	Hp (10)
2005	nd	0,88	0,48
2006	nd	0,52	0,52
2007	3912,07	0,37	0,37
2008	5125,26	0,36	0,36
2009	7553,78	0,38	0,38
2010	10045,42	0,14	0,15

APÊNDICE II - Dosimetria de CI e atividade manipulada dos ENF.

Ano	Atividade Manipulada (GBq)	Leitura média anual dos Dosímetros de CI	
		Hp (0,07)	Hp (10)
2005	nd	0,43	0,41
2006	nd	0,50	0,51
2007	610,73	0,46	0,47
2008	1197,85	0,50	0,49
2009	1269,86	0,48	0,47
2010	1406,25	0,36	0,32

APÊNDICE III – Dosimetria de CI e atividade manipulada dos MED.

Ano	Atividade Manipulada (GBq)	Leitura média anual dos Dosímetros de CI (mSv)	
		Hp (0,07)	Hp (10)
2005	nd	0,08	0,11
2006	nd	0,22	0,22
2007	2,94	0,11	0,11
2008	3,27	0,09	0,08
2009	5,72	0,05	0,05
2010	13,06	0,09	0,06

APÊNDICE IV - Dosimetria de CI e atividade manipulada do Farmacêutico.

Ano	Atividade Manipulada (GBq)	Leitura média dos Dosímetros de CI (mSv)	
		Hp (0,07)	Hp (10)
2005	nd	0,02	0,02
2006	nd	0,00	0,00
2007	515,85	0,02	0,02
2008	739,89	0,03	0,03
2009	466,34	0,00	0,00
2010	0	0,01	0,00

APÊNDICE V - Média dos valores médios das leituras Hp (0,07) de 2005-2009.

	TMN	ENF	MED	Farmacêutico	OA
Hp (0,07) (mSv)	0,50±0,22	0,47±0,03	0,11±0,07	0,01±0,01	0,43±0,13
Hp (10) (mSv)	0,42±0,07	0,47±0,04	0,11±0,06	0,01±0,01	0,43±0,13

APÊNDICE VI - Parâmetros utilizados e fatores de decisão para cada TMN, de acordo com o procedimento e isótopo.

Procedimento	Isótopo	Parâmetros	TMN 1	TMN 2	TMN 3	TMN 4
Eluição	99mTc	At. Manipulada Bq (ATj)	0,00	7,47E+11	2,34E+12	2,41E+12
		Coeficiente e(g)j, inh	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de Decisão dj	0,00	1,49E+00	4,68E+00	4,83E+00
Marcação De Kits	99mTc	At. Manipulada Bq (ATj)	0,00	3,26E+11	1,17E+12	1,01E+12
		Coeficiente e(g)j, inh	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	10,00	10,00	10,00	10,00
		Fator de segurança fps	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de Decisão dj	0,00	6,51E+00	2,35E+01	2,02E+01
	111In	At. Manipulada Bq (ATj)	0,00	5,33E+08	4,25E+09	8,36E+08
		Coeficiente e(g)j, inh	3,10E-10	3,10E-10	3,10E-10	3,10E-10
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	10,00	10,00	10,00	10,00
		Fator de segurança fps	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de Decisão dj	0,00	1,65E-01	1,32E+00	2,59E-01
Retirada De Doses	99mTc	At. Manipulada Bq (ATj)	17916,51	2,83E+11	9,98E+11	4,51E+11
		Coeficiente e(g)j, inh	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de Decisão dj	3,58E-08	5,65E-01	2,00E+00	9,01E-01
	67Ga	At. Manipulada Bq (ATj)	0,00	1,58E+09	2,51E+09	6,82E+08
		Coeficiente e(g)j, inh	2,80E-10	2,80E-10	2,80E-10	2,80E-10
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de Decisão dj	0,00	4,44E-02	7,01E-02	1,91E-02
	111In	At. Manipulada Bq (ATj)	0,00	4,80E+08	4,50E+09	7,12E+08
		Coeficiente e(g)j, inh	3,10E-10	3,10E-10	3,10E-10	3,10E-10
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de Decisão dj	0,00	1,49E-02	1,40E-01	2,21E-02
	123I	At. Manipulada Bq (ATj)	0,00	2,12E+09	6,42E+09	8,58E+08
		Coeficiente e(g)j, inh	1,10E-10	1,10E-10	1,10E-10	1,10E-10
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de Decisão dj	0,00	2,33E-02	7,06E-02	9,44E-03
131I	At. Manipulada Bq (ATj)	0,00	8,14E+07	7,29E+07	5,25E+07	
	Coeficiente e(g)j, inh	1,10E-08	1,10E-08	1,10E-08	1,10E-08	
	Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01	
	Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00	
	Fator de segurança fps	0,01	0,01	0,01	0,01	
	Fator de Decisão dj	0,00	8,95E-02	8,02E-02	5,78E-02	
Administrações	99mTc	At. Manipulada Bq (ATj)	1,14E+11	2,10E+10	6,83E+10	5,36E+10
		Coeficiente e(g)j, inh	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	1,00	1,00	1,00	1,00
		Fator de Decisão dj	2,29E+01	4,21E+00	1,37E+01	1,07E+01

CQ Repetibilidade	99mTc	At. Manipulada Bq (ATj)	0,00	0,00	1,75E+09	0,00
		Coeficiente e(g)j, inh	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de Decisão dj	0,00	0,00	3,49E-03	0,00
CQ Linearidade	99mTc	At. Manipulada Bq (ATj)	0,00	3,09E+10	6,72E+10	1,12E+10
		Coeficiente e(g)j, inh	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	0,01	0,01	0,01	0,01
		Fator de Decisão dj	0,00	6,19E-02	1,34E-01	2,23E-02

APÊNDICE VII – Parâmetros utilizados e fatores de decisão para cada ENF, de acordo com o isótopo.

Procedimento	Isótopo	Parâmetros	ENF 1	ENF 2	ENF 3
Administrações	99mTc	At. Manipulada Bq (ATj)	4,96E+11	3,54E+11	5,38E+11
		Coeficiente e(g)j, inh	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	1,00	1,00	1,00
		Fator de Decisão dj	9,91E+01	7,09E+01	1,08E+02
	67Ga	At. Manipulada Bq (ATj)	4,74E+08	4,33E+08	3,28E+09
		Coeficiente e(g)j, inh	2,80E-10	2,80E-10	2,80E-10
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	1,00	1,00	1,00
		Fator de Decisão dj	1,33E+00	1,21E+00	9,17E+00
	111In	At. Manipulada Bq (ATj)	1,41E+09	8,95E+08	3,18E+09
		Coeficiente e(g)j, inh	3,10E-10	3,10E-10	3,10E-10
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	1,00	1,00	1,00
		Fator de Decisão dj	4,36E+00	2,78E+00	9,85E+00
	123I	At. Manipulada Bq (ATj)	4,36E+09	1,67E+09	2,82E+09
		Coeficiente e(g)j, inh	1,10E-10	1,10E-10	1,10E-10
		Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01
		Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00
		Fator de segurança fps	1,00	1,00	1,00
		Fator de Decisão dj	4,79E+00	1,84E+00	3,10E+00
131I	At. Manipulada Bq (ATj)	8,03E+07	0,00E+00	1,23E+08	
	Coeficiente e(g)j, inh	1,10E-08	1,10E-08	1,10E-08	
	Fator de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	
	Fator de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	
	Fator de segurança fps	1,00	1,00	1,00	
	Fator de Decisão dj	8,83E+00	0,00	1,35E+01	

APÊNDICE VIII – Parâmetros utilizados e factores de decisão para cada Médico, de acordo com o isótopo.

Procedimento	Isótopo	Parâmetros	MED 1	MED 2	MED 3	MED 4	MED 5
Administrações	99mTc	Act. Manipulada Bq (ATj)	3,06E+09	2,42E+09	4,57E+09	1,41E+07	6,60E+07
		Coeficiente e(g)j, inh	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11	2,00E-11
		Factor de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
		Factor de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Factor de segurança fps	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Factor de Decisão dj	6,11E-01	4,84E-01	9,15E-01	2,81E-03	1,32E-02	
	131I	Act. Manipulada Bq (ATj)	1,22E+07	2,59E+06	1,11E+06	2,59E+07	2,22E+06
		Coeficiente e(g)j, inh	1,10E-08	1,10E-08	1,10E-08	1,10E-08	1,10E-08
		Factor de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
		Factor de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Factor de segurança fps		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Factor de Decisão dj	1,34E+00	2,85E-01	1,22E-01	2,85E+00	2,44E-01		

APÊNDICE IX – Parâmetros utilizados e factores de decisão para o Físico, de acordo com o procedimento.


Procedimento	Isótopo	Parâmetros	Físico
CQ Linearidade	99mTc	Act. Manipulada Bq (ATj)	3,84E+11
		Coeficiente e(g)j, inh	2,00E-11
		Factor de segurança ffs	0,01
		Factor de segurança fhs	1,00
		Factor de segurança fps	0,01
CQ Repetibilidade	99mTc	Factor de Decisão dj	7,68E-01
		Act. Manipulada Bq (ATj)	5,19E+10
		Coeficiente e(g)j, inh	2,00E-11
		Factor de segurança ffs	0,01
		Factor de segurança fhs	1,00
Factor de segurança fps	0,01		
Factor de Decisão dj	1,04E-01		

APÊNDICE X – Parâmetros utilizados e factores de decisão para cada TA, de acordo com o procedimento e isótopo.

Procedimento	Isótopo	Parâmetros	TA 1	TA 2	TA 3	TA 1	TA 2	TA 3
Técnicas De RIA	RENINA	Act. Manipulada Bq (ATj)	1,33E+06	1,33E+06	1,33E+06	1,33E+06	1,33E+06	1,33E+06
		Coeficiente e(g)), inh	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09
		Factor de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
		Factor de segurança fhs	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
		Factor de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	0,1	0,1	0,1
		Factor de Decisão dj	0,97	0,97	0,97	0,10	0,10	0,10
	17-Hidroxi progesterona	Act. Manipulada Bq (ATj)	1,39E+06	1,39E+06	1,39E+06	1,39E+06	1,39E+06	1,39E+06
		Coeficiente e(g)), inh	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09
		Factor de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
		Factor de segurança fhs	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
		Factor de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	0,1	0,1	0,1
		Factor de Decisão dj	1,02	1,02	1,02	0,10	0,10	0,10
	Testosterona Livre	Act. Manipulada Bq (ATj)	1,59E+06	1,59E+06	1,59E+06	1,59E+06	1,59E+06	1,59E+06
		Coeficiente e(g)), inh	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09
		Factor de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
		Factor de segurança fhs	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
		Factor de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	0,1	0,1	0,1
		Factor de Decisão dj	1,16	1,16	1,16	1,12	1,12	1,12
	Aldosterona	Act. Manipulada Bq (ATj)	7,58E+05	7,58E+05	7,58E+05	7,58E+05	7,58E+05	7,58E+05
		Coeficiente e(g)), inh	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09	7,30E-09
		Factor de segurança ffs	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
		Factor de segurança fhs	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
		Factor de segurança fhs	1,00	1,00	1,00	0,1	0,1	0,1
		Factor de Decisão dj	0,55	0,55	0,55	0,06	0,06	0,06

APÊNDICE XI – Norma de Dosimetria Individual para o SMN

Serviço de Medicina Nuclear - Manual de Políticas e Procedimentos

	<p><i>Norma de Procedimentos</i> n.º MN-59/11 NORMA DE DOSIMETRIA INDIVIDUAL EXTERNA</p>	Elaborado em:	06/11/2011
		Revisão n.º 2	
		Próxima Revisão	05/11/2013

ASSUNTO: Dosimetria Individual do Pessoal e Visitantes do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESTINATÁRIOS:

- Todos os funcionários e visitantes do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE;
- Serviço de Saúde Ocupacional do Hospital Garcia de Orta, EPE;

OBJECTIVO:

Garantir a efectiva e eficaz monitorização da dosimetria individual de todos os profissionais afectos ao Serviço de Medicina Nuclear do HGO, EPE, com actividade profissional que implique a manipulação de fontes radioactivas.

CONCEITOS:

Compete ao Ministério da Saúde desenvolver acções na área da protecção contra radiações, delegando na Direcção Geral da Saúde a responsabilidade de promover e coordenar medidas destinadas a assegurar a protecção de pessoas e bens que, directa ou indirectamente, possam sofrer os efeitos da exposição a radiações, em território nacional.

Estão estipulados limites de dose para a exposição ocupacional dos trabalhadores, com o objectivo de prevenir o aparecimento de efeitos determinísticos (ou seja, alterações patológicas observáveis que resultam da morte de um número de células suficientemente elevado para produzir uma perda de funcionalidade dos tecidos ou órgãos) e limitar a ocorrência de efeitos estocásticos a um nível aceitável (efeitos que ocorrem em níveis de radiação mais baixos, que permitem a reparação celular, mas em que é possível que ocorra dano genético).

Quadro 1. Limites de dose para profissionais e público expostos a radiação, de acordo com o decreto-lei n.º 222/2008 de 17 de Novembro.


Tipo de Limite	Ocupacional	Público
Dose efectiva	20 mSv/ano, medido em períodos de 5 anos consecutivos (A dose efectiva não deve exceder os 50 mSv em nenhum dos anos)	1 mSv (Pode ser excedido num determinado ano, desde que a dose média ao longo de 5 anos consecutivos não exceda 1 mSv/ano)
Dose equivalente anual		
Cristalino	20 mSv	15 mSv
Pele (1 cm ²)	500 mSv	50 mSv
Extremidades (mãos e pés)	500 mSv	

Para se poder controlar a exposição à radiação torna-se necessário determinar a magnitude das doses envolvidas e, nesse sentido surge a dosimetria individual. Esta consiste no controlo da dose recebida pelos trabalhadores expostos a radiações ionizantes, em áreas controladas e/ou vigiadas, através da monitorização individual.

Tratando-se de dose de radiação resultantes de fontes externas, ou seja, não incorporadas no organismo, fala-se de dosimetria externa.

A monitorização individual externa dos profissionais deve ser realizada de forma sistemática e programada, de acordo com a natureza e dimensão do risco. Para isso, são utilizados dosímetros que vão acumular as doses de radiação permitindo obter uma estimativa aceitável da dose individual do trabalhador devido a exposição a fontes radioactivas externas.

Elaborado por: Gabriela Cardoso Sónia Chin	Revisto por:	Aprovado por: Ana Isabel Santos Gabriela Cardoso
---	---------------------	---

	Norma de Procedimentos n.º MN-59/11 NORMA DE DOSIMETRIA INDIVIDUAL EXTERNA	Elaborado em:	06/11/2011
		Revisão n.º 2	
		Próxima Revisão	05/11/2013

ASSUNTO: Dosimetria Individual do Pessoal e Visitantes do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESTINATÁRIOS:

- Todos os funcionários e visitantes do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE;
- Serviço de Saúde Ocupacional do Hospital Garcia de Orta, EPE;

ABREVIATURAS: HGO - Hospital Garcia de Orta, E.P.E.; SSO - Serviço de Saúde Ocupacional.

DESCRIÇÃO:

I. DOSIMETRIA INDIVIDUAL DOS PROFISSIONAIS

A. DOSIMETRIA INDIVIDUAL DOS PROFISSIONAIS DO SERVIÇO DE MEDICINA NUCLEAR:

Todo o pessoal permanentemente afecto ao Serviço de Medicina Nuclear com actividade profissional que implique manipulação de fontes radioactivas, verá controlada a sua exposição a radiações ionizantes por uma entidade independente. Os grupos profissionais em causa são os seguintes: médicos, técnicos de medicina nuclear, enfermeiros, assistentes operacionais, radiofarmacêuticos e físicos ou engenheiros físicos.

O controlo dosimétrico terá periodicidade mensal e será de dois tipos:

- ✓ Dosimetria de Corpo Inteiro;
- ✓ Dosimetria de Extremidades (apenas para técnicos, enfermeiros e radiofarmacêuticos).

Os profissionais controlados por dosimetria individual são obrigados a:

- ⇒ Utilizar o dosímetro sempre que se encontrem no interior das instalações do Serviço;
- ⇒ O dosímetro de corpo inteiro deve ser usado em posição representativa da parte mais exposta da superfície do tronco, normalmente na face anterior do tronco, sobre a região cardíaca;
- ⇒ O dosímetro de extremidades deve ser colocado na zona mais exposta da extremidade superior (dedo indicador da mão dominante);
- ⇒ No final do dia, os dosímetros devem ser guardados em local livre de radiações ionizantes (preferencialmente nos cacifos destinados ao vestuário e localizados em área não controlada).

B. DOSIMETRIA INDIVIDUAL DOS PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS NA REALIZAÇÃO DAS CINTIGRAFIAS DE PERFUSÃO DO MIOCÁRDIO:

A realização das Cintigrafias de Perfusão do Miocárdio com provas de sobrecarga requer a colaboração de profissionais do Serviço de Cardiologia, respectivamente, um médico cardiologista e um técnico de cardiopneumologia, os quais exercem actividade em áreas controladas e, como tal, serão objecto de monitorização da sua exposição a radiações ionizantes por uma entidade independente.

O seu controlo dosimétrico terá periodicidade trimestral e será de Corpo Inteiro. São obrigados a:


- ⇒ Utilizar o dosímetro sempre que se encontrem no interior das instalações do Serviço;
- ⇒ O dosímetro de corpo inteiro deve ser usado em posição representativa da parte mais exposta da superfície do tronco, normalmente na face anterior do tronco, sobre a região cardíaca;
- ⇒ No final das provas de esforço, o dosímetro deverá ser entregue em mão ao Físico/ Engenheiro Físico ou a um dos Técnicos de Medicina Nuclear.

C. DOSIMETRIA INDIVIDUAL DE PROFISSIONAIS GRÁVIDAS:

De acordo com o Decreto-lei n.º 222/2008, de 17 de Novembro, a mulher profissionalmente exposta deve declarar de imediato ao titular da instalação que se encontra grávida com vista a garantir a protecção do feto

Contudo, de acordo com a Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro, é proibido o trabalho com radiações ionizantes a grávidas (Artigo 51.º) e a lactantes (Artigo 54.º), pelo que a actividade das trabalhadoras grávidas ou

Elaborado por: Gabriela Cardoso Sónia Chin	Revisto por:	Aprovado por: Ana Isabel Santos Gabriela Cardoso
---	---------------------	---

	Norma de Procedimentos n.º MN-59/11 NORMA DE DOSIMETRIA INDIVIDUAL EXTERNA	Elaborado em:	06/11/2011
		Revisão n.º 2	
		Próxima Revisão	05/11/2013

ASSUNTO: Dosimetria Individual do Pessoal e Visitantes do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESTINATÁRIOS:

- Todos os funcionários e visitantes do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE;
- Serviço de Saúde Ocupacional do Hospital Garcia de Orta, EPE;

lactantes deve ser adaptada de modo a não haver permanência em áreas controladas nem proximidade com fontes de radiação ionizante.

D. TRATAMENTO DOS RESULTADOS DA DOSIMETRIA INDIVIDUAL DE PROFISSIONAIS:

Os resultados da dosimetria individual são confidenciais e, como tal, só serão oficialmente transmitidos por uma das seguintes vias:

- Directamente ao indivíduo a que dizem respeito, através de documento emitido pelo físico responsável;
- À Directora do Serviço de Medicina Nuclear, por correio electrónico para endereço personalizado pelo físico responsável
- À Directora do SSO, por correio electrónico para endereço personalizado, pelo físico responsável.

Só a Directora do Serviço, o Físico responsável e a Directora do SSO, é que têm acesso aos resultados das leituras de todos os profissionais, estando estes três elementos obrigados a sigilo profissional. Os resultados referentes à dosimetria individual são arquivados em suporte informático e mantidas cópias de segurança.

Qualquer problema que surja referente a dosimetria individual, é tratado por contacto directo entre o indivíduo, a Directora do Serviço, o físico responsável e a Directora do SSO. Só será dado conhecimento a terceiros em caso excepcional e sempre com vista a resolução de eventuais problemas e nunca antes de se ter solicitado autorização expressa ao visado pela leitura.

De acordo com o Decreto-Lei n.º 167/2002 de 18 de Julho, os resultados das leituras dosimétricas mensais serão conservados durante todo o período de trabalho que implique exposição a radiações ionizantes e, posteriormente, até o trabalhador exposto completar 75 anos de idade ou até à data em que os teria completado, mas, de qualquer modo, por um período nunca inferior a 30 anos a contar da conclusão do trabalho que implicou a exposição.

II. DOSIMETRIA INDIVIDUAL DOS VISITANTES:

Todo o pessoal visitante do Serviço de Medicina Nuclear verá controlada a sua exposição a radiações ionizantes mediante um dosímetro de leitura directa. Os valores da leitura dosimétrica no final dos trabalhos ficarão registados no Dossier de Registo de Doses recebidas por visitantes do Serviço de Medicina Nuclear.

O pessoal visitante do Serviço deve:

- ⇒ Utilizar o dosímetro sempre que se encontrem no interior das instalações do Serviço;
- ⇒ O dosímetro de leitura directa deve ser usado na mesma posição que o dosímetro de corpo inteiro;
- ⇒ No final da permanência, o dosímetro deverá ser entregue em mão ao Físico/ Engenheiro Físico ou a um dos Técnicos de Medicina Nuclear.

Os registos do Livro Dossier de Registo de Doses recebidas por visitantes do Serviço de Medicina Nuclear serão conservados até o trabalhador exposto completar 75 anos de idade ou até à data em que os teria completado, mas, de qualquer modo, por um período nunca inferior a 30 anos a contar da conclusão do trabalho que implicou a exposição.

Elaborado por: Gabriela Cardoso Sónia Chin	Revisto por:	Aprovado por: Ana Isabel Santos Gabriela Cardoso
---	---------------------	---

	Norma de Procedimentos n.º MN-59/11 NORMA DE DOSIMETRIA INDIVIDUAL EXTERNA	Elaborado em:	06/11/2011
		Revisão n.º 2	
		Próxima Revisão	05/11/2013

ASSUNTO: Dosimetria Individual do Pessoal e Visitantes do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESTINATÁRIOS:

- Todos os funcionários e visitantes do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE;
- Serviço de Saúde Ocupacional do Hospital Garcia de Orta, EPE;

REFERÊNCIAS:

- Decreto-Lei 167/2002, de 18 de Julho;
- Decreto-Lei 222/2008, de 17 de Novembro.
- Lei n.º 102/2009, de 10 de Setembro

ANEXOS:

Impresso n.º 22.


NORMAS RELACIONADAS:

- Norma de Dosimetria Individual Interna

Elaborado por: Gabriela Cardoso Sónia Chin	Revisto por:	Aprovado por: Ana Isabel Santos Gabriela Cardoso
---	---------------------	---

APÊNDICE XII – Norma de Dosimetria Individual Interna para o SMN

Serviço de Medicina Nuclear – Manual de Políticas e Procedimentos

	<p>Norma de Procedimentos nº MN-60/11 NORMAS DE DOSIMETRIA INDIVIDUAL INTERNA</p>	Elaborado em: 06/11/2011
		Revisão n.º
		Próxima Revisão 05/11/2013

ASSUNTO: Dosimetria Interna do Pessoal do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESTINATÁRIOS:

- Todos os funcionários do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE;
- Serviço de Saúde Ocupacional do Hospital Garcia de Orta, EPE;

OBJECTIVO:

Descrever os critérios a utilizar para determinar justificação para a monitorização individual interna dos profissionais

CONCEITOS:

O Safety Guide RS-G 1.2 publicado pela Agência Internacional de Energia Atómica aborda a determinação da exposição ocupacional causada pela incorporação de radionuclídeos e descreve um procedimento que permite determinar se existem critérios para a realização de monitorização individual interna dos profissionais.

De acordo com este documento, a necessidade de monitorização individual interna deve ser baseada na probabilidade de se atingir uma dose efectiva superior a 1 mSv num ano.

Para isso, devem ter-se em conta todos os factores que influenciem a probabilidade de ocorrência de uma contaminação interna nomeadamente, as propriedades físicas e químicas do material manipulado, a natureza das operações realizadas e as protecções utilizadas. Existem valores tabelados para classificar esses parâmetros através de factores de segurança relativos ao material, manipulação e protecção.

Assim, recorrendo à expressão matemática (1):

$$d_j = (A_{Tj} e(g)_{j, inh} f_{fs} f_{hs} f_{ps}) / 0,001$$

É possível determinar o factor de decisão que vai permitir verificar se a monitorização individual interna está indicada ou não.

No caso de trabalhadores que manipulam mais do que um radionuclídeo, o factor de decisão será a soma dos factores de cada radionuclídeo (2): $D = \sum d_j$

Uma vez calculado este valor, é possível determinar a necessidade ou não de realizar uma monitorização individual interna tendo em conta os seguintes critérios:

- $D \geq 1$, é necessário proceder a monitorização individual interna;
- $D < 1$, não é necessário proceder a monitorização individual interna.

ABREVIATURAS: HGO - Hospital Garcia de Orta, E.P.E; SSO - Serviço de Saúde Ocupacional; AIEA - Agência Internacional de Energia Atómica.

DESCRIÇÃO:

Para implementar a expressão (1) que permite determinar se a monitorização individual interna é necessária ou não, é fundamental o acesso aos dados relativos às condições de manipulação das fontes radioactivas.


Esses factores são:

- A_{Tj} - actividade máxima manipulada (Bq) para o radionuclídeo j nos diversos procedimentos realizados (eluição, marcação de kits, retirada de doses, administrações e controlos de qualidade);

Elaborado por: Gabriela Cardoso Sónia Chin	Revisto por:	Aprovado por: Ana Isabel Santos Gabriela Cardoso
---	---------------------	---

Norma de Dosimetria Individual Interna

Norma de Procedimentos nº MN- 60/11 Pág. 1 de 3

	Norma de Procedimentos n.º MN-60/11 NORMAS DE DOSIMETRIA INDIVIDUAL INTERNA	Elaborado em:	06/11/2011
		Revisão n.º	
		Próxima Revisão	05/11/2013

ASSUNTO: Dosimetria Interna do Pessoal do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESTINATÁRIOS:

- Todos os funcionários do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE;
- Serviço de Saúde Ocupacional do Hospital Garcia de Orta, EPE;

DESCRIÇÃO (cont):

- $e(g)_{j, inh}$ - dose por unidade de incorporação por inalação ($SvBq^{-1}$) para um valor de $AMAD = 5 \mu m$;

Quadro 1

Radionuclídeos utilizados	$e(g)_{j, inh}$ ($AMAD = 5 \mu m$)
^{99m}Tc	2,00E-11
^{67}Ga	2,80E-10
^{111}In	3,10E-10
^{125}I	1,10E-10
^{131}I	1,10E-08

- f_{fs} - factor de segurança da forma física do material manipulado que na maioria dos casos assume o valor 0,01;
- f_{hs} - factor de segurança da manipulação que se baseia na experiência e conhecimento que se tem das operações realizadas (Quadro 2);

Quadro 2

Procedimento	F_{hs}
Preparação de radiofármacos	10
Eluição do gerador	1
Medição da actividade	1
Administração de radiofármacos	1
Procedimentos de diagnóstico	0,1
Armazenamento de substâncias radioactivas	0,01
Armazenamento de resíduos radioactivos	0,01

- f_{ps} - factor de segurança da protecção que se baseia na utilização de meios tecnológicos de protecção de forma permanente e o grau de protecção;


Quadro 3

Medidas de Protecção	F_{ps}
Operação aberta sobre a mesa	1
Câmara de Fluxo Laminar	0,1
Isolador	0,01

- 0,001 - factor de conversão de Sv a mSv.

Foi criado um ficheiro em Excel, designado "Dosimetria Interna", que contém os dados necessários à determinação do factor de decisão para cada profissional nos diversos procedimentos realizados. Este ficheiro pode ser facilmente adaptado permitindo o cálculo dos factores de decisão em períodos diferentes ou para novos profissionais.

Elaborado por: Gabriela Cardoso Sónia Chin	Revisto por:	Aprovado por: Ana Isabel Santos Gabriela Cardoso
---	---------------------	---

	Norma de Procedimentos n.º MN-60/11 NORMAS DE DOSIMETRIA INDIVIDUAL INTERNA	Elaborado em:	06/11/2011
		Revisão n.º	
		Próxima Revisão	05/11/2013

ASSUNTO: Dosimetria Interna do Pessoal do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESTINATÁRIOS:

- Todos os funcionários do Serviço de Medicina Nuclear do Hospital Garcia de Orta, EPE;
- Serviço de Saúde Ocupacional do Hospital Garcia de Orta, EPE;

REFERÊNCIAS:

- Decreto-Lei 180/2002, de 8 de Agosto.
- Decreto-Lei 222/2008, de 17 de Novembro.
- IAEA Safety Standards Series - *Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides*- Safety Guide No. RS-G-1.2. IAEA, Viena, 1999.
- Navarro T., *Medidas de Contaminación Personal Interna. Procedimientos de medida Directos e Indirectos. Estimación de Dosis. Análisis de Resultados.* Curso de medidas de contaminación radiactiva en instalaciones radiactivas de medicina y de investigación y docência, Sociedade Espanhola de Protecção Radiológica, 2009.

Elaborado por: Gabriela Cardoso Sónia Chin	Revisto por:	Aprovado por: Ana Isabel Santos Gabriela Cardoso
---	---------------------	---

APÊNDICE XII – Norma de Dosimetria Individual Interna para o SPC

Serviço de Patologia Clínica - Manual de Políticas e Procedimentos

	Norma de Procedimentos n.º SPC - NORMA DE DOSIMETRIA INTERNA	Elaborado em:	
		Revisão n.º 2	
		Próxima Revisão	

ASSUNTO: Dosimetria Interna do Pessoal do Serviço de Patologia Clínica do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESTINATÁRIOS:

- Todos os funcionários do Serviço de Patologia Clínica do Hospital Garcia de Orta, EPE que realizam procedimentos de Radioimunoensaio;
- Serviço de Saúde Ocupacional do Hospital Garcia de Orta, EPE;
- Profissionais do Hospital Garcia de Orta, EPE.

OBJECTIVO:

Permitir determinar a existência de critérios que justifiquem a monitorização individual interna dos profissionais que efectuem procedimentos de Radioimunoensaio.

CONCEITOS:

O Safety Guide RS-G 1.2 publicado pela Agência Internacional de Energia Atómica aborda a determinação da exposição ocupacional causada pela incorporação de radionuclídeos e refere um procedimento que permite determinar se existem critérios para a realização de monitorização individual interna dos profissionais.

De acordo com este documento, a necessidade de monitorização individual interna deve ser baseada na possibilidade de se atingir uma dose efectiva superior a 1 mSv num ano.

Para isso, devem ter-se em conta todas os factores que influenciam a probabilidade de ocorrência de uma contaminação interna nomeadamente, as propriedades físicas e químicas do material manipulado, a natureza das operações realizadas e as protecções utilizadas. Existem valores tabelados para classificar esses parâmetros através de factores de segurança relativos ao material, manipulação e protecção.

Assim, recorrendo à expressão matemática (1):

$$d_j = (A_{Tj} e(g)_{j, inh} f_{fs} f_{hs} f_{ps}) / 0,001$$

É possível determinar o factor de decisão que vai permitir verificar se a monitorização individual interna está indicada.

No caso de trabalhadores que manipulam mais do que um radionuclídeo, o factor de decisão será a soma dos factores de cada radionuclídeo (2): $D = \sum d_j$

Uma vez calculado este valor, é possível determinar a necessidade ou não de realizar uma monitorização individual interna tendo em conta os seguintes critérios:

- $D \geq 1$, é necessário proceder a monitorização individual interna;
- $D \leq 1$, não é necessário proceder a monitorização individual interna.

ABREVIATURAS: HGO, EPE - Hospital Garcia de Orta, EPE; SSO - Serviço de Saúde Ocupacional; IAEA - Agência Internacional de Energia Atómica, RIA - Radioimunoensaio.

DESCRIÇÃO:

Para implementar a expressão (1) que permite determinar se a monitorização individual interna é necessária ou não, é fundamental o acesso aos dados relativos às condições de manipulação das fontes radioactivas.

Esses factores são:

- A_{Tj} - actividade máxima manipulada (Bq) para o radionuclídeo j nos diversos procedimentos realizados (eluição, marcação de kits, retirada de doses, administrações e controlos de qualidade);

Elaborado por: Sónia Chin	Revisto por: Ana Isabel Santos, Gabriela Cardoso	Aprovado por: Ana Isabel Santos e Gabriela Cardoso
-------------------------------------	--	--

Normas de Protecção Radiológica

Norma de Procedimentos n.º SPC- Pág. 1 de 3

	Norma de Procedimentos n.º SPC - NORMA DE DOSIMETRIA INTERNA	Elaborado em:	
		Revisão n.º 2	
		Próxima Revisão	

ASSUNTO: Dosimetria Interna do Pessoal do Serviço de Patologia Clínica do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESTINATÁRIOS:

- Todos os funcionários do Serviço de Patologia Clínica do Hospital Garcia de Orta, EPE que realizam procedimentos de Radioimunoensaio;
- Serviço de Saúde Ocupacional do Hospital Garcia de Orta, EPE;
- Profissionais do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESCRIÇÃO (cont):

- $e(g)_{j, inh}$ - dose por unidade de incorporação por inalação ($SvBq^{-1}$) para um valor de $AMAD = 5 \mu m$;

Quadro 1

Radionuclídeos utilizados	$e(g)_{j, inh (AMAD = 5 \mu m)}$
^{125}I	7,30E-09

- f_{fs} - factor de segurança da forma física do material manipulado que na maioria dos casos assume o valor 0,01;
- f_{hs} - factor de segurança da manipulação que se baseia na experiência e conhecimento que se tem das operações realizadas (Quadro 2);

Quadro 2

Procedimento	F_{hs}
Técnicas de RIA	10

- f_{ps} - factor de segurança da protecção que se baseia na utilização de meios tecnológicos de protecção de forma permanente e o grau de protecção;

Quadro 3

Medidas de Protecção	F_{ps}
Operação aberta sobre a mesa	1

- 0,001 - factor de conversão de Sv a mSv.

Foi criado um ficheiro em Excel, designado "Dosimetria Interna", que contém os dados necessários à determinação do factor de decisão para cada profissional nos diversos procedimentos realizados. Este ficheiro pode ser facilmente adaptado permitindo o cálculo dos factores de decisão em períodos diferentes ou para novos profissionais.

Elaborado por: Sónia Chin	Revisto por: Ana Isabel Santos, Gabriela Cardoso	Aprovado por: Ana Isabel Santos e Gabriela Cardoso
-------------------------------------	--	--

	Norma de Procedimentos n.º SPC - NORMA DE DOSIMETRIA INTERNA	Elaborado em:	
		Revisão n.º 2	
		Próxima Revisão	

ASSUNTO: Dosimetria Interna do Pessoal do Serviço de Patologia Clínica do Hospital Garcia de Orta, EPE.

DESTINATÁRIOS:

- Todos os funcionários do Serviço de Patologia Clínica do Hospital Garcia de Orta, EPE que realizam procedimentos de Radioimunoensaio;
- Serviço de Saúde Ocupacional do Hospital Garcia de Orta, EPE;
- Profissionais do Hospital Garcia de Orta, EPE.

REFERÊNCIAS:

- Decreto-Lei 180/2002, de 8 de Agosto.
- Decreto-Lei 222/2008, de 17 de Novembro.
- IAEA Safety Standards Series - *Assessment of Occupational Exposure Due to Intakes of Radionuclides* - Safety Guide No. RS-G-1.2. IAEA, Viena, 1999.
- Navarro T., *Medidas de Contaminación Personal Interna. Procedimientos de medida Directos e Indirectos. Estimación de Dosis. Análisis de Resultados.* Curso de medidas de contaminación radiactiva en instalaciones radiactivas de medicina y de investigación y docência, Sociedade Espanhola de Protecção Radiológica, 2009.

ANEXOS:

- Impresso n.º 1

Elaborado por: Sónia Chin	Revisto por: Ana Isabel Santos, Gabriela Cardoso	Aprovado por: Ana Isabel Santos e Gabriela Cardoso
------------------------------	---	---

