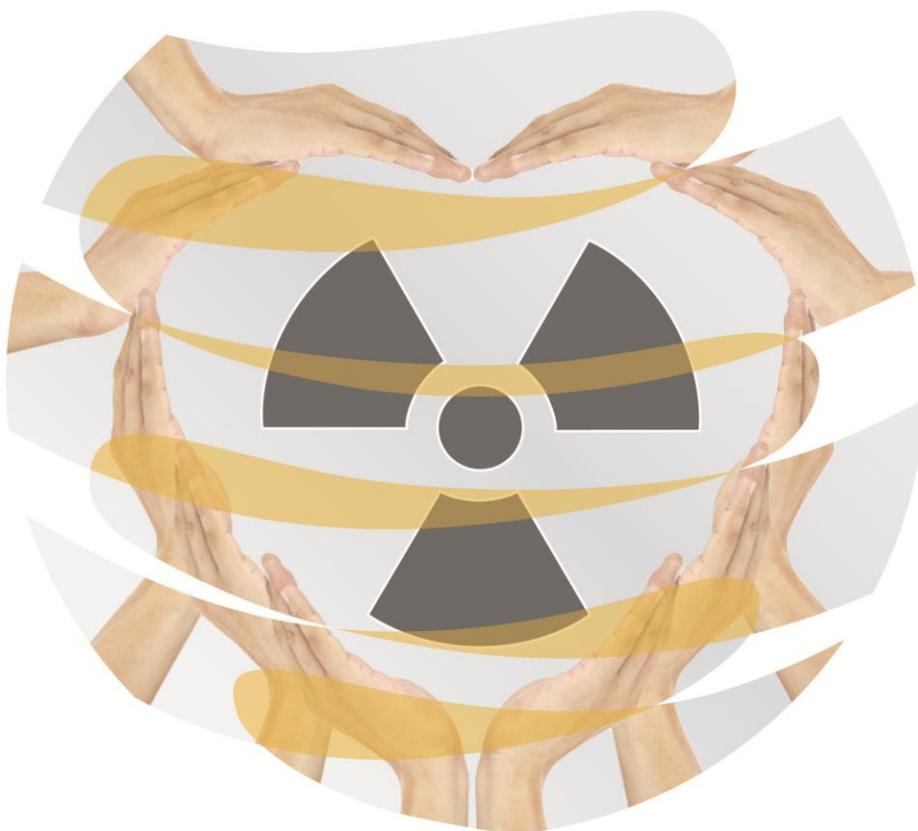




DGS desde
1899
Direção-Geral da Saúde

GUIA TÉCNICO N.º 1

VIGILÂNCIA DA SAÚDE DOS TRABALHADORES EXPOSTOS A RADIÇÃO IONIZANTE



**SAÚDE
OCUPACIONAL**

PNSOC 2013/2017

Programa Nacional de Saúde Ocupacional



FICHA TÉCNICA:

Portugal. Direção-Geral da Saúde.

Vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a radiação ionizante – Guia Técnico n.º 1 / Programa Nacional de Saúde Ocupacional: 2.º Ciclo – 2013/2017.

Lisboa: DGS, 2015 – 68 p.

Edição: junho de 2016.

AUTORES (Grupo de Trabalho Técnico-Científico):

- Direção-Geral da Saúde (*Entidade Coordenadora*)
 - Carlos Silva Santos* – Presidente do Grupo de Trabalho
 - Pedro Rosário*
 - Sandra Moreira*
- Autoridade para as Condições do Trabalho
 - Emília Telo*
- Comissão de Acompanhamento do PNSOC
 - Maria João Manzano*
- Escola Nacional de Saúde Pública
 - Ema Sacadura Leite*
- Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge
 - João Teixeira*
- Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica do Instituto Superior Técnico
 - João Alves*
- Ordem dos Médicos
 - Lucília Salgado*
 - Lurdes Menano*
- Sociedade Portuguesa de Medicina do Trabalho
 - Jorge Barroso Dias*

EDITOR:

Direção-Geral da Saúde

Alameda D. Afonso Henriques, 45, 1049-005 Lisboa

Tel: 218 430 500 | Fax: 218 430 530 | E-mail: geral@dgs.pt | <http://www.dgs.pt>

Direção de Serviços de Prevenção da Doença e Promoção da Saúde
Divisão de Saúde Ambiental e Ocupacional

Direção-Geral da Saúde

Junho 2016

ÍNDICE

1. PREÂMBULO.....	9
2. ENQUADRAMENTO	10
3. RADIAÇÃO IONIZANTE.....	11
4. EFEITOS NA SAÚDE	12
4.1. Efeitos determinísticos.....	14
4.2. Efeitos estocásticos	16
4.3. Doenças profissionais.....	17
5. EXPOSIÇÃO PROFISSIONAL A RADIAÇÃO IONIZANTE	18
5.1. Conceito de “trabalhador exposto”	18
5.2. Principais atividades com exposição profissional	19
5.3. Limites de dose	20
5.4. Classificação dos trabalhadores expostos	23
6. AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO FATOR DE RISCO “RADIAÇÃO IONIZANTE”	27
6.1. Avaliação dos locais de trabalho/Avaliação ocupacional.....	27
6.2. Classificação das Zonas de Trabalho	28
7. DOSIMETRIA.....	30
7.1. Dosimetria individual e de área.....	30
7.2. Boa prática na utilização do dosímetro	32
7.3. Empresas que prestam serviços no âmbito da proteção contra radiações ionizantes	34
8. VIGILÂNCIA DA SAÚDE DOS TRABALHADORES EXPOSTOS	35
8.1. Responsabilidades.....	35
8.2. Objetivos da vigilância da saúde	39
8.3. Exames de saúde.....	39
8.3.1. <i>ANTES do início da atividade de trabalho com exposição a radiação ionizante.....</i>	<i>41</i>
8.3.1.1. <i>Informação prévia.....</i>	<i>41</i>
8.3.1.2. <i>Anamnese.....</i>	<i>42</i>
8.3.1.3. <i>Exame objetivo</i>	<i>44</i>
8.3.1.4. <i>Exames complementares de saúde.....</i>	<i>44</i>
8.3.2. <i>DURANTE a atividade de trabalho com exposição a radiação ionizante</i>	<i>46</i>
8.3.2.1. <i>Informação prévia.....</i>	<i>46</i>
8.3.2.2. <i>Anamnese.....</i>	<i>47</i>
8.3.2.3. <i>Exame objetivo</i>	<i>48</i>
8.3.2.4. <i>Exames complementares de saúde.....</i>	<i>48</i>
8.3.3. <i>EM SITUAÇÕES EXCECIONAIS de exposição a radiação ionizante.....</i>	<i>48</i>
8.3.3.1. <i>Informação prévia.....</i>	<i>50</i>
8.3.3.2. <i>Anamnese.....</i>	<i>51</i>
8.3.3.3. <i>Exame objetivo</i>	<i>51</i>
8.3.3.4. <i>Exames complementares de saúde.....</i>	<i>51</i>
8.3.4. <i>APÓS a cessação da atividade de trabalho com exposição a radiação ionizante</i>	<i>52</i>
8.4. Avaliação da aptidão para o trabalho	53

8.4.1. Critérios de restrição e de inaptidão para o trabalho	53
8.5. Informação/formação a prestar ao trabalhador exposto a radiação ionizante	56
9. GESTÃO DO RISCO PROFISSIONAL	57
10. INDICADORES BIOLÓGICOS.....	59
10.1. Enquadramento.....	59
10.2. Informação complementar	60
11. REFERÊNCIAS LEGISLATIVOS E NORMATIVOS.....	62
11.1. Referenciais nacionais	62
11.2. Referenciais internacionais	63
12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
ANEXO	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efeitos biológicos das radiações ionizantes	13
Figura 2. Principais setores de atividade nacionais com trabalhadores monitorizados no âmbito da exposição ocupacional a radiação ionizante por tipo de instalação.....	26
Figura 3. Boas práticas na utilização do dosímetro individual	32
Figura 4. Sequência de exames de saúde ao longo da atividade de trabalho com exposição a radiação ionizante	40
Figura 5. Princípios de Proteção Radiológica	57

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Caracterização das duas categorias de efeitos das radiações ionizantes na saúde humana	14
Quadro 2. Estimativas de valores projetados de doses agudas absorvidas para 1 % de incidência de morbilidade e mortalidade envolvendo órgãos e tecidos humanos adultos após exposição a raios gama em todo o corpo	15
Quadro 3. Doenças profissionais associadas à exposição profissional a radiação ionizante	17
Quadro 4. Lista indicativa de trabalhos/atividades suscetíveis de ocasionar doença profissional dada a exposição profissional a radiação ionizante	20
Quadro 5. Limites de dose de radiação ionizante estabelecidos a nível nacional	21
Quadro 6. Classificação dos trabalhadores para monitorização e vigilância	24
Quadro 7. Número de trabalhadores monitorizados em Portugal, distribuídos por setores de atividade, no período 2008 a 2014.....	26
Quadro 8. Classificação das zonas de trabalho	28
Quadro 9. Principais requisitos para a classificação da zona de trabalho	29
Quadro 10. Tipo de dosímetros individuais com relevância no contexto de saúde ocupacional	31
Quadro 11. Exames complementares de saúde para os trabalhadores expostos a radiações ionizantes (categoria A e B)	45
Quadro 12. Exemplos de situações de saúde que na avaliação do médico do trabalho podem constituir contra-indicação (permanente/definitiva ou temporária) em trabalhadores expostos a radiações ionizantes	54
Quadro 13. Proteção da trabalhadora grávida e lactante.....	55
Quadro 14. Principais parâmetros da proteção radiológica	58
Quadro 15. Vantagens e limitações dos principais indicadores biológicos	61

1. PREÂMBULO

De acordo com o artigo 13º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro, os critérios de vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a radiação ionizante deverão ser estabelecidos e publicados em Portaria, tendo em consideração os princípios e a boa prática da medicina do trabalho.

Neste contexto, o “Programa Nacional de Saúde Ocupacional: 2º Ciclo – 2013/2017” (PNSOC), publicado na Norma 026/2013, de 30/12/2013, da Direção-Geral da Saúde (DGS), no objetivo específico “Vigilância da saúde & Qualidade da atividade prestada” estabelece a Ação 1.4 que preconiza a elaboração de referencial relativo à avaliação do risco profissional por exposição a radiação ionizante.

Dada a complexidade e especificidade do tema em apreço e a indispensável interdisciplinaridade na sua abordagem, o Diretor-Geral da Saúde aprovou a constituição de um Grupo de Trabalho Técnico-Científico composto por peritos representantes de várias entidades: para além de elementos da DGS, entidade que coordenou os trabalhos, participou neste Grupo de Trabalho a Autoridade para as Condições do Trabalho, a Escola Nacional de Saúde Pública, o Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (INSA), o Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica do Instituto Superior Técnico, a Ordem dos Médicos e a Sociedade Portuguesa de Medicina do Trabalho.

O presente Guia Técnico é resultado do trabalho conjunto realizado pelos elementos do citado Grupo, que tem por finalidade identificar as boas práticas de prevenção do risco profissional e de vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a radiações ionizantes (exposição ocupacional). Não é abrangida a exposição de utentes em resultado do seu diagnóstico ou tratamento (exposição médica) nem outros casos de exposição da população, designadamente situações de emergência (exposição do público).

2. ENQUADRAMENTO

As fontes de radiação são utilizadas em todo o mundo para uma grande variedade de fins benéficos no âmbito da indústria, medicina, investigação, agricultura e educação (1), sendo a sua utilidade indiscutível.

Não obstante os seus benefícios, reconhece-se que poderá existir “**detrimento para a saúde**” humana associado à exposição profissional a radiação ionizante (artigo 2º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro). Os potenciais danos na saúde do trabalhador poderão conduzir à redução da esperança e qualidade de vida em virtude de efeitos estocásticos e/ou efeitos determinísticos.

As preocupações relativas aos efeitos adversos para a saúde humana por exposição profissional à radiação ionizante levaram a que, em 1960, fossem estabelecidas pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) na “Convenção (N.º 115) sobre a Proteção dos Trabalhadores contra Radiações Ionizantes” medidas adequadas para assegurar uma proteção eficaz dos trabalhadores neste âmbito. Em 1974, esta mesma Organização através da “Convenção (N.º 139) sobre cancro profissional” veio estabelecer que o número de trabalhadores expostos às substâncias e agentes cancerígenos, como a radiação ionizante, e a duração e nível dessa exposição deverão ser reduzidos ao mínimo e, paralelamente, deverão ser assegurados os exames de saúde necessários durante a atividade de trabalho e depois desta cessar, de forma a possibilitar a avaliação da exposição e/ou do estado da saúde do trabalhador em relação ao(s) risco(s) profissional(ais) que poderão ocasionar o cancro profissional.

Neste sentido, de acordo com a Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações (introduzidas pela Lei n.º 42/2012, de 28 de agosto, pela Lei n.º 3/2014, de 28 de janeiro, pelo Decreto-Lei n.º 88/2015, de 28 de maio, e pela Lei n.º 146/2015, de 9 de setembro), as “*atividades que impliquem a exposição a radiações ionizantes*” são consideradas de “**risco elevado**” e “**suscetíveis de implicar riscos para o património genético**” dado que podem “*causar efeitos genéticos hereditários, efeitos prejudiciais não hereditários na progenitura ou atentar contra as funções e capacidades reprodutoras masculinas ou femininas*”. A mesma Lei determina ainda que cabe à entidade empregadora e, conseqüentemente, ao respetivo Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho/Serviço de Saúde Ocupacional (SST/SO), assegurar uma proteção eficaz dos trabalhadores expostos a fatores de risco profissional, como a radiação ionizante, de forma a reduzir até ao **nível mais baixo possível a exposição profissional** e assim garantir a saúde, segurança e bem-estar dos trabalhadores expostos.

De referir, que os trabalhadores expostos a radiações ionizantes no seu local de trabalho devem ser considerados uma **população de risco**, relativamente à qual é fundamental prestar especial atenção quanto à avaliação e gestão deste risco profissional, o que exige uma rigorosa vigilância da saúde com alguma especificidade. É por isso essencial que os trabalhadores realizem exames de saúde apropriados antes da exposição profissional a

radiação ionizante e posteriormente tenham um adequado e contínuo acompanhamento do seu estado de saúde.

3. RADIAÇÃO IONIZANTE

A **radiação ionizante** (*vide* ponto 1 da Nota 1) inclui a radiação eletromagnética (raios x e raios gama), assim como a radiação corpuscular de partículas subatômicas: prótons, neutrões, elétrons. Tanto a radiação eletromagnética como a corpuscular ao entrarem em contacto com a matéria têm a capacidade de, direta ou indiretamente, induzirem ionizações.

A **radiação eletromagnética** é composta por fótons (partículas sem massa e sem carga) que são diferenciados pela energia que transportam (e.g. os fótons dos raios x têm energia mais baixa que os fótons dos raios gama). Os raios x provêm do rearranjo dos elétrons do átomo, enquanto que a radiação gama provém das transformações ocorridas no núcleo.

Alguns átomos (como, por exemplo, os do urânio, do rádio e do tório), ao serem “instáveis” perdem constantemente partículas (e.g. alfa, beta e gama), transformando-se sucessivamente noutros elementos até alcançarem a estabilidade. Para atingir a estabilidade, um átomo pode libertar energia. Este fenómeno é designado de radioatividade (*vide* ponto 2 Nota 1) e resulta na emissão espontânea de radiação ionizante.

Os equipamentos que emitem radiação ionizante (e.g. equipamentos de diagnóstico ou tratamento de saúde – radiologia convencional e radiologia de intervenção, radioterapia ou braquiterapia; equipamentos de radiografia industrial) são considerados fontes de radiação. Algumas fontes de radiação envolvem substâncias radioativas (*vide* ponto 3 da Nota 1) como os

NOTA 1 - Definições:

1. **Radiação ionizante:** transferência de energia sob a forma de partículas ou de ondas eletromagnéticas com um comprimento de onda igual ou inferior a 100 nm ou uma frequência igual ou superior a 3×10^{15} Hz e capazes de produzir iões direta ou indiretamente (Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho e Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro).

Radiação	Comprimento de onda
Ionizante	≤ 100 nm
Não Ionizante	> 100 nm

2. **Radioatividade:** é a propriedade que alguns átomos têm de cindir os seus núcleos instáveis espontaneamente, transformando-se sucessivamente em átomos de outros elementos, com libertação de radiação ionizante, até chegarem a uma forma estável.
3. **Substância radioativa:** qualquer substância que contenha um ou mais radionuclídeos, cuja atividade ou concentração não possa ser menosprezada do ponto de vista de proteção contra radiações (Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho).
4. **Fonte radioativa:** é uma aglomeração de material radioativo. Estas podem ser seladas, se o material radioativo estiver contido ou encapsulado de forma a impedir a sua dispersão. As fontes radioativas dizem-se não-seladas, se estiverem sob uma forma que possa ser dispersada – por exemplo, um radiofármaco utilizado em medicina nuclear para injeção no doente.

radioisótopos e os radiofármacos, as quais são denominadas de fontes radioativas (*vide* ponto 4 da Nota 1).

Por sua vez, estas fontes radioativas podem ser “seladas” ou “não-seladas”. As fontes radioativas “seladas” têm características que impedem a dispersão do material radioativo, por oposição às fontes “não-seladas” que podem ser dispersas aquando da utilização/aplicação. Por exemplo, os radiofármacos utilizados em Medicina Nuclear são fontes “não-seladas”, encontrando-se estes, na maioria das vezes, na forma líquida para injeção em pacientes.

4. EFEITOS NA SAÚDE

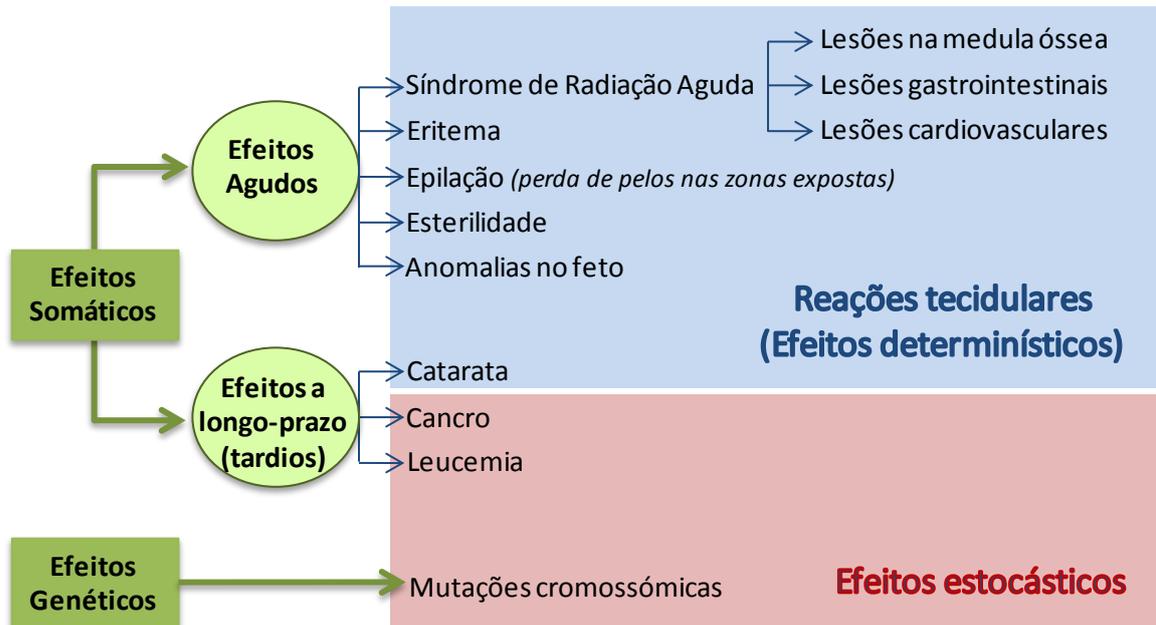
Quando expostas à radiação ionizante, as células podem sofrer danos biológicos devido à ação física e/ou química dessa radiação nos átomos que formam as células. Ao ocasionar a ionização e excitação dos átomos esta radiação afeta as moléculas podendo levar à rutura de ligações moleculares na cadeia de ADN (efeito direto) e à formação de radicais livres que vão reagir quimicamente (efeito indireto) podendo causar danos às células, aos tecidos e aos órgãos, assim como afetar o funcionamento do corpo inteiro.

No entanto, deve-se salientar que, na interação da radiação ionizante com a matéria, podem ocorrer diferentes resultados, designadamente:

- a. A radiação ionizante pode atravessar a matéria sem sofrer interação com a mesma e sem causar danos;
- b. A radiação ionizante pode danificar a célula, mas esta é reparada adequadamente pelo organismo;
- c. A radiação ionizante pode matar a célula ou impedir que esta se reproduza, mas sem provocar danos aos tecidos; contudo, quando o número de células afetadas pela radiação ionizante é suficientemente grande, o funcionamento do tecido/órgão irradiado poderá ficar comprometido (efeitos determinísticos);
- d. A radiação ionizante desencadeia uma modificação do material genético da célula irradiada (quebras simples, duplas e alterações de base) que poderá conduzir a aberrações, rearranjos ou mutações celulares (efeitos estocásticos).

Assim, os **efeitos** da radiação ionizante na saúde humana dividem-se em **efeitos determinísticos e efeitos estocásticos** (*vide* Figura 1). Os efeitos determinísticos são observáveis quando a dose é superior a um determinado limiar (2) e com um grau de severidade que lhe é proporcional.

Figura 1. Efeitos biológicos das radiações ionizantes



Fonte: Adaptado de Shimura T. *et al* (3)

Deve-se salientar, que o tipo de radiação influencia a capacidade de interação com a matéria, isto é as radiações alfa, beta, x e gama possuem um poder de penetração na matéria diferenciado, apresentando distintas capacidades e comportamentos ao atravessar tecidos vivos e, conseqüentemente, efeitos na saúde diferenciados. A radiação ionizante com elevado poder de penetração (como os raios x e gama e os neutrões), pode atravessar todo o tecido tendo poucas interações com a matéria, o que resulta numa baixa transferência de energia (dose absorvida – *vide* Quadro 5) para o tecido. Por outro lado, se a radiação tiver um pequeno grau de penetração, haverá um grande número de interações com o tecido numa curta distância, ocorrendo uma elevada transferência de energia nas camadas superficiais do tecido. Esta elevada transferência de energia representará uma maior dose absorvida e, conseqüentemente, maiores danos no tecido e na saúde.

A sistematização dos efeitos na saúde é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1. Caracterização das duas categorias de efeitos das radiações ionizantes na saúde humana

	Definição sumária	Limiar de dose	Gravidade	Exemplo de doenças
	Resultam da exposição à radiação ionizante que provoca danos celulares ou a morte celular e que prejudica a função do tecido ou órgão irradiado.	Existe limiar de dose a partir do qual podem surgir os efeitos determinísticos.	A gravidade depende da dose absorvida pelo órgão ou tecido.	Catarata, Anemia, Lesões cutâneas, Fibrose pulmonar, etc.
	Envolvem a modificação não-letal de uma célula em vez da sua morte. Esta modificação é convencionalmente considerada como sendo devida a uma mutação do ADN do núcleo da célula.	Não existe limiar de dose para os efeitos estocásticos. A probabilidade da ocorrência dos efeitos aumenta com a dose absorvida.	A gravidade é independente da dose absorvida pelo órgão ou tecido.	Cancro, Efeitos hereditários, etc.

4.1. Efeitos determinísticos

Os **efeitos determinísticos** ou efeitos tecidulares resultam da exposição à radiação ionizante (do corpo inteiro ou de sua parte) que, quando em dose suficiente, provoca danos celulares ou a morte celular, prejudicando a função (comprometimento funcional ou disfunção) do tecido ou órgão irradiado (1).

Considera-se que, para a ocorrência de qualquer efeito determinístico, um designado número ou proporção de células tem de ser afetado, pelo que haverá uma dose limiar abaixo do qual o número ou a proporção de células afetadas é insuficiente para ocasionar o dano ou a manifestação clínica, ou seja, para a ocorrência do efeito (2) (4).

Com o aumento da dose de radiação, menos células sobrevivem intactas e, portanto, os efeitos determinísticos aumentam, em gravidade e frequência, de forma linear com o aumento da dose (2) (5). Assim, doses de radiação mais altas terão efeitos mais graves na saúde, refletindo o número e/ou proporção de células danificadas/mortas (2). O momento do aparecimento de danos no tecido varia de algumas horas a vários meses após a exposição ("latência"), dependendo do tipo de efeito e das características do tecido particular (2).

Tal acontece porque a sensibilidade dos tecidos à radiação ionizante é variável (2) (6), sendo diretamente proporcional à atividade proliferativa celular e inversamente proporcional à maturidade celular. Assim, ovários, testículos, medula óssea, tecido linfático

e cristalino são alguns dos **tecidos mais radiosensíveis**. Neste sentido, consideram-se como **principais efeitos determinísticos**: indução da esterilidade temporária e permanente, nos testículos e nos ovários; redução da eficácia do processo formador de sangue, levando a uma diminuição do número de células do sangue; vermelhidão da pele, descamação e formação de bolhas, possivelmente levando a uma perda da superfície da pele; indução da opacidade do cristalino e deficiência visual (catarata); processos inflamatórios, que podem ocorrer em qualquer órgão (2) – vide Quadro 2.

Quadro 2. Estimativas de valores projetados de doses agudas absorvidas para 1 % de incidência de morbilidade e mortalidade envolvendo órgãos e tecidos humanos adultos após exposição a raios gama em todo o corpo

	Efeito	Órgão/tecido	Tempo de desenvolvimento do efeito	D - Dose absorvida (Gy)
Morbilidade	Esterilidade temporária	Testículos	3-9 semanas	~0,1
	Esterilidade permanente	Testículos	3 semanas	~6
	Esterilidade permanente	Ovários	< 1 semana	~3
	Diminuição do sangue no processo de formação	Medula óssea	3-7 dias	~0,5
	Fase principal de avermelhamento da pele	Pele (grandes áreas)	1-4 semanas	<3-6
	Queimaduras na pele	Pele (grandes áreas)	2-3 semanas	5-10
	Queda de cabelo temporária	Pele	2-3 semanas	~4
	Catarata (deficiência visual)	Olhos	Vários anos	~1,5
Mortalidade	Síndrome de medula óssea:			
	• sem assistência médica	Medula óssea	30-60 dias	~1
	• com bons cuidados médicos	Medula óssea	30-60 dias	2-3
	Síndrome gastrointestinal:			
	• sem assistência médica	Intestino delgado	6-9 dias	~6
• com cuidados médicos convencionais	Intestino delgado	6-9 dias	>6	
Pneumonite	Pulmões	1-7 meses	6	

Fonte: Shengli, N. *et al* 2010 (2)

O dano causado pela radiação varia ainda de acordo com a suscetibilidade individual e a capacidade de reparação celular: se pessoas de diferentes graus de suscetibilidade são expostas à radiação, o limite de dose de um dado tecido, para efeitos determinísticos de gravidade suficiente para ser observável será atingido em doses mais baixas nos indivíduos mais sensíveis; com o aumento da dose, mais pessoas vão sofrer o efeito observável, até uma dose acima do qual todo o grupo mostra o efeito (2).

Um dos efeitos determinísticos é a **“Síndrome de Radiação Aguda”** (ARS – *Acute Radiation Sickness*) resultante da exposição aguda de corpo inteiro a radiação ionizante externa muito penetrante ou a contaminação brutal, tanto externa como interna. Esta *Síndrome* representa a expressão clínica da lesão de órgãos importantes, em especial daqueles em que as células estão sujeitas a uma contínua e rápida renovação, como sejam o sistema

hematopoiético e o gastrointestinal. O intervalo de tempo que decorre entre a exposição e o início de sintomas pode dar indicações da dose absorvida e do dano provocado pela radiação. As alterações no sangue periférico, decorrentes de uma lesão no sistema hematopoiético, podem ocorrer muito rapidamente após um acidente. Por exemplo, uma descida na contagem de linfócitos para menos de 1000 células por mm^3 em 24 h é indicativo de uma lesão muito grave pela radiação. Quando a dose é suficientemente elevada, pode ocorrer a morte devido à grave depleção de células e à inflamação de um ou mais órgãos vitais do corpo (sistema hematopoiético, trato gastrointestinal e sistema nervoso central, em ordem decrescente de sensibilidade).

Salienta-se ainda que alguns efeitos podem também ocorrer (1) como resultado dos efeitos determinísticos sobre outros tecidos. Por exemplo, a inflamação e eventual fibrose dos vasos sanguíneos irradiados podem resultar em danos para os tecidos irrigados por esses vasos sanguíneos.

4.2. Efeitos estocásticos

Os efeitos estocásticos envolvem a modificação não-letal do material genético de células somáticas ou germinativas do indivíduo exposto. Caracterizam-se por uma relação probabilística, ou seja, a probabilidade para que ocorra o efeito (mas não a sua gravidade) depende da dose de radiação ionizante (vide Nota 2). Essa modificação é convencionalmente considerada como sendo devida a mutações no ADN do núcleo da célula quando esta não é adequadamente reparada, o que pode conduzir a cancro no indivíduo exposto se ocorrer numa célula somática. Se a célula afetada é uma célula germinativa, as anomalias genéticas hereditárias nos descendentes do indivíduo exposto são um outro resultado possível, embora extremamente raro (2).

Assim, o **cancro e as anomalias genéticas hereditárias são dois efeitos estocásticos** que ocorrem a longo-prazo e que são normalmente considerados **fenómenos sem limiar de dose**: na

ausência de dados mais detalhados a baixas doses, assume-se que qualquer dose incremental de radiação, não importa quão pequena seja, pode, teoricamente, produzir um aumento na probabilidade de um efeito estocástico (1). Para baixas doses, alguns outros mecanismos são ainda hoje objeto de investigação. Desta forma, a probabilidade de

NOTA 2:

A International Commission on Radiological Protection (ICRP) (27) estima que para baixas doses (<100 mSv) é cientificamente razoável supor que o aumento de cancro é diretamente proporcional ao aumento de dose (aproximação linear). A doses muito baixas os estudos epidemiológicos não encontraram aumento de risco, o que não implica que não possa ocorrer cancro uma vez que não se consegue estabelecer um limiar de dose. A ICRP propõe um coeficiente de risco igual a 0,055/Sv para toda a população e de 0,041/Sv para os adultos. O risco de efeitos hereditários até à segunda geração estima-se ser de 0,002/Sv para a população geral e de 0,001/Sv na população adulta. De uma maneira geral, o risco para ocorrência deste tipo de efeitos é da ordem de $10^{-2}/\text{Sv}$, ou seja, de 10^{-5} por mSv.

indução de cancro num trabalhador exposto a radiação ionizante aumenta com o aumento da dose de radiação.

Em doses suficientemente elevadas (cerca de 2500 mSv), essa probabilidade diminui, devido aos efeitos de morte das células concorrentes (1).

No entanto, a **severidade do efeito estocástico induzido por radiação não depende da dose**, isto é, o evento de saúde estocástico depende unicamente da probabilidade da modificação pertinente de uma célula e da sua progressão para cancro (1).

4.3. Doenças profissionais

De acordo com a Lista das Doenças Profissionais (Decreto Regulamentar n.º 6/2001, de 5 de maio, alterado pelo Decreto-Regulamentar n.º 76/2007, de 17 de julho), as principais doenças que se encontram associadas à exposição profissional a radiações ionizantes são as indicadas no Quadro 3.

Quadro 3. Doenças profissionais associadas à exposição profissional a radiação ionizante

Doenças profissionais associadas à exposição profissional a radiação ionizante	Prazos indicativos de caracterização
Anemia, leucopenia, trombopenia ou diátese hemorrágica consecutivas a irradiação aguda	1 ano
Riodermites agudas e radioepiteleítes agudas das mucosas	2 meses
Riodermites crónicas	10 anos
Radiolesões crónicas das mucosas	5 anos
Blefarite ou conjuntivite	1 ano
Queratite	10 anos
Catarata	10 anos
Radionecrose óssea	5 anos
Tumores malignos da pele	30 anos
Estados leucemóides	10 anos
Leucemia	18 anos
Sarcoma ósseo	30 anos
Carcinoma bronco-pulmonar por inalação	30 anos

Fonte: Lista das Doenças Profissionais - Decreto Regulamentar n.º 76/2007, de 17 de julho

Dado que a radiação ionizante pode ser um precursor de cancro num indivíduo exposto profissionalmente, e tendo em conta que os casos de cancro induzidos por radiação, à data, não podem ser identificados relativamente a outros cancros através de meios médicos ou biológicos (1), os trabalhadores que estiveram expostos à radiação ionizante em alguma fase da sua vida profissional e que, posteriormente, desenvolveram **cancro** devem ser objeto de uma cuidadosa avaliação de risco profissional que identifique o nexo de causalidade, podendo determinar, a qualquer momento, a **participação de doença**

profissional (vide Informação Técnica 9/2014 da DGS “Diagnóstico, conhecimento, prevenção e reparação da doença profissional”). Fatores como o período de latência, o tempo desde a exposição e/ou a idade atingida no momento do diagnóstico, a idade durante a exposição e a influência de outras exposições ambientais, comportamentais ou sociais (como o tabagismo, no caso de cancro do pulmão) (1), devem ser levados em consideração no estabelecimento do nexo de causalidade.

É desta forma indispensável que nos registos clínicos dos trabalhadores expostos conste, designadamente, a história de vida de exposição à radiação ionizante, a relação dose-resposta, o tipo de exposição (aguda ou prolongada) e o tipo de cancro, sempre que este ocorra. De realçar que após o trabalhador ter terminado a exposição a radiação ionizante, os registos relativos a esta exposição profissional devem ser conservados durante, pelo menos, 40 anos – artigo 46.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações.

5. EXPOSIÇÃO PROFISSIONAL A RADIAÇÃO IONIZANTE

5.1. Conceito de “trabalhador exposto”

A exposição profissional pode ocorrer em diversas situações de trabalho e normalmente, mesmo quando o trabalho é realizado de forma segura, os trabalhadores envolvidos recebem, inevitavelmente, exposições regulares de pequenas doses de radiação (7), sendo por isso designados de “trabalhadores expostos” no quadro legal da proteção radiológica.

A legislação nacional define como **trabalhadores expostos** a radiação ionizante:

“As pessoas submetidas durante o trabalho, por conta própria ou de outrem, a uma exposição” decorrente de atividades laborais “susceptível de produzir doses superiores a qualquer dos níveis iguais aos limites de dose fixados para os membros do público” – artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho.

De salientar, que deverão ser também considerados **trabalhadores expostos**, aqueles:

- Que realizam trabalhos que impliquem uma *“exposição a fontes de radiação natural da qual possa resultar uma dose efetiva anual superior a 1 mSv para os trabalhadores”* - artigo 15º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro (e.g. em estabelecimentos termais, grutas, minas, locais de trabalho subterrâneos ou outros cujas condições ambientais tenham relevância para a dose efetiva anual, de acordo com o artigo 15º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro; ou ainda

as tripulações aéreas, de acordo com o artigo 16º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro);

- Para os quais for estimado que podem superar os *“limites de dose para os membros do público”* - artigo 16º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro.

Alerta-se ainda que os trabalhadores expostos podem ser ainda eventuais **trabalhadores “externos”**, ou seja trabalhadores subcontratados que vão prestar serviços específicos em zonas controladas de instalações radiológicas. Para estes trabalhadores, a Diretiva 90/641/EURATOM, transposta na legislação nacional pelo Decreto-Regulamentar n.º 29/1997, de 29 de julho, determina que devem ser monitorizados como trabalhadores expostos. As doses recebidas por estes trabalhadores devem ser inseridas na sua caderneta radiológica (*radiation passport*).

5.2. Principais atividades com exposição profissional

As **práticas ou atividades de trabalho** suscetíveis de envolverem risco de exposição profissional a radiações ionizantes ou de contaminação radioativa são provenientes de uma **fonte de radiação artificial** ou de uma **fonte de radiação natural**, designadamente as relacionadas com:

- a. *“Produção, tratamento, manipulação, utilização, detenção, armazenamento, transporte, importação, exportação e eliminação de substâncias radioativas”* – artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho;
- b. *“Utilização de qualquer tipo de equipamento elétrico que emita radiações ionizantes e componentes que funcionem com uma diferença de potencial superior a 5 kV”* – artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho.

Incluem-se ainda as atividades de trabalho (artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho):

- Que impliquem a *“presença de **fontes naturais** de radiação e conduzam a um aumento notável da exposição dos trabalhadores a um nível que não possa ser ignorado do ponto de vista de proteção contra radiações”* (e.g. tripulações de voo);
- *“Qualquer intervenção em caso de situação de emergência radiológica ou de exposição prolongada na sequência de uma situação **de emergência radiológica ou de exercício de uma prática ou atividade laboral anterior ou antiga**”*.

No sentido de elucidar quanto aos **trabalhos suscetíveis de provocar doença profissional por exposição a radiação ionizante** a Lista das Doenças Profissionais (Decreto-Regulamentar n.º 76/2007, de 17 de julho) indica, a título exemplificativo, algumas atividades/trabalhos mais comuns neste contexto – vide Quadro 4.

Quadro 4. Lista indicativa de trabalhos/atividades suscetíveis de ocasionar doença profissional dada a exposição profissional a radiação ionizante

Trabalhos/atividades	<ul style="list-style-type: none"> • Extração e tratamento de minerais radioativos; • Produção e emprego de substâncias radioativas; • Fabrico de aparelhos produtores de radiações ionizantes e seu emprego; • Fabrico e aplicação de produtos luminescentes por meio de substâncias radioativas; • Trabalhos com isótopos radioativos, aparelhos geradores de radiações ou outras fontes radioativas; • Trabalhos realizados na proximidade de substâncias radioativas ou fontes emissoras de radiações ionizantes.
-----------------------------	---

Fonte: Lista das Doenças Profissionais - Decreto Regulamentar n.º 76/2007, de 17 de julho

5.3. Limites de dose

A nível nacional, encontram-se legalmente estabelecidos, pelo Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro, **limites de dose para quatro grandes grupos:**



- a) **Trabalhadores expostos** a radiações ionizantes;
- b) **Trabalhadoras grávidas ou lactantes expostas** a radiações ionizantes, considerando-se que é necessário prestar proteção especial durante a gravidez e a amamentação;
- c) **Aprendizes e estudantes** com idade igual ou superior a 16 anos e menor do que 18 anos que, no âmbito dos seus estudos, sejam obrigados a utilizar fontes de radiação ionizante (e.g. no âmbito de estágios curriculares ou profissionais);
- d) **Membros do público.**

No atual quadro de proteção contra as radiações ionizantes, os valores limite de dose visam prevenir a ocorrência de efeitos determinísticos nos trabalhadores expostos, assim como minimizar a probabilidade de ocorrência dos efeitos estocásticos (1), considerando-se, desta forma, que o **risco profissional é aceitável.**

O Quadro 5 indica, de forma sumária, os limites de dose de radiação ionizante que se encontram definidos para cada grupo referido anteriormente.

Quadro 5. Limites de dose de radiação ionizante estabelecidos a nível nacional

Trabalhadores expostos - artigo 4.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17/11			
Limites de Dose	Valor limite	Período	Condição
Limite de Dose efetiva	100 mSv	Valor para 5 anos consecutivos	<ul style="list-style-type: none"> Durante o quinquénio o valor não deve ultrapassar uma dose efetiva de 50 mSv em cada ano.
	20 mSv	Valor anual	
Limite de Dose equivalente do cristalino	150 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.
Limite de Dose equivalente para a pele	500 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> Aplica-se à dose média numa superfície de 1 cm², independentemente da área exposta. Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.
Limite de Dose equivalente para as extremidades	500 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.

Aprendizes e estudantes que utilizam fontes de radiação - artigo 6.º e 9.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17/11			
Limites de Dose	Valor limite	Período	Condição
Limite de Dose efetiva	100 mSv	Valor para 5 anos consecutivos	<ul style="list-style-type: none"> Com idade igual ou superior a 18 anos - durante o quinquénio o valor não deve ultrapassar uma dose efetiva de 50 mSv em cada ano.
	20 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> Com idade igual ou superior a 18 anos
	6 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> Com idade entre os 16 e os 18 anos
Limite de Dose equivalente do cristalino	50 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.
Limite de Dose equivalente para a pele	150 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> Aplica-se à dose média numa superfície de 1 cm², independentemente da área exposta. Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.
Limite de Dose equivalente para as extremidades	150 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.

Trabalhadoras grávidas e lactantes (proteção durante a gravidez¹ e amamentação) e membros do público - artigos 5.º e 7.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17/11			
Limites de Dose	Valor limite ²	Período	Condição
Limite de Dose efetiva	1 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> O limite pode ser excedido num determinado ano, desde que a dose média ao longo de 5 anos consecutivos não exceda 1 mSv por ano.
Limite de Dose equivalente do cristalino	15 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.
Limite de Dose equivalente para a pele	50 mSv	Valor anual	<ul style="list-style-type: none"> Aplica-se à dose média numa superfície de 1 cm², independentemente da área exposta. Deve simultaneamente respeitar o limite de dose efetiva.

¹ A dose equivalente recebida pelo feto não deverá exceder 1mSv durante o período da gravidez; a exposição da trabalhadora grávida não deverá ultrapassar os limites de dose estabelecidos para os membros do público.

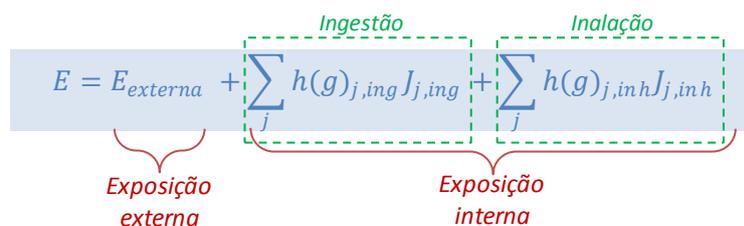
² Os resultados das avaliações das tripulações de voo devem estar abaixo dos limites anuais para os membros do público - artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17/11.

No que respeita às **trabalhadoras lactantes**, determina-se que estas não podem desempenhar funções com risco significativo de contaminação radioativa do organismo (ponto 3, artigo 7º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17/11).

No âmbito dos limites de dose de radiação (Quadro 5) considera-se que:

- **Dose absorvida "D"** é a energia absorvida por unidade de massa: $D=dE/dm$, sendo " dE " a energia média cedida pelas radiações ionizantes à matéria num elemento de volume e " dm " a massa da matéria contida nesse elemento de volume. A dose absorvida designa a dose média num tecido ou órgão e a sua unidade é o gray (Gy).
- **Dose equivalente " H_T "** (expressa em sievert - Sv), é a dose absorvida no tecido ou órgão T , ponderada em função do tipo e qualidade de radiação R , e é definida por: $H_{T,R} = w_R D_{T,R}$ onde $D_{T,R}$ é a dose absorvida média no tecido ou órgão T , em resultado da radiação R , e w_R é o fator de ponderação para o tipo de radiação.
- **Dose efetiva "E"** (expressa em Sv) pondera os efeitos dos diferentes tipos de radiação (w_R) e as diferentes radiosensibilidades dos órgãos irradiados (w_T - fator de ponderação tecidual). Considera-se que é a soma da dose efetiva relevante a partir da exposição a radiação externa ($E_{externa}$) e da exposição a radiação interna que é dada pelas doses efetivas comprometidas por ingestão e por inalação. Na expressão abaixo indicada, $h(g)_{j,ing}$ representa a dose efetiva comprometida por unidade de incorporação devida à ingestão, para o radionuclídeo j (expressa em Sv/Bq) e $h(g)_{j,inh}$ representa a dose efetiva comprometida por unidade de incorporação devida à inalação para o radionuclídeo j (expressa em Sv/Bq). Estas componentes de ingestão e inalação são para trabalhadores pertencentes ao grupo etário "g", estando quantificadas no Anexo II do Decreto-Lei nº 222/2008. Por $J_{j,ing}$ e $J_{j,inh}$ são representadas as atividades totais incorporadas por ingestão e por inalação, respetivamente, ambas expressas em Bq.

A fórmula de cálculo é a seguinte:

$$E = E_{externa} + \sum_j h(g)_{j,ing} J_{j,ing} + \sum_j h(g)_{j,inh} J_{j,inh}$$


As grandezas **dose efetiva** e **dose equivalente** são designadas "*grandezas de proteção*" (isto é, têm em conta os efeitos na saúde), sendo os limites de dose estabelecidos em termos destas grandezas. No entanto, estas grandezas têm apenas existência teórica, sendo estimadas pelas grandezas operacionais (os equivalentes de dose individual, ambiente e direcional, bem como a atividade incorporada). São estas grandezas operacionais que são passíveis de medição direta através, por exemplo, de dosímetros individuais.

Os limites de dose estabelecidos no Decreto-Lei nº 222/2008 decorrem da transposição para ordenamento jurídico interno do previsto na Diretiva nº 96/29/EURATOM. Estes

limites foram estabelecidos abaixo do limiar de exposição que resulta na ocorrência de efeitos determinísticos no ser humano e de efeitos estocásticos a um nível considerado como aceitável. Neste sentido, **estes limites de dose não devem ser considerados como uma fronteira absoluta entre o “seguro” e o “perigoso”, mas sim como uma forma de garantir que nenhum indivíduo recebe uma exposição considerada inaceitável em termos de efeitos negativos para a sua saúde.**

Seguindo a mesma orientação, a recém-publicada Diretiva 2013/59/EURATOM do Conselho, de 5 de dezembro, mantém essencialmente os limites de dose para os trabalhadores expostos acima referidos, exceto no caso do limite de dose anual para o cristalino em que se estabelece o valor de 20 mSv por ano, mais restritivo do que o valor de 150 mSv atualmente em vigor. Relativamente ao limite de dose efetiva, o valor estabelecido favorece, para efeitos operacionais/práticos, a utilização de um limite anual de 20 mSv, embora permitindo que num dado ano esse valor possa ser estendido a 50 mSv, desde que o valor médio num período de 5 anos não exceda 20 mSv por ano.

A revisão do **limite de dose para o cristalino** é fundamentada em estudos epidemiológicos sobre o aparecimento de cataratas, designadamente estudos sobre os trabalhadores que intervieram no acidente de Chernobyl (8), bem como outros mais recentes sobre as doses ocupacionais recebidas em procedimentos de radiologia de intervenção (9) (10). Em 2011 a ICRP (11) recomendou uma redução do limite de dose anual para o cristalino para 20 mSv. Foi este o valor adotado pela Comissão Europeia, tendo também sido adotado pela Agência Internacional de Energia Atômica nas suas Normas de Segurança de Base (12).

5.4. Classificação dos trabalhadores expostos

Os trabalhadores expostos às radiações ionizantes são classificados em duas categorias - artigo 9º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro - **categorias A e B**. Para cada categoria estão estabelecidas obrigações distintas, designadamente ao nível da *“monitorização individual”* do trabalhador - artigo 10º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro - por dosimetria individual, com uma periodicidade específica (vide Quadro 6).

Quadro 6. Classificação dos trabalhadores para monitorização e vigilância

Categoria do trabalhador	Trabalhadores abrangidos	Monitorização individual	Exceções/Observações <i>(aplicáveis às categorias A e B)</i>
A	<ul style="list-style-type: none"> Trabalhadores expostos que são suscetíveis de receber uma dose efetiva superior a 6 mSv por ano, ou uma dose equivalente superior a três décimas de um dos limites anuais para o cristalino, para a pele ou para as extremidades; Aprendizes e estudantes com idade igual ou superior a 18 anos. 	<ul style="list-style-type: none"> <u>Dosimetria individual</u> com periodicidade <u>mensal</u>, que deve ser assegurada por entidades que cumpram com o descrito no Decreto-Lei n.º 167/2002 modificado pelo Decreto-Lei n.º 184/2015. 	<ul style="list-style-type: none"> Caso seja apropriado, a monitorização por dosimetria individual pode ser substituída pela monitorização prevista na alínea a) do n.º 5 do artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro (“monitorização local aplicada à zona vigiada (...) <i>devidamente adaptada tendo em conta a natureza e importância dos riscos radiológicos associados</i>) mas deve demonstrar a correta classificação dos trabalhadores - artigo 10º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro. No caso de ser impossível e inoportuno proceder à monitorização por dosimetria individual, podem ser utilizadas estimativas calculadas com base nos resultados de outros trabalhadores ou nos resultados da monitorização do local de trabalho - artigo 10º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro.
B	<ul style="list-style-type: none"> Todos os restantes trabalhadores expostos não classificados como sendo de categoria A. Aprendizes e estudantes com idade entre os 16 e os 18 anos. 	<ul style="list-style-type: none"> <u>Dosimetria individual</u> com periodicidade <u>trimestral</u>, que deve ser assegurada por entidades que cumpram com o descrito no Decreto-Lei n.º 167/2002. 	

Fonte: Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro → artigos 9.º e 10.º

Estima-se que em todo o mundo existam cerca de **6,5 milhões de trabalhadores** (1) monitorizados no âmbito da exposição ocupacional à radiação ionizante, dos quais 800 mil (2) são trabalhadores do ciclo do combustível nuclear.

Na Europa o número de trabalhadores monitorizados ascende a cerca de 1 milhão de trabalhadores (13).

Em Portugal, de acordo com dados do **Registo Central de Doses (RCD** – vide Nota 3) relativos ao período compreendido entre 2008 e 2014, o número de trabalhadores monitorizados tem vindo a aumentar, **existindo atualmente cerca de 25.000 trabalhadores.**

As fontes de radiação são utilizadas/manipuladas por estes trabalhadores em diversos contextos profissionais que abrangem, nomeadamente, a área da saúde, diversas aplicações industriais e a investigação. Para efeitos de estudos de doses ocupacionais os trabalhadores são organizados por quatro áreas/setor de atividade, a saber: Indústria, Investigação, Medicina e Minas. Em termos relativos, cerca de 10 % a 14 % dos trabalhadores pertencem ao setor industrial, cerca de 3 % à área da investigação, 80 % a 86 % ao setor da saúde, e menos de 1 % ao setor das minas (vide Quadro 7).

As áreas de atividade podem, por sua vez, ser subdivididas em áreas mais específicas, permitindo uma caracterização do tipo de trabalho desenvolvido em cada uma delas. Na Figura 2 apresenta-se esquematicamente os vários grupos considerados, tendo em conta a forma de organização proposta pela ESOREX, que serviu de base aos relatórios do RCD relativos aos anos 2000 a 2008.

NOTA 3

Registo Central de Doses (RCD): é o repositório nacional das doses ocupacionais de trabalhadores expostos.

O Instituto Superior Técnico (IST), enquanto sucessor do Instituto Tecnológico Nuclear, I.P. (ITN) (Decreto-Lei nº 29/2012 de 9 de fevereiro), tem sido a entidade nacional responsável por criar e manter atualizado o RCD, com o objetivo de controlar as doses acumuladas e realizar avaliações estatísticas dos dados (26). Assim, ao RCD são comunicadas as doses avaliadas e reportadas pelas empresas de dosimetria relativas às instalações por elas controladas, não se pronunciando sobre a metodologia de avaliação de doses ocupacionais nem sobre a qualidade das avaliações realizadas pelos prestadores de serviço de dosimetria.

A nova Diretiva 2013/59/EURATOM recomenda que o RCD de cada Estado Membro mantenha as doses devidas a exposição ocupacional recebidas pelos seus trabalhadores, durante um intervalo de tempo superior à vida ativa do trabalhador e à vida-média da instalação empregadora.

O RCD nacional fornece dados sobre a exposição ocupacional em Portugal para organizações internacionais como a ESOREX – *European Study on Occupational Exposure*, a UNSCEAR – *United Nations Scientific Effects on Atomic Radiation*, ou a AIEA – *Agência Internacional de Energia Atómica*. A informação disponibilizada consiste na análise estatística das doses ocupacionais, dos trabalhadores monitorizados, das respetivas instalações, organizados por setores de atividade, etc., de acordo com requisitos específicos. Os resultados são sempre apresentados anonimamente.

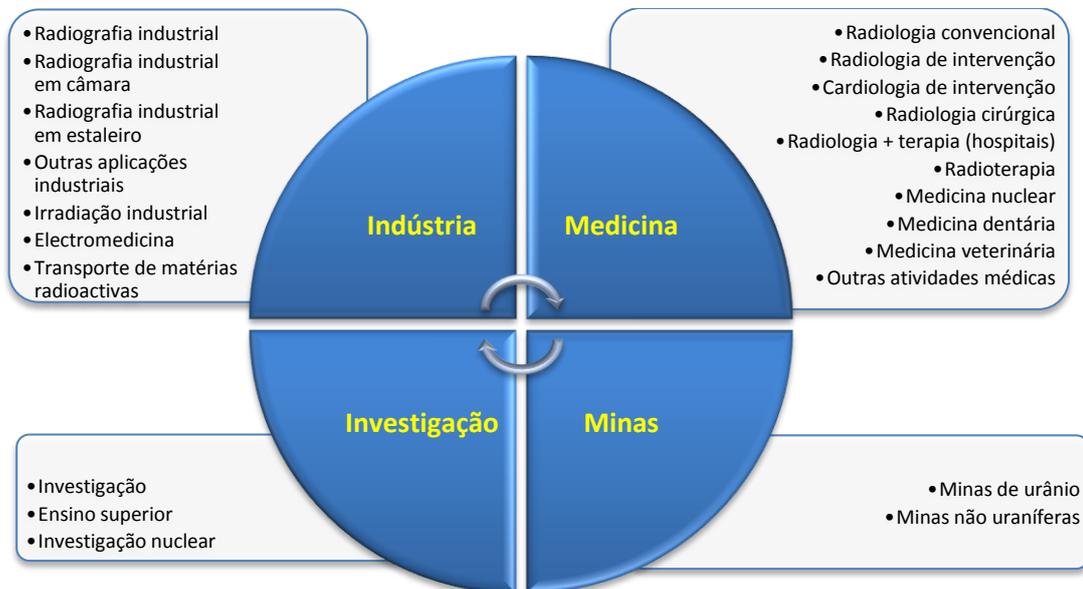
Quadro 7. Número de trabalhadores monitorizados em Portugal, distribuídos por setores de atividade, no período 2008 a 2014

Ano	Nº total de trabalhadores	Setores			
		Indústria	Investigação	Medicina	Minas
2008	14.278	1.926	490	11.827	35
2009	15.671	2.108	514	13.007	42
2010	18.266	2.296	605	15.325	40
2011	21.111	2.469	620	17.981	41
2012	22.466	2.598	685	19.144	39
2013	23.750	2.600	711	20.400	45
2014	25.450*	2.800	713	21.900	40

* Estimativa

Fonte: Registo Central de Doses (RCD)

Figura 2. Principais setores de atividade nacionais com trabalhadores monitorizados no âmbito da exposição ocupacional a radiação ionizante por tipo de instalação



Fonte: Adaptado do Registo Central de Doses (RCD)

6. AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO FATOR DE RISCO “RADIAÇÃO IONIZANTE”

6.1. Avaliação dos locais de trabalho/Avaliação ocupacional

A proteção da saúde dos profissionais contra os perigos resultantes de exposições radiológicas deve contemplar uma avaliação qualitativa e quantitativa da radiação ionizante no posto de trabalho, a qual também pode ser designada por **avaliação ocupacional**. Esta avaliação compreende uma monitorização dos níveis de radiação primária, secundária (ou dispersa) e radiação de fuga existentes num determinado local de trabalho (e.g. interior da sala onde se localiza a fonte de radiação), com recurso a métodos de cálculo e/ou equipamentos de medição específicos. A avaliação permite ainda validar a adequação das barreiras de proteção existentes, assim como identificar quais os equipamentos de proteção coletiva e individual que os profissionais devem utilizar, de maneira a assegurar a proteção da sua saúde. Esta avaliação deve fazer parte do processo de otimização da prática desenvolvida.

Os resultados obtidos nestas avaliações servem de fundamentação para a classificação das zonas de trabalho e, conseqüentemente, como ponto de partida para classificação do profissional em categoria A e B (*vide* Quadro 5) e para a definição do tipo de monitorização dosimétrica. Note-se, no entanto, que a classificação dos profissionais tem de ter em conta a sua exposição potencial (*vide* Nota 4). A exposição potencial é, assim, uma aproximação do “pior cenário possível”, para o qual deve estar dimensionada uma instalação radiológica e as medidas de proteção a ela associadas. A avaliação desta exposição potencial implica:

NOTA 4:

Exposição potencial é aquela cuja ocorrência não pode ser prevista com certeza mas que pode resultar de um acidente ou ocorrer em consequência de um evento inesperado ou de uma série de eventos de natureza probabilística, envolvendo uma fonte de radiação.

- Identificar cenários de acidente ou outras situações possíveis e estimar as doses efetivas resultantes;
- Avaliar a eficácia das medidas de proteção existentes (equipamentos de proteção coletiva, equipamentos de proteção individual (EPI), blindagens, procedimentos).

Com base nos resultados da avaliação da exposição potencial e nos respetivos valores de dose efetiva a que os trabalhadores podem estar sujeitos é possível estabelecer a sua classificação.

De salientar, que a referida avaliação só se encontra completa quando permite identificar, otimizar e corrigir os procedimentos de proteção radiológica que são adotados pelos trabalhadores expostos.

6.2. Classificação das Zonas de Trabalho

É fundamental assegurar a adequada monitorização dos níveis de radiação ionizante dos locais de trabalho/postos de trabalho, de forma a prevenir a exposição profissional dos trabalhadores a níveis superiores aos limites de dose de radiação estabelecidos (*vide* Quadro 5).

Neste sentido, todas as áreas de trabalho em que a avaliação da exposição potencial revelar a possibilidade de os trabalhadores receberem uma dose efetiva superior a 1 mSv por ano, ou uma dose equivalente superior a uma décima dos limites de dose para o cristalino, para a pele e para as extremidades (*vide* limites de dose estabelecidos no Quadro 8), devem ser especificamente classificadas em **“zona controlada”** ou **“zona vigiada”** (artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro). Considera-se, ainda, que a **“zona de livre acesso”** é aquela que está isenta de regras especiais de segurança, dado que é muito improvável que um trabalhador receba uma dose efetiva e/ou doses equivalentes da mesma ordem das referidas anteriormente.

Quadro 8. Classificação das zonas de trabalho

Classificação de Zona	Caracterização	
Zona Controlada	Área em que, por virtude das condições de trabalho existentes, seja possível que a exposição a que os trabalhadores estão sujeitos durante um ano possa ultrapassar 3/10 de um dos seguintes limites de dose fixados:	
	<ul style="list-style-type: none"> Limite de dose efetiva/ano: 20 mSv Limite de dose equivalente do cristalino/ano: 150 mSv Limite de dose equivalente para a pele/ano: 500 mSv Limite de dose equivalente para as extremidades/ano: 500 mSv 	[3/10]
Zona Vigiada	Área em que, por virtude das condições de trabalho existentes, seja provável que a exposição a que os trabalhadores estão sujeitos durante um ano possa ultrapassar 1/10 dos seguintes limites de dose fixados mas não ultrapasse as 3/10 dos limites de dose:	
	<ul style="list-style-type: none"> Limite de dose efetiva/ano: 20 mSv Limite de dose equivalente do cristalino/ano: 150 mSv Limite de dose equivalente para a pele/ano: 500 mSv Limite de dose equivalente para as extremidades/ano: 500 mSv 	[1/10 ; 3/10]

Fonte: Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro → artigo 12.º

Os principais requisitos da **“zona controlada”** e da **“zona vigiada”** encontram-se sumariamente resumidos no Quadro 9.

Quadro 9. Principais requisitos para a classificação da zona de trabalho

Classificação de Zona	Requisitos que deverão ser assegurados no local de trabalho
Zona Controlada	<p>a. Classificar a área como de “<i>acesso reservado</i>”, devendo estas estar devidamente delimitadas e ter controlo de acesso;</p> <p>b. Elaborar “<i>regulamento interno</i>” relativo ao controlo de acesso;</p> <p>c. Adotar “<i>medidas de monitorização radiológica</i>” de controlo à entrada e saída de pessoas e de mercadorias, nas situações em que haja risco significativo de dispersão de contaminação radioativa;</p> <p>d. Efetuar a “<i>monitorização dos débitos de dose externos</i>”, com indicação da natureza e da qualidade das radiações em causa, sempre que necessário, tendo em conta a importância dos riscos radiológicos associados;</p> <p>e. Efetuar a “<i>medição da concentração da atividade atmosférica e da densidade superficial das substâncias radioativas contaminantes</i>”, com indicação da sua natureza e respetivos estados físico e químico, sempre que necessário e que a prática envolva a manipulação de fontes radioativas não-seladas;</p> <p>f. Registrar os resultados de todas as monitorizações de dose recebida pelos trabalhadores;</p> <p>g. Utilizar os resultados de todas as monitorizações para “<i>estimativa da dose efetiva recebida pelos trabalhadores</i>”;</p> <p>h. Comunicar, <u>trimestralmente</u>, ao “<i>registo central de doses</i>” os resultados de todas as monitorizações de dose recebida pelos trabalhadores¹;</p> <p>i. Existir “<i>sinalização indicativa</i>” do tipo de área, da natureza das fontes de radiação presentes, e dos riscos que lhes são inerentes.</p> <p>j. Existirem “<i>instruções de trabalho</i>” escritas, adaptadas ao risco radiológico associado às fontes e às práticas desenvolvidas;</p> <p>k. Obrigatoriedade de os trabalhadores utilizarem os “<i>dosímetros individuais</i>” (dispositivos de monitorização da radiação).</p>
Zona Vigia	<p>a. Efetuar a “<i>monitorização dos débitos de dose externos</i>”, com indicação da natureza e da qualidade das radiações em causa, sempre que necessário, tendo em conta a importância dos riscos radiológicos associados;</p> <p>b. Efetuar a “<i>medição da concentração da atividade atmosférica e da densidade superficial das substâncias radioativas contaminantes</i>”, com indicação da sua natureza e respetivos estados físico e químico, sempre que necessário e que a prática envolva a manipulação de fontes radioativas não-seladas;</p> <p>c. Registrar os resultados de todas as monitorizações de dose recebida pelos trabalhadores;</p> <p>d. Utilizar os resultados de todas as monitorizações para “<i>estimativa da dose efetiva recebida pelos trabalhadores</i>”;</p> <p>e. Comunicar, <u>trimestralmente</u>, ao “<i>registo central de doses</i>” os resultados de todas as monitorizações de dose recebida pelos trabalhadores¹;</p> <p>f. Existir “<i>sinalização indicativa</i>” do tipo de área, da natureza das fontes de radiação presentes, e dos riscos que lhes são inerentes, sempre que seja considerado necessário.</p>

Legenda: ¹ A comunicação trimestral ao RCD é realizada pelo titular da instalação na dosimetria de área e pela entidade prestadora de serviços de dosimetria (no âmbito da proteção contra radiações ionizantes) autorizada pela DGS no que se refere à dosimetria individual.

7. DOSIMETRIA

A dosimetria possibilita, através de medições e/ou de cálculos, estimar a dose de radiação ionizante num ponto, ou recebida pelo trabalhador, devido à utilização de fontes radioativas e/ou de aparelhos produtores de radiação.

7.1. Dosimetria individual e de área

De acordo com os artigos 9.º e 10.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro, todos os profissionais considerados como **trabalhadores expostos a radiação ionizante devem ser alvo de controlo dosimétrico com uma frequência definida em função da sua classificação em categoria A ou categoria B** (mensal e trimestral respetivamente – vide Quadro 6).

De salientar, que o dosímetro não protege da radiação ionizante nem impede a ocorrência de efeitos na saúde humana. Este dispositivo apenas regista a exposição à radiação no ponto onde é colocado.

No contexto ocupacional são de particular relevância a:

- **Dosimetria individual para monitorização da exposição a radiação externa:** avaliação/estimativa da dose de radiação externa recebida pelos trabalhadores expostos a radiações ionizantes.
- **Dosimetria individual para monitorização da exposição a radiação interna:** avaliação/estimativa da dose devido à incorporação de radionuclídeos, podendo ser estimada por métodos diretos como por exemplo, medição de corpo inteiro, e/ou monitorização da tiroide, e por métodos indiretos, por exemplo, com recurso a métodos analíticos/biológicos para a determinação de radionuclídeos na urina, fezes e/ou saliva.
- **Dosimetria de área:** avaliação/estimativa da dose de radiação no local de trabalho (incluindo no exterior), no âmbito de programas de monitorização ambiental.

A utilização de dosímetros individuais é a melhor forma de estimar a dose devido à **irradiação externa**. Os dosímetros individuais podem ser de corpo inteiro, de extremidade ou do cristalino – vide respetivamente ponto A, B e D do Quadro 10. Considera-se que:

- Com o **dosímetro individual de corpo inteiro** procede-se à avaliação dos equivalentes de dose individuais à profundidade de 10 mm e 0,07 mm, respetivamente, $H_p(10)$ e $H_p(0,07)$.

- Com o **dosímetro individual de extremidade** (e.g. anel) avalia-se o equivalente de dose à profundidade de 0,07 mm, o $H_p(0,07)$.

De realçar a necessidade de a trabalhadora grávida utilizar dosímetro para monitorização da radiação ionizante ao nível do abdómen – vide ponto C do Quadro 10.

Quadro 10. Tipo de dosímetros individuais com relevância no contexto de saúde ocupacional

<p>A. Dosímetro de corpo inteiro: é de utilização obrigatória para todos os trabalhadores de zonas controladas, devendo ser colocado ao nível do peito.</p>		<p>Fonte: http://www.globalspec.com/learnmore/manufacturing_process_equipment/personal_protective_equipment/tld_film_badges, acessado no dia 27 maio de 2015</p>
<p>B. Dosímetro de extremidade: é aconselhada a sua utilização adicional (e.g. dosímetro de anel e/ou de pulso como ilustrado na figura) nas atividades em que seja previsível receber doses superiores a 3/10 do limite legal de dose nas extremidades. Constituem exemplo destas situações os casos em que as mãos podem estar expostas ao feixe de radiação (e.g. na radiologia de intervenção ou na manipulação de material radioativo) – vide Quadro 5.</p>		<p>Fonte: http://rmehs.fullerton.edu/laboratorysafety/Radiation.asp, acessado no dia 27 maio de 2015</p> <p>Fonte: http://www.crotreview.net/tag/radiation-badges-dosimetry-badges, acessado no dia 27 maio de 2015</p>
<p>C. Dosímetro para monitorização da radiação ionizante ao nível do feto, a utilizar no abdómen pelas trabalhadoras grávidas.</p>		<p>Fonte: http://www.usp.br/agen/bols/2004/rede1370.htm, acessado no dia 27 maio de 2015</p>
<p>D. Dosímetro para monitorização do cristalino. Com a transposição da Diretiva 2013/59/EURATOM, prevê-se que seja necessária a monitorização da dose no cristalino. A figura mostra o dosímetro desenvolvido e proposto como resultado do projeto ORAMED.</p> <p>À data da publicação deste Guia Técnico, não se dispõe ainda dos parâmetros necessários para a dosimetria legal da grandeza $H_p(3)$ – equivalente de dose à profundidade de 3 mm.</p>	 <p>Fonte: http://www.caredosimetry.com/tipos-de-dosimetro.html, acessado no dia 27 maio de 2015</p>	

7.2. Boa prática na utilização do dosímetro

O trabalhador deve zelar pela boa utilização do(s) dosímetro(s) individual(ais) que lhe está(ão) atribuído(s) e cumprir os prazos estabelecidos para a troca/devolução deste(s), entregando-o(s) atempadamente ao responsável interno e/ou à entidade prestadora de dosimetria contratualizada pela entidade empregadora.

Além do exposto anteriormente, são mencionados na (Figura 3) alguns cuidados a ter na utilização do dosímetro individual.

Figura 3. Boas práticas na utilização do dosímetro individual



Salienta-se que:

1. O dosímetro é **peçoal e intransmissível** pois destina-se a avaliar a dose recebida por um certo trabalhador numa instituição/estabelecimento. Desta forma, nunca deverá ser usado por outra pessoa.
2. O **dosímetro tem de ser específico para o tipo de radiação ionizante** que se pretende avaliar, ou seja, deve ser adequado ao tipo de radiação ionizante a que o trabalhador se encontra exposto (e.g. radiação x, beta, gama). Cabe ao empregador, através do Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho/Serviço de Saúde Ocupacional, identificar o dosímetro mais aconselhado aos respetivos trabalhadores, tendo em conta o seu contexto de trabalho.
3. O trabalhador exposto deverá **utilizar um dosímetro próprio em cada instalação/estabelecimento onde trabalhe**, não devendo utilizar o de outra instalação/estabelecimento mesmo que seja o mesmo tipo de radiação ionizante a que esteja exposto. O dosímetro está associado a um trabalhador que executa

determinadas práticas profissionais numa dada instituição/estabelecimento, pelo que no caso de alguma ocorrência anómala é da competência dessa instituição a sua verificação, esclarecimento e adoção de medidas sempre que necessário.

4. O dosímetro de corpo inteiro **deverá estar posicionado no tronco**, sobre a roupa do trabalhador, ao nível do peito. Caso utilize equipamento de proteção individual, como avental de chumbo, o dosímetro poderá estar posicionado por baixo do mesmo (Decreto-Lei nº 167/2002 de 18 de julho, Anexo I – Art.º 4.º) ou, em alternativa, poderão ser utilizados **dois dosímetros** (um por cima do avental de chumbo e outro por baixo do avental de chumbo), devendo a dose efetiva ser estimada por ponderação dos dois valores, de acordo com as disposições do Anexo I do Decreto-Lei nº 167/2002 de 18 de julho, modificado pelo Decreto-Lei nº 184/2015 de 31 de agosto. Durante a utilização do dosímetro este dispositivo deverá estar orientado preferencialmente com a parte dos filtros (parte com o orifício e com o disco espesso) **na direção da fonte emissora da radiação**. A correta utilização do dosímetro é importante para uma estimativa mais precisa da dose recebida.
5. Deve existir especial cuidado com o **local onde é guardado o dosímetro** quando este não é utilizado pelo trabalhador de forma a evitar leituras erróneas. O dosímetro é um detetor cumulativo, ou seja, acumula a dose recebida até à sua leitura, pelo que não deverá ser guardado num local onde haja o risco de irradiação (e.g. não deve ser guardado em salas com fontes de radiação e suas proximidades), assim como não deverá ser exposto a fontes de calor (e.g. excessiva exposição ao sol, aquecedores, etc., com exceção dos detetores específicos para estas situações) nem ser submetido a lavagem junto com roupas, ou qualquer outra situação de ambiente extremo.

Por último, deve-se referir que a escolha do número e tipo de dosímetros deve ter em conta as grandezas ($H_p(10)$ ou $H_p(0,07)$) que se pretendem determinar, bem como as características da radiação presente no local de trabalho.

Existem situações em que a **utilização de mais do que um dosímetro** (vide ponto 1 da Nota 5), permite melhorar a estimativa de dose para o trabalhador:

NOTA 5:

1. Quando são utilizados mais do que um dosímetro num trabalhador a determinação da dose efetiva (que poderá carecer da combinação das leituras fornecidas pelos dosímetros que são usados) não é realizada pelas empresas prestadoras de serviços de dosimetria, mas pela entidade empregadora.
2. Entidades autorizadas a prestar serviços na área da proteção radiológica:
 - a. Empresa com sede social em Portugal ou fora da Comunidade Europeia: deve obter uma autorização específica da DGS.
 - b. Empresa com sede social fora de Portugal mas da Comunidade Europeia: deve comunicar à DGS a informação relativa à sua autorização no país de origem.

- i. **Utilização de dois dosímetros de corpo inteiro**, por cima e por baixo do avental de chumbo (14).
- ii. **Utilização de dois dosímetros, passivo (de corpo inteiro) e ativo** – nesta situação, o dosímetro passivo regista o valor “legal” da exposição (total acumulado) e o dosímetro ativo, que funciona em tempo real, é utilizado para efeitos de registo interno da entidade empregadora (e.g. para indicação imediata do valor do débito de dose ou da dose acumulada, beneficiando de alarmes predefinidos, permitindo uma tomada de decisão durante a realização da atividade laboral).
- iii. **Utilização de dois dosímetros de extremidades** – para melhor estimativa da dose de extremidades; o valor a considerar deverá ser o mais elevado de ambas as leituras.

7.3. Empresas que prestam serviços no âmbito da proteção contra radiações ionizantes

A entidade empregadora, ao ser o titular de instalação radiológica autorizada, é responsável pelo **planeamento e implementação do controlo dosimétrico** que deve assegurar a monitorização dos níveis de radiação de todos os trabalhadores que estão expostos a radiação ionizante no decorrer das suas atividades profissionais e impedir que os limites de exposição estabelecidos por lei sejam ultrapassados. O registo periódico e regular das doses ocupacionais recebidas pelos respetivos trabalhadores permite à entidade empregadora e ao respetivo Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho/Serviço de Saúde Ocupacional, acompanhar as exposições individuais demonstrar que os limites estabelecidos não são excedidos, bem como confirmar a classificação das áreas de trabalho e a classificação dos respetivos trabalhadores (artigo 12º do DL 222/2008, de 17 de novembro).

Para o efeito, a entidade empregadora deve contratualizar entidades autorizadas pela DGS (vide ponto 2 da Nota 5) para prestar serviços na área da proteção contra as radiações ionizantes (entidades que fornecem os dosímetros, procedem à leitura dos mesmos e comunicam os resultados das avaliações em prazos definidos, usualmente denominadas por empresas prestadoras de serviços de dosimetria) têm de cumprir as disposições do Decreto-Lei nº 167/2002, de 18 de julho, alterado pelo Decreto-Lei nº 184/2015, de 31 de agosto.

Estas entidades prestadoras têm a obrigação de comunicar periodicamente ao RCD (ponto 1, artigo 23.º do Decreto-Lei nº 167/2002, de 18 de julho) todas as doses dos trabalhadores por si monitorizados. Consequentemente o RCD centraliza todos os valores de dose no contexto nacional e determina a dose total de um trabalhador, designadamente quando este trabalha em mais do que uma instalação/estabelecimento. Quando solicitado **o RCD disponibiliza os dados com os valores de dose:**

- À Direção-Geral da Saúde e ao Instituto da Segurança Social, I.P. (artigo 16º do Decreto-Lei nº 165/2002, de 17 de julho; artigo 22º do Decreto-Lei nº 167/2002, de 18 de julho alterado pelo Decreto-Lei nº 184/2015, de 31 de agosto);
- Ao trabalhador exposto e ao respetivo Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho/Serviço de Saúde Ocupacional (artigo 13º do Decreto-Lei nº 222/2008, de 17 de novembro).

Sempre que no período de controlo for detetado num trabalhador um valor igual ou superior a **2 mSv de dose efetiva ou 10 mSv de dose equivalente num órgão é obrigatória a notificação desta situação à DGS** pela entidade prestadora de serviços de dosimetria (ponto 1, artigo 21º, do Decreto-Lei nº 167/2002 de 18 de julho).

No seguimento desta notificação, e conforme o valor registado no período de controlo ou o total acumulado do trabalhador nesse ano e/ou nos últimos 5 anos, a DGS pode solicitar à instituição/estabelecimento onde tenha ocorrido a situação, que proceda à averiguação dos motivos que induziram ao valor registado, designadamente verificar, de imediato, as condições de trabalho, de modo a serem repostas as condições normais de utilização do equipamento ou prática em causa. Paralelamente são solicitadas informações sobre a vigilância da saúde do trabalhador relativamente ao qual houve notificação e sobre as medidas que foram implementadas para lidar com a situação e prevenir nova ocorrência.

Alerta-se ainda que, independentemente da solicitação da DGS, o responsável pela segurança radiológica da instalação deve, na perspetiva da otimização da prática desenvolvida, estabelecer um procedimento de investigação interno, e desencadear ações que visem analisar os motivos de excedências dos limites de dose ou de restrições de dose que sejam definidos internamente.

8. VIGILÂNCIA DA SAÚDE DOS TRABALHADORES EXPOSTOS

8.1. Responsabilidades

No âmbito da Saúde e Segurança do Trabalho encontram-se estabelecidas diversas responsabilidades para os diferentes intervenientes (empregador, médico do trabalho, trabalhador, Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho/Serviço de Saúde Ocupacional) com relevância em matéria de vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a radiação ionizante.

Cabe ao **empregador**:

- **Organizar o Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho** – artigo 73.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações – muitas vezes também designado por Serviço de Saúde Ocupacional, devendo este Serviço reunir as condições mínimas de funcionamento previstas no Capítulo VI do Regime jurídico da promoção da segurança e saúde do trabalho (Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações), designadamente as relativas ao enquadramento político-organizacional, instalações, equipamentos, utensílios, procedimentos e recursos humanos especializados.
- **Assegurar a vigilância da saúde do trabalhador** em função dos riscos profissionais a que os seus trabalhadores estiverem expostos no local de trabalho – artigo 15.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações – incluindo a radiação ionizante. De salientar, que o empregador deve assegurar a vigilância adequada da saúde dos trabalhadores em relação aos quais o resultado da avaliação revele a existência de riscos para o património genético, através de exames de saúde, devendo ser realizado um exame antes da primeira exposição – artigo 44.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações.
- **Suportar a totalidade dos encargos** com a organização e o funcionamento do Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho e demais sistemas de prevenção, incluindo exames de vigilância da saúde, avaliações de exposições, testes e todas as ações necessárias no âmbito da promoção da segurança e saúde do trabalho, sem impor aos trabalhadores quaisquer encargos financeiros – artigo 15.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações.
- **Organizar e conservar arquivos atualizados**, nomeadamente por via eletrónica, sobre (artigo 46.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações):
 - a) Critérios, procedimentos e resultados da avaliação de riscos;
 - b) Identificação dos trabalhadores expostos com a indicação da natureza e, se possível, do agente e do grau de exposição a que cada trabalhador esteve sujeito (doses recebidas);
 - c) Resultados da vigilância da saúde de cada trabalhador com referência ao respetivo posto de trabalho ou função;
 - d) Registos de acidentes ou incidentes;
 - e) Identificação do médico responsável pela vigilância da saúde.

Os registos e arquivos referidos devem ser conservados durante, pelo menos, 40 anos após ter terminado a exposição dos trabalhadores a que digam respeito – artigo 46.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações.

Cabe ao **médico do trabalho**:

- A **responsabilidade técnica da vigilância da saúde dos trabalhadores** – artigo 107º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações. O médico do trabalho integra o Serviço de Saúde do Trabalho (interno, externo, ou outra modalidade) organizado pela entidade empregadora.
- **Proceder a uma adequada vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a radiação ionizante.** Para o efeito, o médico do trabalho deverá ter acesso a informação relevante, designadamente das "*condições ambientais existentes no local de trabalho*" e do "*registo dosimétrico central*" - artigo 13º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro – devendo garantir as necessárias condições de confidencialidade.
- **Assegurar que constem na ficha individual de cada trabalhador** os resultados da vigilância da saúde com referência ao respetivo posto de trabalho ou função – artigo 46º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações.

Cabe ao **trabalhador**:

- **Comparecer às consultas e aos exames determinados pelo médico do trabalho** – artigo 17º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações – bem como colaborar com o Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho na melhoria contínua da saúde e segurança do trabalho.
- **Comunicar imediatamente** ao superior hierárquico ou, não sendo possível, ao trabalhador designado nos domínios da saúde e segurança do trabalho as avarias e deficiências detetadas suscetíveis de originar perigo grave ou iminente – artigo 17º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações – incluindo no âmbito das radiações ionizantes e seus equipamentos, assim como qualquer defeito verificado nos sistemas de proteção associados.
- **Cumprir as prescrições de saúde e segurança do trabalho estabelecidas**, designadamente as relativas às radiações ionizantes, nas disposições legais, em instrumentos de regulamentação coletiva de trabalho, nas instruções determinadas pelo empregador – artigo 17º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações – assim como nas orientações emanadas pela DGS em matéria de saúde ocupacional.
- **Utilizar corretamente e de acordo com as instruções transmitidas pelo empregador, máquinas, aparelhos, instrumentos, e outros equipamentos e meios postos à sua disposição** – artigo 17º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro – nomeadamente os equipamentos de proteção coletiva e individual e os dosímetros, bem como cumprir os procedimentos de trabalho estabelecidos.

- **Cooperar ativamente para a melhoria do sistema de segurança e de saúde do trabalho** – artigo 17º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro – designadamente na otimização de procedimentos de modo a minimizar a dose de radiação recebida.

Salienta-se ainda que o ***Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho***:

- **Deve ser um Serviço integrado** e ser constituído por uma equipa multidisciplinar: no domínio da Saúde do Trabalho deverá ter no mínimo, médico do trabalho e enfermeiro; no domínio da Segurança do Trabalho deverá incluir Técnico(s) de Segurança do Trabalho. Considerando a complexidade da avaliação do fator de risco profissional “radiação ionizante” é desejável, sobretudo em empresas/estabelecimentos que detenham instalações radiológicas complexas, que a equipa multidisciplinar inclua físicos, especialistas em física médica ou elementos que se encontrem habilitados com o nível 1 ou 2 de qualificação profissional em proteção radiológica, nos termos do Decreto-Lei n.º 227/2008, de 25 de novembro.
- Não obstante a responsabilidade geral da empresa, quando a vigilância de saúde dos trabalhadores expostos a radiação ionizante é realizada por **Serviço Externo de Saúde do Trabalho**, a empresa que presta este Serviço tem de estar autorizada pela DGS – artigo 13.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro e artigo 84.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações – designadamente para as “atividades que impliquem a exposição a radiações ionizantes” (alínea “i” do artigo 79.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações). As empresas autorizadas a prestar Serviço Externo de Saúde do Trabalho constam na lista de empresas publicada no Microsite da Saúde Ocupacional: **www.dgs.pt/saude-ocupacional.pt**.
- De forma similar, quando existem atividades que impliquem a exposição a radiações ionizantes a prestação de **Serviços Externos de Segurança do Trabalho** só pode ser realizada por empresa autorizada pela Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT). A lista de empresas autorizadas a prestar os referidos Serviços encontra-se publicada no *site* da ACT: **www.act.gov.pt**.

8.2. Objetivos da vigilância da saúde

Os principais objetivos da vigilância da saúde dos trabalhadores expostos a radiações ionizantes são os seguintes:

- Efetuar um registo inicial de saúde no exame de admissão de forma a monitorizar eventuais suscetibilidades individuais do trabalhador que irá estar exposto a radiações ionizantes;
- Detetar, precocemente, eventuais efeitos adversos associados a radiações ionizantes e, de um modo indireto, avaliar a eficácia das medidas de prevenção adotadas;
- Determinar a aptidão médica para o trabalho com exposição a radiações ionizantes e eventuais constrangimentos ou recomendações;
- Esclarecer o profissional relativamente ao modo como reduzir a exposição a radiações ionizantes (medidas de proteção coletiva e individual) de acordo com as tarefas que vai realizar, aos efeitos possíveis, à probabilidade da ocorrência desses efeitos e à importância da monitorização da dose e procedimentos a ter no decurso da sua vigilância dosimétrica;
- Esclarecer os trabalhadores do género feminino sobre os riscos para a saúde decorrentes da exposição a radiações ionizantes durante a gravidez (designadamente potenciais repercussões no embrião/feto) e aleitamento materno; informar estas trabalhadoras que deverão, após conhecimento do estado de gravidez, reportar esta situação ao seu superior hierárquico e ao Médico do Trabalho;
- Acompanhar e apoiar o trabalhador em situações excecionais, designadamente quando foram excedidos os limites de dose.

8.3. Exames de saúde

O exame de saúde deve permitir **avaliar a aptidão do trabalhador para o exercício da atividade de trabalho**, bem como a **repercussão** desta e das condições em que é prestada na saúde do mesmo.

Assim, considera-se que os exames de saúde devem ser realizados antes do início da atividade de trabalho com exposição a radiação ionizante, durante a atividade de trabalho com a referida exposição, em situações excecionais de exposição a radiação ionizante e após a cessação da atividade com exposição a radiação ionizante – vide Figura 4.

Figura 4. Sequência de exames de saúde ao longo da atividade de trabalho com exposição a radiação ionizante



Para o efeito, e de acordo com o artigo 108.º do Decreto-Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro, devem ser realizados os seguintes exames de saúde ao trabalhador:

- a) **Exames de admissão**, antes do início da prestação de trabalho ou, se a urgência da admissão o justificar, nos 15 dias seguintes;
- b) **Exames periódicos**, anuais para os menores e para os trabalhadores com idade superior a 50 anos, e de 2 em 2 anos para os restantes trabalhadores;
- c) **Exames ocasionais**, sempre que haja alterações substanciais nos componentes materiais de trabalho que possam ter repercussão nociva na saúde do trabalhador, bem como no caso de regresso ao trabalho depois de uma ausência superior a 30 dias por motivo de doença ou acidente.

De salientar, que os trabalhadores têm **direito de acesso a todos os dados** relativos à sua saúde, incluindo os relativos à monitorização individual das doses de radiação – artigo 14º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro.

Salienta-se que os exames de saúde indicados na Figura 4 **devem integrar os habituais exames de vigilância da saúde dos trabalhadores**, de forma a ter em conta o contexto profissional na sua globalidade e a abrangência e interação com outros riscos profissionais.

8.3.1. ANTES do início da atividade de trabalho com exposição a radiação ionizante

Este exame tem como **principais objetivos**:

- Efetuar um registo inicial sobre o estado global de saúde do trabalhador que permita monitorizar eventuais alterações (futuras) na saúde, relacionadas com a exposição profissional a radiação ionizante.
- Aferir se existem patologias ou outros estados de saúde que se constituam como fatores de suscetibilidade para o trabalhador exposto a radiações ionizantes.
- Esclarecer o trabalhador relativamente aos efeitos de saúde potenciais quanto à exposição a radiação ionizante, das principais medidas de prevenção para minimizar a exposição, assim como quanto à importância da monitorização da dose de exposição.

Este **exame** poderá ser:

- Um exame de admissão, se o trabalhador inicia a prestação do trabalho na entidade empregadora;
- Um exame ocasional, por exemplo, nas situações em que o trabalhador muda de posto de trabalho e inicia a sua atividade num local onde estará exposto a radiações ionizantes.

8.3.1.1. *Informação prévia*

Para a realização do exame de saúde do trabalhador:

- a) A entidade empregadora deverá indicar qual o posto de trabalho previsto para o trabalhador, a atividade profissional que vai desempenhar e a data prevista para o início de funções;
- b) Deve ser conhecida e estar documentada a caracterização do(s) posto(s) de trabalho do trabalhador em apreço, designadamente quanto aos seguintes aspetos:
 - Componentes materiais do trabalho (que inclui, designadamente, o local de trabalho, o ambiente de trabalho, os equipamentos/ferramentas/máquinas e materiais, os processos de trabalho) devendo, no âmbito das radiações ionizantes, ser prestada especial atenção à disponibilização da seguinte informação:

- Equipamentos e materiais (e.g. radioisótopos) que emitem radiação ionizante a que o trabalhador poderá estar exposto;
- Tipo de radiação ionizante e os débitos de dose máximos a que o trabalhador poderá estar exposto, assim como o tipo de zona, controlada ou vigiada, onde vai trabalhar;
- Conteúdo das tarefas que o trabalhador irá executar, nomeadamente a indicação daquelas em que existe risco potencial de contaminação externa e/ou interna.

No essencial esta informação prévia deve ser fornecida à Saúde do Trabalho pelo Serviço de Segurança do Trabalho e pelo Responsável pela Proteção Radiológica ou equivalente.

8.3.1.2. Anamnese

A anamnese deverá incluir os seguintes pontos: história profissional, análise da informação do posto de trabalho/atividade profissional do trabalhador, história social e familiar pregressa e história clínica. Todos os pontos anteriormente referidos devem ser adequadamente registados na ficha clínica do trabalhador.

A. História profissional

Deverão ser identificados os postos de trabalho anteriores com exposição a radiações ionizantes, o tipo e a duração da exposição profissional e, sempre que possível, a dose de exposição acumulada e as situações excecionais de exposição profissional.

Outras atividades profissionais concomitantes deverão também ser identificadas e caracterizadas. Nas situações em que o trabalhador exerce atividade de trabalho em mais do que uma entidade/instituição onde está também exposto a radiação ionizante, deverá ser registada a informação possível quanto à identificação do posto de trabalho, suas principais características e tempo de exposição do trabalhador.

B. Análise da informação relativa ao posto de trabalho/atividade profissional do trabalhador

Esta análise deverá ter por base a informação prévia constante no ponto 8.3.1.1..

C. História social e familiar pregressa

O trabalhador deve ser questionado quanto ao contexto da vida social/familiar, designadamente:

- Sobre antecedentes familiares, designadamente neoplasias, patologia tiroideia, infertilidade, entre outros.
- Sobre eventuais hábitos (e.g. tabágicos) e atividades de lazer/*hobbies*;
- Se o trabalhador tem filhos e, no caso de ser um trabalhador do género feminino, se está grávida ou a amamentar.

D. História clínica

Em termos gerais, devem ser identificados os seguintes antecedentes clínicos e cirúrgicos, designadamente:

- Patologia hematológica;
- Neoplasias;
- Diagnósticos e tratamentos com radiações;
- História ginecológica (e.g. aborto, infertilidade);
- Patologia endócrina, designadamente tiroideia;
- Doenças cutâneas;
- Doenças oftalmológicas (e.g. cataratas, opacidade do cristalino, glaucoma, feridas oculares);
- Patologia psiquiátrica;
- Patologia cardiovascular;
- Patologia do foro neurológico.

Relativamente a cada patologia identificada anteriormente é essencial avaliar o estado atual da doença/situação de saúde e a medicação que o trabalhador faz à data do exame de saúde. Deverá ainda inquirir-se o trabalhador sobre a história de intervenções cirúrgicas efetuadas e as medicações prolongadas anteriores.

Embora não seja contemplada na dose anual do trabalhador, é importante conhecer os antecedentes de irradiação do trabalhador em contexto não profissional, designadamente enquanto utente (e.g. em exposições radiológicas médicas).

No caso da atividade profissional ser desenvolvida utilizando radioisótopos, é particularmente importante avaliar os antecedentes e a condição atual de saúde relativamente a situações que possam aumentar a absorção (e.g. doenças inflamatórias crónicas do intestino) ou a semivida biológica dos radioisótopos no organismo (e.g. hepatopatias, insuficiência renal, entre outras).

Nas situações em que existe a necessidade de utilização de proteção respiratória, pode ser particularmente importante caracterizar eventual patologia do foro da otorrinolaringologia (ORL) ou do aparelho respiratório e avaliar a tolerância à proteção respiratória.

8.3.1.3. Exame objetivo

Deve-se proceder a uma avaliação de sinais e sintomas por órgãos e sistemas. O exame físico deverá ser completo, de acordo com a boa prática da Saúde Ocupacional.

No contexto da exposição profissional a radiação ionizante, chama-se a atenção para as seguintes avaliações que, entre outras, devem integrar o exame objetivo:

- Observação da pele e das mucosas;
- Observação ocular (se possível com lâmpada de fenda);
- Inspeção do pescoço e palpação da tiroide;
- Pesquisa de adenopatias;
- Inspeção e percussão torácica e auscultação cardíaca e pulmonar;
- Inspeção e palpação mamária;
- Inspeção, percussão e palpação abdominal.

8.3.1.4. Exames complementares de saúde

Na vigilância regular da saúde dos trabalhadores expostos a radiação ionizante devem ser solicitados os exames complementares de saúde indicados no **ponto I** do Quadro 11. Vários destes exames complementares enquadram-se na avaliação global da saúde do trabalhador, não sendo específicos para o trabalhador exposto a radiações ionizantes. Neste sentido, o médico do trabalho deve ter em consideração o resultado de exames a que o trabalhador tenha sido submetido e que mantenham atualidade, devendo instituir a cooperação necessária com o médico assistente (artigo 108º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações).

O médico do trabalho responsável pela vigilância da saúde do trabalhador exposto pode ainda solicitar a realização de outros exames complementares de saúde sempre que estes ajudem a fundamentar a sua opinião sobre o estado de saúde do trabalhador (**ponto II** do Quadro 11).

Quadro 11. Exames complementares de saúde para os trabalhadores expostos a radiações ionizantes (categoria A e B)

<p>I.</p> <p>Todos os trabalhadores expostos</p>	<p>Estudo laboratorial (basal):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hemograma completo com contagem diferencial de leucócitos e plaquetas; • Velocidade de sedimentação ou proteína C reativa; • Provas de função hepática (TGO; TGP; GGT); • Provas de função tiroideia (TSH e eventualmente T₄L); • Provas de função renal (creatinina); • Glicémia. <p>Outros exames:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avaliação eletrocardiográfica.
<p>II.</p> <p>Situações particulares de exposição profissional</p>	<p>Para além do anteriormente exposto, podem ser solicitados, entre outros:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Exame radiológico do tórax: sempre que justificado. 2. Na radiologia de intervenção (e.g. fluoroscopia): realização de exame oftalmológico aos trabalhadores, se possível com lâmpada de fenda e, eventualmente, topografia corneana e densitometria do cristalino. 3. Nos trabalhos com radioisótopos, deve ser ponderada a necessidade de se realizar: <ol style="list-style-type: none"> a. Estudo funcional respiratório (se se pretende avaliar a tolerância à proteção respiratória em trabalhadores com exposição a radioisótopos que possam ser inalados); b. Ionograma (para suporte da avaliação de doença cardíaca, renal ou hepática) e, ainda, taxa de filtração glomerular e análise da urina com estudo do sedimento urinário. c. Outros métodos analíticos/biológicos visando a deteção de radioisótopos em <i>excreta</i> (e.g. urina e/ou fezes) ou estudos cintigráficos se existe suspeita de contaminação interna. 4. Perante determinadas alterações encontradas no exame físico ou no hemograma poderão ser solicitados outros exames para esclarecimento de eventual associação das alterações encontradas com a exposição a radiações ionizantes (por exemplo: ecografia da tiroide, contagem de reticulócitos e estudo do esfregaço do sangue periférico ou estudo das subpopulações linfocitárias).

8.3.2. DURANTE a atividade de trabalho com exposição a radiação ionizante

Este exame tem como **principais objetivos**:

- Avaliar se as condições de trabalho relacionadas com a radiação ionizante tiveram repercussões na saúde do trabalhador.
- Confirmar a aptidão do trabalhador para continuar a exercer as suas funções, incluindo se existem patologias ou outras situações que constituam contra-indicação absoluta ou relativa para o desempenho profissional do trabalhador.
- Aferir o nível de conhecimento do trabalhador sobre os efeitos na saúde relacionados com a exposição a radiação ionizante, assim como quanto às principais medidas de prevenção para minimizar o risco de exposição, incluindo a adequada utilização dos equipamentos de proteção coletiva e individual e de dosímetro (sempre que aplicável).

Para o efeito, realiza-se um exame periódico que deverá ter **periodicidade mínima anual para os trabalhadores de categoria A**. Para os restantes trabalhadores expostos a radiação ionizante (categoria B) os exames deverão ser anuais para os trabalhadores com idade superior a 50 anos, e de 2 em 2 anos para os outros trabalhadores. O médico do trabalho, face ao estado de saúde do trabalhador e aos resultados da prevenção dos riscos profissionais, pode aumentar ou reduzir a periodicidade dos exames (artigo 108.º do Decreto-Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro).

Neste contexto poderá ocorrer ainda a realização de exame ocasional, por exemplo, a pedido do trabalhador (e.g. situação em que uma trabalhadora engravida), nas situações de regresso ao trabalho depois de uma ausência superior a 30 dias por motivo de doença ou acidente, ou nas situações em que existam alterações nos componentes materiais de trabalho que possam ter repercussão nociva na saúde do trabalhador.

8.3.2.1. Informação prévia

Antes de se proceder ao exame de saúde recomenda-se especial atenção para a seguinte informação:

A. Conhecer a atual exposição profissional do trabalhador à radiação ionizante.

Neste contexto, devem ser conhecidas as alterações/melhorias realizadas ao(s) posto(s) de trabalho do trabalhador em apreço, desde a caracterização inicial (*vide* ponto 8.3.1.1), nomeadamente:

- Atividades realizadas no posto em que o trabalhador está exposto a radiações ionizantes;
- Tempos médios de utilização/exposição a radiação ionizante;
- Equipamento(s) de proteção disponível e utilizado;
- Trabalho(s) concomitante(s) com exposição a radiações ionizantes.

B. Conhecer os resultados do controlo dosimétrico. Deverão ser averiguadas todas as doses efetivas (corpo inteiro) superiores a 2 mSv, ou doses equivalentes (cristalino ou extremidades) superiores a 10 mSv durante o período de monitorização (1 mês para trabalhadores de categoria A e 3 meses para trabalhadores de categoria B). Relativamente à:

- Exposição externa: é essencial verificar os registos de dosimetria de corpo inteiro, de extremidades e de cristalino (estas últimas, quando monitorizadas), de forma a recolher a seguinte informação:
 - Dose nos últimos períodos de monitorização;
 - Dose acumulada ao longo da vida do profissional, nos últimos 12 meses e nos últimos 5 anos;
 - “Perfil dosimétrico” do trabalhador (caracterização).
- Exposição interna: é essencial ter particular atenção às estimativas de dose por métodos analíticos/biológicos.

8.3.2.2. Anamnese

Confirmar as informações recolhidas no último exame de saúde que foi realizado ao trabalhador, tendo em consideração o preconizado no ponto 8.3.1.2., registando as alterações identificadas ou outras situações de relevância.

Salienta-se, ainda, que é essencial perceber o nível de conhecimento/informação do trabalhador quanto à aplicação das medidas de prevenção que evitam/minimizam a exposição profissional a radiação ionizante (e.g. adequada utilização de equipamento de proteção individual), assim como, quanto à correta utilização dos dosímetros, sempre que aplicável.

8.3.2.3. Exame objetivo

Deve-se proceder à averiguação de sinais e sintomas por órgãos e sistemas. O exame físico deverá ser completo, de acordo com a boa prática da Saúde Ocupacional.

Entre outras avaliações, deverão ser realizadas as avaliações preconizadas no ponto 8.3.1.3..

O rastreio de neoplasias deverá ser considerado de acordo com as indicações para a população em geral, embora tendo especial atenção ao tipo de neoplasias mais relacionadas com a exposição a radiações ionizantes: neoplasias da medula óssea, da tiroide, da mama, do osso e do pulmão. É de realçar que o risco é proporcional à dose de radiação ionizante recebida por esses órgãos.

8.3.2.4. Exames complementares de saúde

São recomendados os exames complementares de saúde referidos no ponto 8.3.1.4. (vide Quadro 11).



8.3.3. EM SITUAÇÕES EXCECIONAIS de exposição a radiação ionizante

Para efeitos do presente documento, englobam-se nas **situações excecionais**:

- a. A exposição profissional a radiação ionizante decorrente de acidente (doravante denominada "situação acidental");
- b. A exposição profissional a radiação ionizante planeada e especialmente autorizada pela entidade empregadora (doravante denominada "situação autorizada").

Neste contexto, este exame de saúde tem como **principais objetivos**:

- Avaliar se a situação em que foram excedidos os limites de dose previstos teve repercussões na saúde do trabalhador (situação acidental) ou se a exposição profissional autorizada ocorreu de acordo com o planeado e se houve algum efeito na saúde do trabalhador (situação autorizada).

- Confirmar a aptidão do trabalhador para poder continuar a exercer as suas funções, incluindo se existem patologias ou outras situações que constituam contraindicação absoluta ou relativa para o desempenho profissional do trabalhador.
- Aferir o nível de conhecimento do trabalhador sobre os efeitos de saúde potenciais relacionados com a exposição a radiação ionizante, assim como quanto às principais medidas de prevenção (conhecidas e adotadas na situação excecional) para minimizar o risco de exposição profissional.

Para o efeito realiza-se um exame ocasional ao trabalhador, de iniciativa do Serviço de Saúde Ocupacional.

A. Situação acidental

A lei nacional prevê um **“Regime de vigilância médica especial”** nas situações em que **são excedidos os limites de dose previstos** (vide Quadro 5) o qual deve ser desencadeado pelo Serviço de Saúde Ocupacional – artigo 13º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro. Nestas situações, deve-se realizar de imediato um exame médico ao trabalhador exposto, ficando este sob vigilância durante o período considerado necessário para salvaguardar a sua saúde.

De sublinhar, que:

- Os resultados destes exames deverão ser dados a conhecer à DGS *“no prazo de 10 dias úteis após a sua realização”* - artigo 13º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro;
- As *“condições de trabalho do trabalhador devem ser aprovadas pelo Serviço de Saúde Ocupacional”* antes do seu retorno ao local de trabalho artigo 13º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro;
- O trabalhador não pode ser prejudicado em virtude de ser afastado do seu posto de trabalho ou de uma área perigosa – artigo 17º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro.

Nas situações acidentais, os Serviços de Saúde Ocupacional podem, sempre que necessário, estabelecer **medidas adicionais de proteção da saúde do trabalhador** (artigo 13º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro) nomeadamente:

- A realização de *“exames adicionais”* (e.g. exames de dosimetria biológica ou outros ensaios in-vitro, para melhor determinação da dose);
- A aplicação de *“medidas de descontaminação”* (e.g. lavagem com vista à remoção de contaminação externa, do corpo ou do vestuário);
- A *“terapia de urgência”* (e.g. tratamento de queimaduras por radiação, utilização de agentes quelantes para facilitar a excreção de contaminação interna).

B. Situação autorizada

São circunstâncias em que é extremamente necessário realizar determinadas práticas de trabalho e atividades específicas, **excluindo as situações de emergência radiológica** – artigo 8º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro e artigo 4º do Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho - das quais poderá decorrer uma exposição individual com excedência dos limites de dose estabelecidos.

As circunstâncias excecionais devem ser *“apreciadas caso a caso”* pelas autoridades competentes, podendo estas *“autorizar que um certo número de trabalhadores identificados se submeta a exposições profissionais individuais superiores aos limites de dose”* - artigo 4º do Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho.

No entanto, estas exposições, mesmo que especialmente autorizadas a excederem os limites anuais de dose - artigo 8º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro:

- Apenas podem ser *“atribuídas a trabalhadores de categoria A, e numa base voluntária”,* aos quais deve ser facultada *“toda a informação relevante acerca dos riscos da prática em causa, bem como das precauções a tomar durante a atividade a desempenhar”*;
- Não podem ser aplicadas a *“mulheres grávidas ou lactantes, a aprendizes ou estudantes”*;
- Carecem de *“justificação e de discussão prévia com os trabalhadores envolvidos, os seus representantes, o médico responsável pela saúde ocupacional dos trabalhadores e um perito qualificado em proteção radiológica”*;
- Exigem um registo dos valores de “todas as doses individuais”, decorrentes da exposição, no RCD, devendo este ser *“separado do registo médico do trabalhador”*;
- Não podem constituir *“motivo para o afastamento do trabalhador das suas atividades habituais sem o seu consentimento”*.

8.3.3.1. Informação prévia

Para se proceder à realização do exame de saúde do trabalhador deve conhecer-se a caracterização da situação excecional de exposição a radiação ionizante (situação acidental ou autorizada), através de uma descrição pormenorizada da ocorrência no âmbito da higiene e segurança do trabalho. Para o efeito, e entre outra informação é indispensável a recolha dos seguintes dados relativos à situação excecional de exposição:

- Atividades realizadas pelo trabalhador na “situação excecional”;
- Tempos médios de utilização/exposição a radiação ionizante;
- Equipamento(s) de proteção utilizado;
- Trabalho(s) concomitante(s) com exposição a radiações ionizantes;

- Resultados da dosimetria física (registos de corpo inteiro e, quando monitorizadas, também as dosimetrias parciais) – *vide* ponto 8.3.2.1..

8.3.3.2. *Anamnese*

Confirmar as informações recolhidas no último exame de saúde que foi realizado ao trabalhador, tendo em consideração o preconizado no ponto 8.3.1.2., registando as alterações identificadas ou outras situações de relevância.

Salienta-se ainda que é essencial perceber na situação excecional as medidas de prevenção que possam ter evitado/minimizado a exposição a radiação ionizante (e.g. adequada utilização de equipamento de proteção individual), assim como as medidas que, ao não estarem implementadas, podem ter desencadeado a ocorrência ou agravamento da situação.

8.3.3.3. *Exame objetivo*

Deve-se proceder à averiguação de sinais e sintomas por órgãos e sistemas. O exame físico deverá ser completo, de acordo com a boa prática da Saúde Ocupacional.

Entre outras avaliações, deverão ser realizadas as avaliações preconizadas no ponto 8.3.1.3..

8.3.3.4. *Exames complementares de saúde*

São recomendados os exames complementares de saúde referidos no ponto 8.3.1.4., com as necessárias adaptações de acordo com a situação de urgência.

8.3.4. APÓS a cessação da atividade de trabalho com exposição a radiação ionizante

O Serviço de Saúde Ocupacional pode aconselhar o trabalhador a proceder ao prolongamento da vigilância médica **após a cessação do trabalho** e durante o período considerado necessário para salvaguardar a saúde do indivíduo, tendo em conta os possíveis efeitos estocásticos da exposição do trabalhador a radiações ionizantes – artigo 13.º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro. Esta situação denomina-se como **vigilância médica prolongada**.

Neste contexto, o exame tem como **principal objetivo** verificar se existem alterações do estado de saúde do trabalhador após o tempo de atividade profissional desenvolvido na empresa/instituição, designadamente possíveis efeitos estocásticos.

Para o efeito realiza-se um exame ocasional ao trabalhador.

De forma genérica, os procedimentos deste exame de saúde respeitam princípios idênticos aos mencionados nos anteriores exames. É crucial quantificar/estimar a dose acumulada ao longo da vida profissional do trabalhador.

Todos os dados/informações devem ser adequadamente registados na ficha clínica do trabalhador.

O médico responsável pela vigilância da saúde deve entregar ao trabalhador, que deixar de prestar serviço na entidade patronal, cópia da ficha clínica do respetivo trabalhador (artigo 109º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações), sempre que este o solicite.

8.4. Avaliação da aptidão para o trabalho

Face ao resultado do exame de admissão, periódico ou ocasional, o médico do trabalho deve preencher uma ficha de aptidão, que deve ser dada a conhecer ao trabalhador (artigo 110º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações).

Sempre que a repercussão do trabalho e das condições em que o mesmo é prestado se revelar nociva para a saúde do trabalhador, o médico do trabalho deve comunicar tal facto ao(s) responsável(eis) pelo domínio da Segurança do Trabalho da entidade patronal, bem como, se o estado de saúde o justificar, solicitar o seu acompanhamento pelo médico assistente do centro de saúde/ACES ou outro médico indicado pelo trabalhador (artigo 110º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações)

8.4.1. Critérios de restrição e de inaptidão para o trabalho

Na avaliação da aptidão para o trabalho é fundamental ter em conta aspetos essenciais, a saber:

- Considerar não apenas a doença em si, mas a situação concreta de saúde que a mesma condiciona tendo em consideração a sua capacidade de compensação;
- Avaliar, para cada situação de saúde em concreto, a dose de exposição e o risco acrescido perante a mesma;
- Avaliar as medidas de proteção que podem ser otimizadas;
- Avaliar, em conjunto com o trabalhador, as repercussões para o próprio, resultantes da inaptidão para o trabalho com radiações ionizantes.

Não obstante o exposto anteriormente, existem situações de saúde que poderão condicionar o parecer de aptidão para o trabalho, podendo constituir-se como **contra-indicação permanente/definitiva ou temporária para o trabalho com radiações ionizantes** (especialmente para trabalhadores classificados como categoria A). Neste contexto, o Quadro 12 pretende alertar para algumas situações de saúde que devem ser tidas em especial consideração no contexto da avaliação do risco profissional do trabalhador exposto a radiação ionizante. De salvaguardar que existirão outras situações que poderão justificar **inaptidão temporária** para atividades que envolvam exposição a radiações ionizantes até compensação ou completa resolução da situação clínica.

Quadro 12. Exemplos de situações de saúde que na avaliação do médico do trabalho podem constituir contraindicação (permanente/definitiva ou temporária) em trabalhadores expostos a radiações ionizantes

	OBSERVAÇÕES CLÍNICAS DE ALERTA <i>(Lista indicativa)</i>	EXEMPLO DE SITUAÇÃO PROFISSIONAL
Patologia hematológica	Anemia, leucopenia, trombocitopenia ou diátese hemorrágica	Profissionais que manipulem radioisótopos, principalmente sob a forma de fontes não-seladas
Patologia oftalmológica	Feridas oculares, opacidades do cristalino Blefarite ou conjuntivite Queratite, catarata ou glaucoma	Profissionais que trabalhem dentro de salas de fluoroscopia ou que estejam expostos a feixes diretos de radiação
Patologia dermatológica	Dermatite aguda e crónica (como o eczema) Lesões agudas e crónicas das mucosas (incluindo lesões psoriáticas, assim como descamação e formação de bolhas que levam a perda da superfície da pele)	Profissionais que manipulem radioisótopos, principalmente sob a forma de fontes não-seladas
Patologia hepática	Hepatopatias	Profissionais que manipulem radioisótopos, principalmente sob a forma de fontes não-seladas
Patologia respiratória	Doença respiratória (e.g. pneumonite)	Profissionais intolerantes ao equipamento de proteção respiratória (EPI) e que tenham de o utilizar
Patologia renal	Insuficiência renal	Profissionais que manipulem radioisótopos, principalmente sob a forma de fontes não-seladas
Patologia gastrointestinal	Úlceras Doenças inflamatórias crónicas do intestino	Profissionais que manipulem radioisótopos, principalmente sob a forma de fontes não-seladas
Patologia do foro endocrinológico	Patologia da tiroide	Profissionais que manipulem radioisótopos de iodo, principalmente sob a forma de fontes não-seladas
Patologia ORL (otorrinolaringologia)	Otorreia, perfuração timpânica (risco de acumulação de partículas radioativas em cavidades fechadas)	Profissionais que manipulem radioisótopos, principalmente sob a forma de fontes não-seladas
Neoplasias	Neoplasias atuais ou anteriores (tumores malignos da pele; estados leucemóides; leucemia; sarcoma ósseo; carcinoma bronco-pulmonar por inalação, etc.)	
Outras Patologias	Epilepsia não medicada e não controlada; perturbação psíquica com risco de alterações do comportamento; estados ansiosos caracterizados como claustrofóbicos; arritmias ou patologia cardíaca com risco elevado de síncope; diabetes grave não compensada.	Profissionais que comandam equipamentos que emitem radiação ionizante que possam colocar em risco o próprio ou terceiros
Antecedentes ginecológicos	Abortos de repetição e infertilidade.	
Antecedentes de irradiação	Situações de irradiação anterior, profissional ou não, que possam ser suscetíveis de aumentar o risco de aparecimento de doença por exposição a radiações	

	OBSERVAÇÕES CLÍNICAS DE ALERTA <i>(Lista indicativa)</i>	EXEMPLO DE SITUAÇÃO PROFISSIONAL
	ionizantes.	
Planeamento da conceção	Se ocorrer uma exposição gonadal substancial, a conceção planeada deve ser atrasada 4 a 6 meses, para minimizar possíveis efeitos genéticos.	
Gravidez	Risco de irradiação do abdómen e respetivo feto. Nota: <i>Os efeitos da radiação durante a gravidez têm uma relação temporal com o tempo de gestação. O período de maior risco para o feto situa-se entre as 3ª e 8ª semana de gestação (período da organogénese) para malformações e, ainda, entre a 9ª e a 15ª semana (período fetal precoce), com um limiar de dose de cerca de 120 mSv para atraso mental. No segundo trimestre (até à 25ª semana) o limiar de dose para atraso mental é de 500 mSv e no terceiro trimestre não se espera aumento do risco de atraso mental ou de malformações (15) (16).</i>	Trabalhadora grávida com posto de trabalho na “zona controlada”
Amamentação	Risco de contaminação do leite da amamentação. Nota: <i>Não existe evidência científica de risco de contaminação do leite materno quando a trabalhadora lactante está exposta somente a irradiação externa (e.g. equipamentos de raios x) (15) (16).</i>	Trabalhadora lactante que manipule radioisótopos, principalmente sob a forma de fontes não-seladas

De realçar, que a **trabalhadora grávida e lactante** deve ter uma proteção especial durante a gravidez e o período da amamentação, que deve ser salvaguardado pela entidade empregadora (*vide* Quadro 13).

Quadro 13. Proteção da trabalhadora grávida e lactante

	Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro e suas alterações	Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro
Proteção da trabalhadora grávida e lactante	<p>Artigo 51.º Atividades proibidas a trabalhadora grávida e lactante - Agentes físicos É proibida à trabalhadora grávida a realização de atividades em que esteja ou possa estar exposta aos seguintes agentes físicos: a) Radiações ionizantes.</p> <p>Artigo 54.º Agentes proibidos a trabalhadora lactante É proibida à trabalhadora lactante a realização de qualquer atividade que envolva a exposição aos seguintes agentes físicos e químicos: a) Radiações ionizantes.</p>	<p>Artigo 7.º Proteção especial durante a gravidez e a amamentação 1 — A mulher profissionalmente exposta deve declarar de imediato ao titular da instalação em que trabalha que se encontra grávida, com vista a garantir a proteção do feto. 2 — A partir do momento em que uma mulher grávida informe a empresa do seu estado, deve ser concedida ao nascituro uma proteção equivalente à dispensada a qualquer membro do público em geral, garantindo que a dose equivalente recebida pela criança em gestação seja tão reduzida quanto possível e que não exceda 1 mSv durante o período da gravidez. 3 — Logo que informe o titular da instalação do seu estado, a mulher lactante não desempenha funções que envolvam um risco significativo de contaminação radioativa do organismo.</p>

Dada a inconsistência legislativa apresentada no Quadro 13 e tendo em conta o atual conhecimento técnico e científico, para efeitos de orientação em matéria de vigilância da saúde deve considerar-se que na aplicação dos artigos 51º e 54º da Lei 102/2009 de 10 de setembro, e suas alterações, que:

- É proibido à **trabalhadora grávida** estar exposta a radiação ionizante quando a exposição potencial é superior aos valores limite de dose que se encontram estabelecidos para o público em geral (vide Quadro 5).
- No que se refere à **trabalhadora lactante** esta não pode desempenhar funções com risco de contaminação radioativa (vide Nota 6) do organismo (ponto 3, artigo 7º do Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17/11).

NOTA 6:

Contaminação radioativa: contaminação de qualquer matéria, superfície ou ambiente ou de um indivíduo por substâncias radioativas. No caso específico do corpo humano, esta contaminação radioativa inclui a contaminação externa cutânea (adsorção) e a contaminação interna (inalação, ingestão ou através de ferida aberta), independentemente da via de incorporação (artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 174/2002 de 25 de julho).

8.5. Informação/formação a prestar ao trabalhador exposto a radiação ionizante

A sensibilização e formação dos trabalhadores quanto à prevenção do risco profissional associado à exposição a radiação ionizante é essencial para assegurar a proteção da saúde e o bem-estar dos trabalhadores expostos.

Neste sentido, a entidade patronal, em estreita articulação com o Serviço de Saúde e Segurança do Trabalho/Serviço de Saúde Ocupacional deverá organizar ações que complementem/reforcem o conhecimento e a formação de base dos trabalhadores.

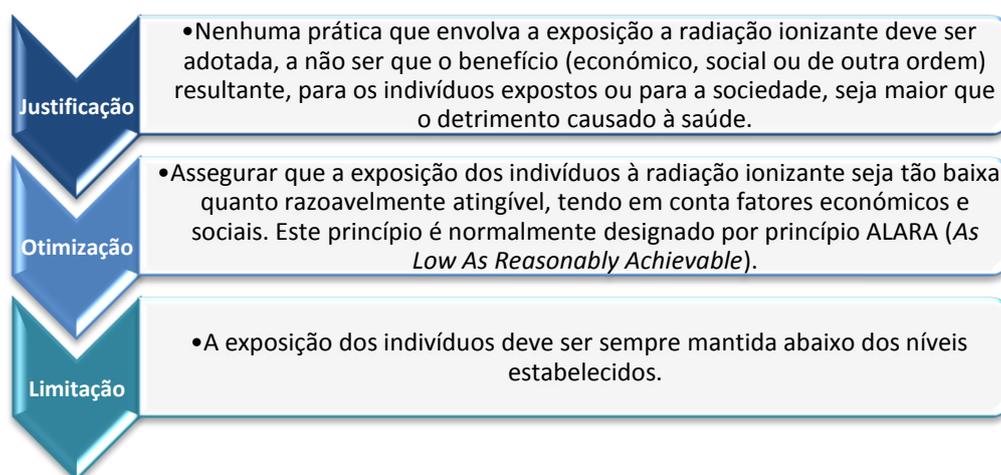
Recomenda-se a que as ações de (in)formação abordem os seguintes temas:

- Conceito de risco profissional, exposição profissional e trabalhador exposto a radiação ionizante;
- Princípios Gerais de Proteção Radiológica;
- Monitorização dosimétrica;
- Efeitos biológicos da exposição profissional a radiação ionizante;
- Medidas de proteção coletiva e individual;
- Vigilância da saúde dos trabalhadores.

9. GESTÃO DO RISCO PROFISSIONAL

Visando controlar os efeitos nocivos da radiação ionizante na saúde humana, encontram-se estabelecidos três **princípios basilares de proteção radiológica**: justificação, otimização e limitação - artigo 4º do Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho (*vide* Figura 5).

Figura 5. Princípios de Proteção Radiológica

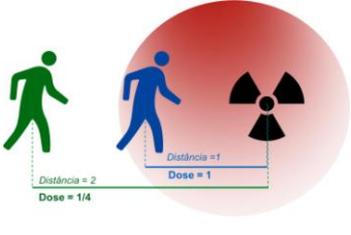
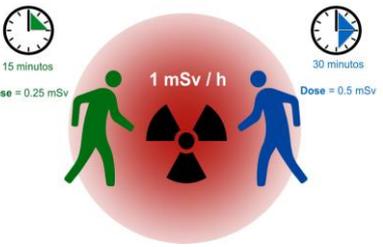


Em termos práticos, são de sublinhar os **principais parâmetros** que permitem garantir a proteção do trabalhador exposto a radiação ionizante (*vide* Quadro 14): distância à fonte, tempo de exposição e blindagem.

A proteção adequada dos profissionais é conseguida pela combinação (e não especificamente pela adição) destes parâmetros. A título de exemplo, considere-se que o aumento da distância à fonte de radiação pode permitir a utilização de uma blindagem menor, mantendo o mesmo nível de proteção. Esta mesma proteção pode ser conseguida com uma redução adequada do tempo de exposição profissional.

De forma complementar à proteção coletiva, poderá ainda ser necessário a utilização de **proteção individual** pelo trabalhador exposto. Esta proteção individual pode ter como objetivo reforçar a blindagem existente (e.g. aventais e conjuntos de saia/colete de proteção; luvas plumbíneas; óculos plumbíneos; colar protetor da tiroide, entre outros) ou oferecer barreiras à contaminação (e.g. fato de proteção, proteção respiratória, etc.).

Quadro 14. Principais parâmetros da proteção radiológica

	<p>1. Distância à fonte: a dose diminui proporcionalmente ao quadrado da distância, ou seja ao duplicar a distância do trabalhador à fonte de radiação ionizante a dose recebida pelo trabalhador passa para $\frac{1}{4}$.</p>	<p>Com base nestes parâmetros é construída a proteção coletiva: divisórias, anteparos, portas, biombos, cortinas, entre outros.</p>
	<p>2. Tempo de exposição: a dose absorvida é diretamente proporcional ao tempo de exposição, isto é, quanto maior for o tempo de exposição à radiação ionizante maior será a dose recebida pelo profissional.</p>	
	<p>3. Blindagem/barreiras: a atenuação da radiação ionizante através da blindagem, alcançada com materiais adequados (com elevado número atômico, como por exemplo chumbo) colocados entre a fonte de exposição e o trabalhador apresenta uma relação exponencial, tendo em conta a espessura do material utilizado.</p>	

A entidade patronal, através dos respetivos Serviços de Saúde e Segurança do Trabalho/Serviços de Saúde Ocupacional, deve proceder à **identificação, avaliação e controlo do risco profissional** em apreço, a radiação ionizante, através de um processo de gestão do risco profissional. Este processo deve permitir ao empregador e seus Serviços, tomar medidas preventivas e corretivas de forma mais eficaz e possibilitar a definição de prioridades de ação que efetivamente assegurem e/ou melhorem a saúde e a segurança dos trabalhadores.

O processo de gestão do risco profissional (no contexto deste documento, a exposição a radiação ionizante) integra as seguintes etapas:

- **Identificação do fator de risco profissional (radiação ionizante)**, na qual se procede à descrição dos elementos, condições e processos de trabalho e a(s) atividade(s) desempenhada(s) pelo trabalhador, com ênfase na perspetiva da adversidade potencial do trabalho na saúde do trabalhador;
- **Identificação dos trabalhadores expostos**, o seu estado de saúde/doença, existência de critérios de restrição à exposição a radiação ionizante e medidas de proteção especial que poderão necessitar;

- **Estimativa do risco profissional**, isto é, perante a informação anteriormente recolhida, deverá estimar-se a “probabilidade de ocorrência” (quantas vezes pode ocorrer?) e a “gravidade do dano” (que dano pode ocorrer?);
- **Valoração do risco profissional**, com base no cruzamento da informação relativa à “probabilidade de ocorrência” e à “gravidade do dano”, visando comparar a magnitude do risco com padrões de referência;
- **Controlo do risco profissional**, com vista a manter o risco profissional existente em níveis aceitáveis e, tendencialmente, tão baixos quanto razoavelmente atingível, assim como promover a monitorização das medidas implementadas (e.g. ações de acompanhamento ou de reavaliação periódica). As medidas a implementar deverão considerar os princípios de prevenção, e poderão ser de cinco áreas distintas: condições de trabalho, equipamento de trabalho, organização do trabalho, formação e informação do trabalhador, vigilância da saúde. Esta etapa deverá ainda identificar a necessidade de novas avaliações de risco profissional, recomeçando o ciclo de gestão do risco profissional.

10. INDICADORES BIOLÓGICOS

10.1. Enquadramento

Um indicador biológico (ou biomarcador) é um estado ou condição biológica mensurável que reflete a interação entre um sistema biológico e um agente ambiental, quer este seja químico, físico ou biológico (17) (18) (17), e que permite medir e avaliar o processo ou a sua resposta.

No contexto da radiação ionizante, uma das vantagens apontada à utilização de biomarcadores face à dosimetria física é o facto de terem em consideração a radiosensibilidade do indivíduo (1). Os indicadores biológicos não refletem a dose no sentido físico, mas mostram a resposta do organismo a uma dose específica (2).

Ao permitir obter uma estimativa indireta da dose absorvida através de parâmetros biológicos, a utilização do biomarcador permite esclarecer dúvidas em determinadas circunstâncias, complementando a dosimetria física. Poderá ainda permitir estimar ou validar a dose de exposição, contribuindo para a confirmação da correlação entre a exposição a radiações ionizantes e o efeito biológico. As suas indicações de aplicação incluem as seguintes situações:

- Exposições inexplicáveis;
- Irradiações acidentais em pessoas sem dosímetro;
- Irradiação não uniforme (a utilização de indicadores biológicos poderá ser mais válida que a dosimetria física, apesar de também ela ter limitações significativas neste tipo de exposições).

O Instituto Nacional Dr. Ricardo Jorge (INSA) e o Laboratório de Proteção e Segurança Radiológica do Instituto Superior Técnico (IST) fornecem serviços de determinação de alguns biomarcadores (e.g. cromossomas dicêntricos).

10.2. Informação complementar

Para **níveis elevados de exposição a radiação**, sem manifestação de sintomas, o estudo da contagem linfocitária pode ser usado como um indicador biológico da exposição a radiações ionizantes.

Para **níveis mais baixos** de exposição a radiação são utilizados outros biomarcadores, normalmente **indicadores de alterações no ADN**, principal alvo celular da radiação ionizante (19). Em casos de exposição crónica a baixas doses de radiação ionizante, observa-se que a resposta celular inclui não só instabilidade cromossómica, como também respostas adaptativas e efeitos *bystander*. Possíveis respostas adaptativas após exposição prolongada a baixas doses de radiação são ainda um tema controverso na literatura científica.

Tradicionalmente, os indicadores biológicos considerados mais relevantes no contexto da exposição a radiações ionizantes são os que avaliam alterações genéticas, nomeadamente biomarcadores citogenéticos (cromossomas dicêntricos, translocações, rearranjos cromossómicos complexos, condensação cromossómica prematura (PCC), comprimento dos telómeros e formação de micronúcleos), biomarcadores de lesão genética (quebras simples e duplas no DNA, fosforilação da histona gama-H2AX, 8-oxo-dG extracelular), biomarcadores de mutações (glicoforina A e HPRTase), biomarcadores de alterações transcricionais e translacionais (alterações nos níveis de ARN, níveis proteicos) e biomarcadores relacionados com modificações epigenéticas (modificações de histonas, metilação do ADN, *miRNA*, fosfoproteoma) (20).

O Quadro 15 apresenta as principais vantagens e limitações dos biomarcadores frequentemente utilizados em situações de exposição a radiações ionizantes.

A escolha entre os biomarcadores acima mencionados depende da dose de radiação ionizante na situação em estudo, do tempo decorrido desde a exposição, do tipo de radiação e da taxa de dose, entre outros. Idealmente o biomarcador selecionado deve ser específico para radiação ionizante, ser independente do estado de saúde dos indivíduos, mostrar uma resposta dependente da dose e apresentar relevância biológica. No entanto,

é difícil que apenas um indicador biológico cumpra todos os requisitos, o que pode implicar que a avaliação inclua mais do que um biomarcador.

Quadro 15. Vantagens e limitações dos principais indicadores biológicos

Biomarcador	Vantagens	Limitações
Cromossomas dicêntricos	<ul style="list-style-type: none"> • Específico para radiação ionizante • Baixo valor basal na população não exposta (1‰ a 2 ‰) • Bom indicador de aberrações instáveis (representam cerca de 60 % deste tipo de aberrações) • Análise de baixo custo 	<ul style="list-style-type: none"> • Não se observa dose-resposta em casos de exposição intermitente • Oferece informação relativa à exposição ocorrida nos 3 meses anteriores à colheita da amostra • Método demorado e laborioso que requer técnicos especializados
Translocações	<ul style="list-style-type: none"> • Indicador que permite estimar doses de exposições ocorridas há mais de 3 meses • Permite distinguir níveis de dose: a baixas doses (≤ 1 Gy) predominam as translocações simples enquanto para doses superiores a 2 Gy observam-se aberrações complexas que normalmente envolvem mais de 3 cromossomas (formadas a partir de quebras duplas) 	<ul style="list-style-type: none"> • Valor basal na população não exposta de 2 ‰ a 10 ‰ • Variação interindividual significativa, particularmente relevante em indivíduos com mais de 40 anos • Frequência influenciada por fatores ambientais e estilos de vida • Carência de padronização relativamente aos pares de cromossomas a estudar, método de coloração e nomenclatura de análise e classificação de translocações
CBMN	<ul style="list-style-type: none"> • Metodologia relativamente fácil e rápida • Os fragmentos acêntricos, normalmente formados após exposição a radiações, podem ser identificados se se associarem outras técnicas, como por exemplo FISH • Permite a avaliação de outros parâmetros, como pontes nucleoplasmáticas que também são indicativas de instabilidade cromossómica 	<ul style="list-style-type: none"> • Frequência influenciada pela idade e sexo do indivíduo • Valor basal na população não exposta de aproximadamente 7,8 ‰ • Baixa sensibilidade o que obriga à análise de um elevado número de células para obter um efeito dose-resposta significativo
yH2AX	<ul style="list-style-type: none"> • Baixo valor basal na população não exposta (<0,2 foci por célula) • Ensaio muito rápido se analisado por citometria de fluxo 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa sensibilidade • Lesão rapidamente reparada • Grande variabilidade intra e interindividual • Necessita de validação <i>in vivo</i>

Fonte: baseado em Pinto, M.M. *et al* 2010 (21); Horn, S. *et al.* 2011 (22); Sandrine Roch-Lefèvre 2012 (23)

O teste de aberrações cromossómicas efetuado em linfócitos de sangue periférico é o biomarcador validado de exposição a radiação ionizante. Os cromossomas dicêntricos são considerados como o indicador biológico mais específico da exposição à radiação (24). Na análise de aberrações cromossómicas podem ser contabilizadas lesões instáveis (cromossomas dicêntricos, anéis e fragmentos) ou lesões estáveis (translocações)

analisadas através da técnica de FISH (*Fluorescent In Situ Hybridization* ou hibridação *in situ* com sondas fluorescentes).

A presença de **cromossomas dicêntricos** pode ser detetada em situações de exposição a doses de corpo inteiro acima de 100 mGy.

A análise de **translocações** constitui um marcador menos sensível, uma vez que estas apenas são detetadas em doses acima de 300 mGy (para indivíduos com menos de 40 anos) e 500 mGy (para indivíduos com mais de 40 anos). No entanto, as translocações são preservadas ao longo de várias divisões celulares, sendo por isso um indicador útil no caso de exposições que ocorreram no passado (25).

11. REFERÊNCIAS LEGISLATIVOS E NORMATIVOS

11.1. Referenciais nacionais

a) Âmbito geral:

- **Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro**, e suas alterações, introduzidas pela Lei n.º 42/2012, de 28 de agosto, pela Lei n.º 3/2014, de 28 de janeiro, pelo Decreto-Lei n.º 88/2015, de 28 de maio, e pela Lei n.º 146/2015, de 9 de setembro – estabelece o regime jurídico da promoção da segurança e saúde do trabalho.

b) Específica (*ordem cronológica*):

- **Decreto-Lei n.º 222/2008, de 17 de novembro**, estabelece as normas de segurança de base relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes - revoga os artigos 1.º a 6.º, 8.º, 12.º, 20.º a 29.º, 31.º a 33.º, 37.º a 43.º e 46.º a 56.º do Decreto-Regulamentar n.º 9/90, de 19 de abril.
- **Despacho n.º 258/2003, de 10 dezembro de 2002** – aprova o Manual de Boas Práticas de Radiologia.
- **Decreto-Lei n.º 180/2002, de 8 de agosto**, estabelece as normas relativas à proteção da saúde das pessoas contra os perigos resultantes das radiações ionizantes em exposições radiológicas médicas e transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 97/43/EURATOM, do Conselho, de 30 de junho, que revoga a Diretiva n.º

84/466/EURATOM; estabelece os critérios de aceitabilidade que as instalações radiológicas devem observar quanto a planeamento, organização e funcionamento.

- **Decreto-Lei nº 174/2002, de 25 de julho**, estabelece a intervenção em caso de emergência radiológica ou de exposição prolongada na sequência de uma emergência radiológica ou de exercício de uma prática ou atividade laboral anterior ou antiga resultantes das aplicações pacíficas da energia nuclear e transpõe para o ordenamento jurídico interno o título IX “Intervenção”, da Diretiva n.º 96/29/EURATOM, de 13 de maio, que fixa as normas de segurança relativas à proteção da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes.
- **Decreto-Lei n.º 167/2002, de 18 de julho**, aprova o regime jurídico do licenciamento e do funcionamento das entidades de prestação de serviços na área da proteção contra radiações ionizantes, modificado pelo Decreto-Lei nº 184/2015, de 31 de agosto.
- **Decreto-Lei n.º 165/2002, de 17 de julho**, estabelece os princípios gerais de proteção bem como as competências e atribuições dos organismos e serviços intervenientes na área da proteção contra radiações ionizantes, resultantes das aplicações pacíficas da energia nuclear, e transpõe as correspondentes disposições da Diretiva n.º 96/29/EURATOM, do Conselho, de 13 de maio, que fixa as normas de base de segurança relativas à proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes. São derogados os Decretos-Leis n.ºs 348/89, de 12 de outubro, 138/96, de 14 de agosto, e 153/96, de 30 de agosto, bem como o Decreto Regulamentar n.º 9/90, de 19 de abril, com a redação que lhe foi dada pelo Decreto Regulamentar n.º 3/92, de 6 de março.
- **Decreto-Lei nº 26/93, de 18 de agosto**, aprova, para ratificação, a Convenção n.º 115 da Organização Internacional do Trabalho relativa à proteção dos trabalhadores contra as radiações ionizantes.
- **Decreto Regulamentar n.º 9/90, de 19 de abril**, estabelece os princípios de proteção e segurança contra radiações ionizantes.

11.2. Referenciais internacionais

- **Diretiva nº 2013/59/EURATOM**: adotada a 5 de dezembro de 2013 fixa as normas de segurança de base relativas à proteção contra os perigos resultantes da exposição a radiações ionizantes, procedendo à revisão, consolidação (e revogação) de cinco diretivas que a antecederam: as Diretivas nº 89/618/EURATOM, 90/641/EURATOM, 96/29/EURATOM, 97/43/EURATOM e 2003/122/EURATOM. Esta diretiva é designada de “Nova Diretiva BSS”, visto que estabelece as novas normas de base de proteção das pessoas, à luz das novas Recomendações da Comissão Internacional de Proteção Contra Radiações. Tem um prazo de transposição fixado até 6 de fevereiro de 2018.

- **Diretiva 97/43/EURATOM:** adotada em 30 de junho de 1997 estabelece os mecanismos de proteção da saúde das pessoas contra os perigos resultantes de radiações ionizantes em exposições radiológicas médicas. Esta diretiva procedeu à regulamentação da exposição médica de pacientes às radiações ionizantes, quer com fins de diagnóstico, quer terapêuticos.
- **Diretiva 96/29/EURATOM:** adotada em 13 de maio de 1996 fixa as normas de base da proteção sanitária da população e dos trabalhadores contra os perigos resultantes das radiações ionizantes. Foi substituída em 2013 pela Diretiva 2013/59/EURATOM.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Niu, Shengli.** *Radiation protection of workers - SafeWork Information Note Series N.º 1.* Geneva : International Labour Office, 2011.
2. **Niu, Shengli, Deboodt, Pascal and Zeeb, Hajo.** Occupational Safety and Health Series. *Approaches to attribution of detrimental health effects to occupational ionizing radiation exposure and their application in compensation programmes for cancer - a practical guide.* s.l. : International Atomic Energy Agency; International Labour Office; World Health Organization, 2010 йил. Vol. № 73. 978-92-2-122414-3.
3. **Shimura, T., et al.** Radiation occupational health interventions offered to radiation workers in response to the complex catastrophic disaster at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. *Journal of Radiation Reserarch.* Oxford University Press, 2015, Vols. Vol. 56, No. 3, pp.413-421.
4. **International Commission on Radiological Protection (ICRP).** *Publication 118: ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context.* Canadá : Elsevier, 2012.
5. **United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR).** *UNSCEAR 1982 Report to the General Assembly - Ionizing Radiation: sources and biological effects.* Viena, Áustria : United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), 1982.
6. **International Commission on Radiological Protection (ICRP).** *ICRP Publication 41 - Nonstochastic Effects of Ionizing Radiation: Annals of the ICRP 14 (3).* Canadá : Pergamon Press, 1984.
7. **International Atomic Energy Agency.** *Practical Radiation Technical Manual - Health Effects and Medical Surveillance.* Vienna : IAEA - International Atomic Energy Agency, 2004. IAEA-PRTM-3 (Rev 1).
8. **Worgul, B.V., et al.** Cataracts among Chernobyl clean-up workers: implications regarding permissible eye exposures. *Radiat. Res.* 167, 2007, Vols. 233-243.

9. **Vano, E., et al.** Eye lens exposure to radiation in interventional suites: caution is warranted. *Radiology*. 248, 2008, Vols. 945–953.
10. —. Radiation cataract risk in interventional cardiology personnel. *Radiat. Res.* 174, 2010, Vols. 490–495.
11. **International Commission on Radiological Protection (ICRP).** *Statement on tissue reactions (ICRP ref 4825-3093-1464)*. s.l. : International Commission on Radiological Protection, 2011.
12. **International Atomic Energy Agency (IAEA).** *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards / IAEA Safety Standards: for protecting people and the environment, International Atomic Energy Agency (IAEA)*. Vienna : International Atomic Energy Agency, 2014.
13. **P. J. Gilvin, et al.** *EURADOS Report 2015-04: Quality Assurance in Individual Monitoring for External Radiation – Results of EURADOS Survey 2012*. Braunschweig : European Radiation Dosimetry Group e. V., 2015.
14. **Jarvinen, H. et al.** Overview of double dosimetry procedures for the determination of the effective dose to the interventional radiology staff. *Radiat. Prot. Dosim.* 2008, Vol. 129.
15. **Instituto de Salud Carlos III.** *Guía de valoración de riesgos laborales durante el embarazo y lactancia en trabajadores del ámbito sanitario*. Espanha : Ministerio de Ciência e Innovación - Instituto de Salud Carlos III, 2008. ISBN 978-84-95463-50-0.
16. **International Atomic Energy Agency (IAEA).** *Radiation Biology: A handbook for teachers and students (Training Course Series 42)*. Viena : International Atomic Energy Agency, 2010. IAEA-TCS-42; ISSN 1018-5518.
17. **Farmer, P.B. e Emeny, J.M.** Biomarkers of carcinogen exposure and early effects . *Nofer Institute of Occupational Medicine*. Lodz, 2006.
18. **Prista, J. e Uva, A. de S.** A utilização de indicadores biológicos em Saúde Ocupacional. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*. 2006, Vols. 6: 45-54.
19. **Brooks, A.L.** *A History of the United States Department of Energy (DOE) low Dose Radiation Research Program: 1998-2008*. Estados Unidos : US Department of Energy, 2012.
20. **Pernot, E., et al.** Mutation Research / Reviews in Mutation Research. *Ionizing radiation biomarkers for potential use in epidemiological studies*. 751(2), 2012, Vols. 258-286.
21. **Pinto, M.M., Santos, N.F. e Amaral, A.** *Radiat Environ Biophys. Current status of biodosimetry based on standard cytogenetic methods*. 49(4), 2010, Vols. 567-581.
22. **Horn, S., Barnard, S. e Rothkamm, K.** PLoS One . *Gamma-H2AX-based dose estimation for whole and partial body radiation exposure* . 6(9), 2011, Vol. e25113.
23. **Sandrine Roch-Lefèvre, M.V., Voisin, P. e Nenoï, D.M.** Suitability of the γ -H2AX Assay for Human Radiation Biodosimetry. *Current Topics in Ionizing Radiation Research*. InTech., 2012.
24. **Amundson, S.A., et al.** *Expert Rev Mol Diagn. Biological indicators for the identification of ionizing radiation exposure in humans*. 1(2), 2001, Vols. 211-219.
25. **Amaral, A.** Trends in biological dosimetry: an overview. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 45, 2002, Vols. 119-124.

26. **Instituto Tecnologia Nuclear, I.P.** *Exposição Ocupacional em Portugal/Ano 2008 – Relatório UPSR, Série A, n.º 36/2010.*

27. **International Commission on Radiological Protection (ICRP).** *Publication 103: The 2007 Recommendations of the ICRP - Annals of the ICRP 37, 2-4.* Canadá : Elsevier, 2007.

ANEXO

Resumo de alguns aspetos relevantes da legislação nacional (Decretos-Lei n.º 165/2002, n.º 167/2002 e n.º 222/2008 e respetivas alterações) no âmbito da dosimetria individual
(considerou-se a designação das instituições à data de publicação deste Guia)

Decreto-Lei	Aspetos relevantes
DL 165/2002 Define os princípios de proteção radiológica, designa as instituições competentes e atribui responsabilidades em matéria de proteção contra radiações	Atribui à DGS o licenciamento de empresas que exercem atividades em proteção radiológica, dosimetria e formação; Atribui à DGS a emissão da caderneta radiológica; Atribui ao IST (ex-ITN) a criação, manutenção e atualização de um RCD para os trabalhadores expostos; O ISS, I.P. (ex-CNPRP) tem acesso ao RCD; Atribui ao ISS, I.P. o controlo das doses acumuladas dos trabalhadores expostos a qualquer momento, bem como a realização de avaliações estatísticas;
DL 167/2002, modificado pelo DL 184/2015 Define os requisitos de aprovação para os serviços de monitorização individual para radiação externa	Estabelece os requisitos emanados pela DGS para o licenciamento das empresas que prestam serviços de proteção contra radiações, com base num parecer técnico do IST, na declaração de acreditação pelo IPAC e, quando necessário, a apreciação pelo IEFP; Define os requisitos técnicos para a monitorização da exposição a radiação externa; Atribui ao IST a criação, manutenção e atualização de um RCD com as doses acumuladas recebidas pelos trabalhadores expostos, acessível ao ISS, I.P. e DGS; Os objetivos do RCD são os seguintes: Permitir o acompanhamento das doses acumuladas em qualquer momento e realizar análises estatísticas dos dados; As empresas de dosimetria podem somente comunicar a identidade dos trabalhadores monitorizados e os respetivos valores de dose medida ao RCD do IST, à DGS, ao ISS, I.P., ao trabalhador e ao seu representante; As empresas devem comunicar à DGS a ocorrência de valores de doses superiores a 2 mSv por período de controlo; Os registos do RCD do IST devem ser mantidos por um período não inferior a 35 anos; O IST em colaboração com as outras autoridades competentes deve preparar um relatório anual sobre a monitorização individual.
DL 222/2008 Define as grandezas de protecção e operacionais, estabelece os limites de dose, a classificação dos trabalhadores, a monitorização de trabalhadores e dos locais de trabalho	Os trabalhadores classificados nas Categorias A e B devem ser monitorizados com dosimetria individual, realizada por um serviço de dosimetria licenciado, nos termos do DL 167/2002; Define os limites de dose para os trabalhadores expostos (Directiva 96/29/EURATOM); Protecção especial durante a gravidez e aleitamento; Os resultados da monitorização dos locais de trabalho usados para estimar a dose efectiva dos trabalhadores expostos devem ser registados e transmitidos ao RCD trimestralmente; O serviço de saúde ocupacional (a aprovar pela DGS em Portaria a publicar) pode ter acesso ao RCD; Os valores de dose recebidos em exposições de emergência devem ser registados no RCD, separadamente; Exposição a fontes de radiação natural regida pelos mesmos princípios. As companhias aéreas devem realizar avaliações das doses de radiação cósmica recebidas pelas tripulações de voo em intervalos de cinco anos.



Alameda D. Afonso Henriques, 45
1049-005 Lisboa - Portugal
Tel: +351 21 843 05 00
Fax: +351 21 843 05 30
E-mail: geral@dgs.pt