



Título	Exposição Ocupacional a Campos Electromagnéticos na banda das Radiofrequências.
Editor	Daniel Sebastião/Diana Ladeira
Autores	Daniel Sebastião, Diana Ladeira, Mónica Antunes, Luís M. Correia
Data	2009-04-16
Versão	05
Distribuição	Optimus/Vodafone/TMN
Documento	monIT_Ext_Tec_0660_05_ReportOccupationalExposure
Resumo	Este documento é um relatório sobre exposição ocupacional a campos electromagnéticos de radiofrequência.

## Histórico do documento

<b>Data</b>	<b>Versão</b>	<b>Comentário</b>	<b>Editor da versão</b>
2009-02-10	01	Primeira Versão	Daniel Sebastião/ Diana Ladeira
2009-03-09	02	Comentários à versão anterior	Luis M. Correia
2009-04-02	03	Correcções e alterações à estrutura do documento	Daniel Sebastião
2009-04-14	04	Correcções versão anterior	Luis M. Correia
2009-04-16	05	Versão final	Mónica Antunes

## Resumo

O Projecto **monIT** surgiu em 2002 (na altura designado por Projecto **ITEM**) no Instituto de Telecomunicações, pólo de Lisboa no Instituto Superior Técnico, com o objectivo de disponibilizar publicamente informação sobre a exposição de pessoas à radiação electromagnética em comunicações móveis. Este relatório pretende esclarecer a questão da exposição ocupacional (dos trabalhadores) a campos electromagnéticos na banda de frequências de RF. As fontes de radiação podem ser de origem natural, como o campo magnético terrestre ou a luz do Sol, e podem ser origem artificial, *i.e.*, qualquer fonte criada pelo Homem. A radiação proveniente de cada fonte pode interagir com os sistemas biológicos de diferentes formas, sendo os campos electromagnéticos caracterizados pela frequência a que operam e pela intensidade do campo, sendo estas as características que determinam a interacção com os sistemas biológicos. Neste documento define-se radiação electromagnética, e caracterizam-se os tipos de radiação electromagnética segundo a sua gama de frequências, aplicações e efeitos para a saúde, define-se ainda o que se entende por exposição ocupacional, analisando-se a legislação referente a esta área, os estudos efectuados e apresentam-se exemplos de actividades laborais que poderão implicar exposição a campos electromagnéticos.

## Palavras-Chave

Campos Electromagnéticos, Radiação, Exposição Ocupacional, Trabalhadores.

## **Abstract**

The **monIT** Project was launched in 2002 (named **ITEM** at the time), by *Instituto de Telecomunicações*, at the Lisbon site of *Instituto Superior Técnico*, with the objective of providing public information on human exposure to electromagnetic radiation in wireless communications. The goal of this document is to inform on the topic of occupational exposure (workers) to electromagnetic fields (EMF) in the RF band. Radiation sources have a natural origin, *e.g.*, the Sun, or an artificial one, as all man-made sources. How EMF generated by a given source interacts with biological organisms can vary in different situations, depending on their energy and frequency. In this report, an EMF radiation definition is given, characterizing the types of EMF radiation according to their frequency, applications and health effects; occupational exposure is also defined, an analysis of the corresponding legislation is presented as well of the studies conducted, and several examples of working activities that may comprise exposure to EMF.

## **Keywords**

Electromagnetic Fields, Radiation, Occupational Exposure, Workers.

## Índice

Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
Índice.....	iv
Lista de Figuras.....	v
Lista de Tabelas.....	vi
Lista de Siglas.....	vii
Lista de Símbolos.....	ix
1 Introdução.....	1
2 Radiação Electromagnética.....	3
2.1 O que é?.....	3
2.2 Radiação Não-Ionizante.....	4
2.3 Radiação Ionizante.....	6
3 Legislação e normas de protecção.....	9
4 Exemplos de actividades profissionais com exposição ocupacional a campos electromagnéticos na banda de RF.....	13
4.1 Actividades Médicas.....	13
4.2 Telecomunicações.....	14
4.3 Soldadura e outras aplicações industriais.....	16
4.4 Outros.....	18
5 Casos Práticos e Medidas de Protecção em situações de Exposição Ocupacional.....	19
6 Conclusões.....	21
Referências.....	25

## Lista de Figuras

Figura 2.1. Tipos de radiação no espectro electromagnético (extraído de [5]).....	4
Figura 4.1. Exemplo da exposição ocupacional a RF em electrocirurgia .....	14
Figura 4.2. Distâncias onde os limites de exposição ocupacional e para a população em geral são atingidos (extraído de [18]). .....	16
Figura 4.3. Cenário de exposição ocupacional na utilização de equipamento de soldadura de plásticos (extraído de [17]).....	17

## **Lista de Tabelas**

Tabela 3.1. Valores limite de exposição ocupacional (banda de RF) (extraído de [12]).....	9
Tabela 3.2. “Valores que desencadeiam a acção” (valores RMS constantes). .....	11

## Lista de Siglas

AM	<i>Amplitude Modulation.</i>
ANACOM	Autoridade Nacional de Comunicações.
CEM	Campos Electromagnéticos.
ELF	<i>Extremely Low Frequencies.</i>
EMF	<i>Electromagnetic Field.</i>
FM	<i>Frequency Modulation.</i>
IARC	<i>International Agency for Research on Cancer.</i>
MRI	Ressonância Magnética.
OMS	Organização Mundial de Saúde.
RF	Radiofrequência.
RMS	<i>Root Mean Square</i>
SAR	<i>Specific Absortion Rate.</i>





## Lista de Símbolos

$B$	Fluxo Magnético.
$E$	Campo Eléctrico.
$H$	Campo Magnético.
$I_c$	Corrente de Contacto.
$I_L$	Corrente Induzida.
$J$	Densidade de Corrente.
$S$	Densidade de Potência.
$S_{eq}$	Densidade de Potência da Onda Plana Equivalente.

# 1 Introdução

Os campos electromagnéticos fazem parte do dia-a-dia de todos nós, sejam eles provenientes de fontes naturais, como o Sol ou o campo magnético terrestre, ou originados por fontes artificiais.

O crescimento tecnológico, as mudanças no comportamento social e nos hábitos de trabalho (próprios de uma sociedade em evolução) criaram um ambiente crescentemente exposto às mais diversas fontes de radiação electromagnética, criadas artificialmente pelo Homem.

A radiação proveniente de cada fonte pode interagir com os sistemas biológicos de diferentes formas, sendo os campos electromagnéticos caracterizados pela frequência a que operam e pela intensidade do campo, sendo estas as características que determinam o grau de interacção com os sistemas biológicos.

O Projecto **monIT** [1], teve início em 2002 (na altura designado por Projecto **ITEM**) surgiu no contexto de uma crescente preocupação pública com os possíveis efeitos nocivos para a saúde provocados pela radiação electromagnética emitida pelas antenas dos sistemas de comunicações, procurando esclarecer a população acerca dos mesmos.

Define-se exposição ocupacional como a exposição a um dado agente ou substância potencialmente perigosa durante o trabalho [2], [3]. Para qualquer agente ou substância considerado, a exposição ocupacional difere da exposição da população em geral pois é usualmente considerado que os trabalhadores podem ter formação sobre o tema e tomar medidas extra de protecção. Os agentes ou substâncias podem incluir gases, radiação electromagnética, poeiras, som, etc., que possam potencialmente causar danos na saúde do trabalhador. Neste relatório analisa-se a questão da exposição a campos electromagnéticos, nomeadamente na banda de frequências de RF, que é a banda usualmente usada nos sistemas de radiocomunicações.

Este relatório tem como objectivo analisar a questão da exposição ocupacional (dos trabalhadores) a campos electromagnéticos na banda de frequências de RF. Neste sentido define-se radiação electromagnética, e caracterizam-se os tipos de radiação electromagnética segundo a sua gama de frequências, aplicações e efeitos para a saúde no Capítulo 2. No Capítulo 3 analisa-se a legislação referente a esta área, seguindo-se no Capítulo 4 uma análise dos estudos efectuados e apresentando-se exemplos de actividades laborais que poderão implicar exposição a campos electromagnéticos. No Capítulo 5 identificam-se alguns casos práticos de exposição ocupacional e medidas de protecção tomadas, sendo que no Capítulo 6 se apresentam as principais conclusões do relatório.



## 2 Radiação Electromagnética

Neste capítulo, define-se radiação electromagnética e caracterizam-se os tipos de radiação electromagnética segundo a sua gama de frequências e aplicações, separando-se a radiação ionizante da não-ionizante. No âmbito da radiação ionizante, faz-se uma breve referência aos possíveis efeitos para a saúde decorrentes da exposição a este tipo de radiação.

### 2.1 O que é?

A radiação electromagnética está presente desde o início do universo, vivendo-se sempre na sua presença. Esta corresponde a um conjunto de ondas ou partículas que se propagam no espaço transportando energia, e ocorre de forma natural no universo, sendo em geral invisível para o olho humano (a luz é a excepção, e sua forma mais familiar). Existem várias fontes de radiação electromagnética de origem natural, por exemplo, o sol, e de origem humana, por exemplo, antenas dos sistemas de comunicações móveis e de radiodifusão, [1], [4].

As ondas electromagnéticas propagam-se no espaço, transportando energia electromagnética e são constituídas por duas entidades interdependentes: o campo eléctrico,  $E$ , e o campo magnético,  $H$  (ou campo de indução magnética,  $B$ ). O produto destes dois campos resulta na densidade de potência,  $S$ . Uma onda electromagnética pode ser criada por uma corrente eléctrica variável no tempo, [1].

As formas de radiação diferem na frequência e respectivo comprimento de onda. Existem dois tipos de radiação, ionizante e não-ionizante, Figura 2.1.

Radiação com um valor de comprimento de onda mais elevado, correspondente a ondas de frequência mais baixa (por exemplo, ondas rádio), tem menos energia que a radiação caracterizada por valores de comprimento de onda menores, a que correspondem valores de frequência altos (por exemplo, raios gama). A diferença entre radiação ionizante e não-ionizante consiste na quantidade de energia transportada que, ao interagir com um átomo, pode ou não remover electrões da órbita do mesmo fazendo com que seja ionizado ou carregado, [5], [6] e [7].

Consoante a frequência do campo electromagnético (CEM) a interacção com o corpo vai ser diferente, ou seja, os efeitos de exposição a um campo vão depender da frequência deste, sendo que, a quantidade de energia absorvida pelo corpo humano poderá causar efeitos biológicos, dependendo de vários factores, [7]:

- o tipo de radiação;
- a energia da radiação;
- o órgão ou tecido sobre o qual incide a radiação;
- o tempo/quantidade de exposição.

A ocorrência de um efeito biológico pode ou não resultar em efeitos adversos para a saúde.

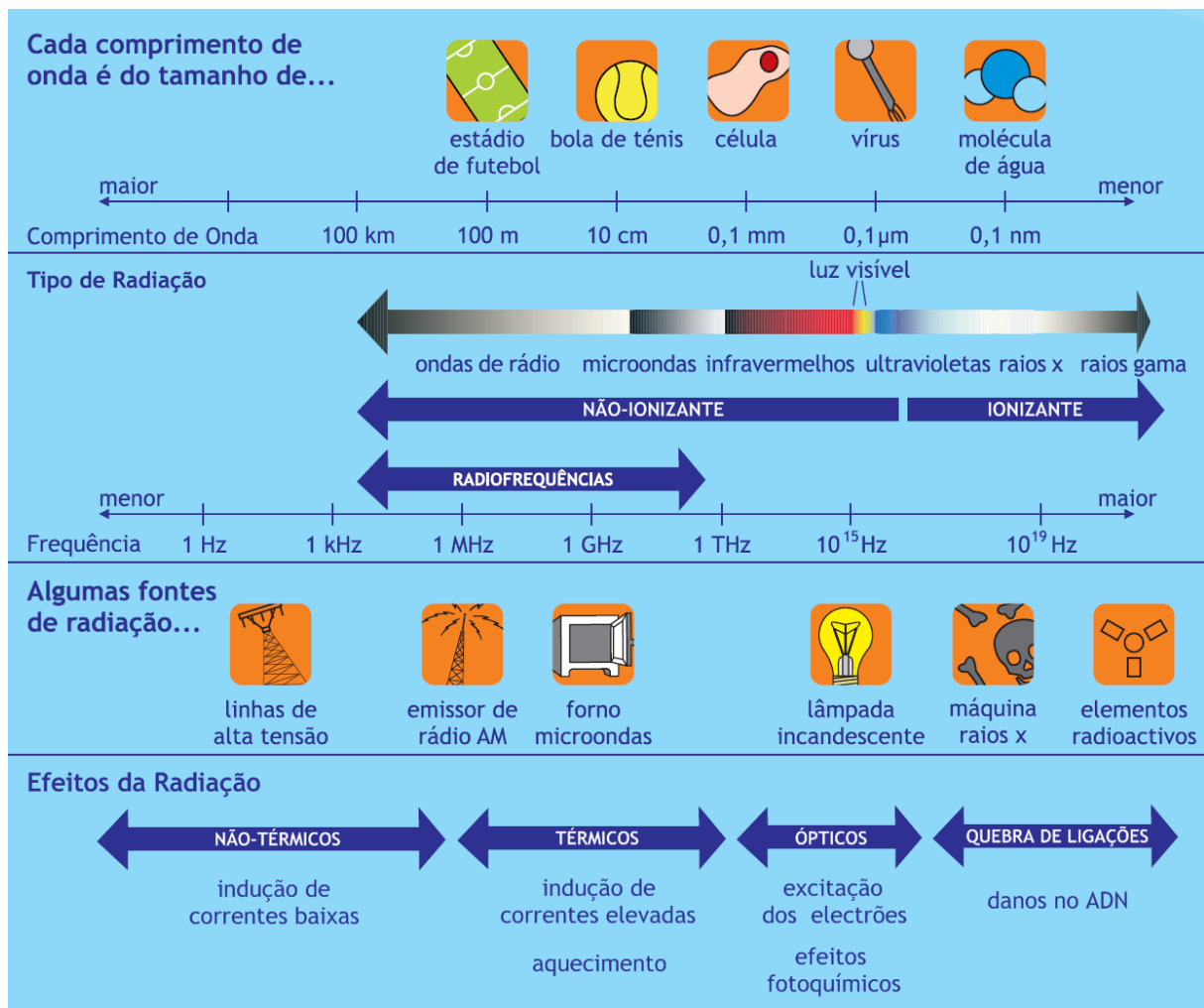


Figura 2.1. Tipos de radiação no espectro electromagnético (extraído de [5]).

## 2.2 Radiação Não-Ionizante

A radiação é considerada não-ionizante quando não tem energia suficiente para provocar quebras nas moléculas, isto é, ionização. A gama de frequências das radiações não-ionizantes vai desde a radiação de frequência nula (incluindo a porção do espectro de radiofrequências, microondas e luz visível) até aos raios ultravioleta.

No nosso dia-a-dia, utilizamos diversas fontes de radiação não-ionizante, [5]:

- microondas – em telecomunicações e para aquecimento de alimentos;
- ondas infravermelhas – lâmpadas infravermelhas para manter a comida quente em restaurantes;
- ondas rádio – sistemas de difusão, como os de rádio e televisão.

Decorrente da exposição a campos magnéticos estáticos, apenas é possível ocorrerem efeitos agudos para a saúde quando existe movimento no campo, como o movimento de

uma pessoa ou o movimento interno do campo, como a circulação sanguínea ou os batimentos cardíacos. Uma pessoa em movimento sujeita a um campo superior a 2 T pode ter sensações de vertigem ou náusea, e por vezes sentir um gosto metálico na boca e percepção de *flashes* de luz. Embora sejam apenas temporários, estes efeitos podem ter um impacto de segurança para trabalhadores que executem procedimentos delicados (como cirurgias que estejam a trabalhar em unidades de ressonância magnética). Campos magnéticos estáticos exercem forças em cargas que estão em movimento no sangue, como iões, que geram campos eléctricos e correntes em torno do coração e dos vasos sanguíneos mais importantes e que podem impedir ligeiramente o fluxo de sangue. Os efeitos possíveis variam entre alterações ligeiras na pulsação até ao aumento do risco de ritmos cardíacos fora do normal (arritmia), que pode pôr em risco a vida (como fibrilação ventricular). No entanto, apenas existe a possibilidade de estes efeitos agudos ocorrerem em campos superiores a 8 T. Não é possível determinar se existem ou não efeitos a longo prazo decorrentes da exposição a campos magnéticos mesmo na ordem de mT, uma vez que até à data, não existem estudos epidemiológicos ou estudos de longo prazo com animais bem conduzidos. Portanto, a carcinogenicidade de campos magnéticos estáticos em humanos ainda não é classificável presentemente [8].

Os efeitos para a saúde identificados para a exposição a campos de frequências extremamente baixas (ELF, *e.g.*, linhas de energia eléctrica) encontram-se diferenciados consoante a duração de exposição. Nos efeitos de curta duração existem efeitos biológicos estabelecidos devido à exposição aguda a níveis elevados (bem acima de 100  $\mu$ T). Campos magnéticos ELF externos induzem campos eléctricos e correntes no corpo, os quais, quando a intensidade é muito elevada, causam a estimulação de nervos e músculos, devido às alterações provocadas na excitabilidade de células nervosas do sistema nervoso central. Nos efeitos potenciais de longo prazo os campos magnéticos de ELF encontram-se classificados pela IARC (*International Agency for Research on Cancer*) como “possivelmente carcinogénicos” para humanos, *i.e.*, existe uma evidência limitada de carcinogénese em humanos e uma evidência menos que suficiente de carcinogénese em experiências com animais (outros exemplos de agentes do mesmo grupo incluem o café e emissões em processos de soldagem). Grande parte da investigação científica que examina os riscos de exposição a longo prazo a campos magnéticos ELF foca-se na leucemia infantil, no entanto, a evidência relacionada com leucemia infantil não é forte o suficiente para ser considerada causal. Além dos efeitos já citados, outros efeitos adversos sobre a saúde têm sido estudados para uma possível associação com campos magnéticos ELF. No entanto, o Grupo de Trabalho da OMS (Organização Mundial de Saúde) concluiu que a evidência científica que sustenta a associação entre a exposição a campos magnéticos ELF e outros efeitos sobre a saúde é muito inferior do que para leucemia infantil. Em algumas situações (*i.e.*, para doenças cardiovasculares ou cancro da mama) a evidência sugere que estas doenças não são causadas por estes campos [9].

Para exposição a campos RF, até ao momento, o único efeito para a saúde identificado nos estudos científicos, relaciona-se com o aumento da temperatura corporal (inferior a 1° C) devido à exposição a intensidades de campo muito elevadas [10].

### 2.3 Radiação Ionizante

A radiação é considerada ionizante quando tem energia suficiente para que, ao interagir com um átomo, consiga remover electrões da órbita do mesmo, fazendo com que se torne carregado ou ionizado. Ou seja, as fontes de radiação electromagnética ionizante correspondem à porção do espectro electromagnético com valores de frequência mais elevados, isto é, a partir da ordem dos  $10^{16}$  Hz, que inclui os raios X e gama, [5].

Existem formas específicas de radiação ionizante, [6]:

- por partículas – consiste em partículas atómicas ou sub-atómicas (electrões, protões, etc.) que transportam energia na forma de energia cinética ou massa em movimento;
- electromagnética – na qual a energia é transportada por oscilação dos campos eléctrico ou magnético que viajam no espaço à velocidade da luz.

A radiação ionizante é capaz, directa ou indirectamente, de remover electrões da maioria das moléculas, existindo os seguintes tipos de radiação ionizante, [5] [6]:

- Partículas alfa – incluem dois protões e dois electrões; as condições que levam à emissão destas partículas derivam da necessidade de restaurar o balanço no núcleo quando o rácio de neutrões/protões é muito baixo. É considerada uma forma de ionização directa visto estas partículas carregarem uma carga podendo assim interagir directamente com os electrões do átomo através de forças de Coulomb (isto é, cargas iguais repelem-se, cargas opostas atraem-se).
- Partículas beta – são essencialmente electrões; a emissão destas partículas ocorre quando o rácio de neutrões/protões no núcleo é muito alto. Neste caso, o neutrão em excesso é transformado em protão e electrão, ficando o protão no núcleo e o electrão ejectado energeticamente. Como as partículas alfa, é considerada uma forma de ionização directa.
- Neutrão – é uma partícula ionizante indirecta, pois não transporta uma carga eléctrica. A ionização é causada por partículas carregadas que são produzidas durante colisões com núcleos atómicos.
- Raios X e Gama – são energia pura (fotões); é uma radiação ionizante electromagnética indirecta, visto serem neutras em termos eléctricos (como todas as formas de radiação electromagnética) e não interagirem com electrões do átomo através de forças de Coulomb.

Existem muitos elementos isótopos radioactivos, quer naturais (encontram-se no solo e água), quer artificiais, que podem emitir partículas alfa, beta ou radiação gama. Estas emissões ocorrem quando o núcleo de um átomo radioactivo tem demasiada energia. A diferença entre os raios X e os raios gama é que os últimos têm origem no núcleo, enquanto



os primeiros têm origem nos electrões mais próximos do núcleo (tendo um nível de energia ligeiramente inferior aos raios gama). Estas radiações são utilizadas em diversas aplicações, como diagnósticos médicos, tratamentos, indústria, entre outros.

Estes tipos de radiação interagem de forma diferente com os materiais, sendo as medidas de protecção para a sua exposição diferentes.

Uma folha de papel, ou mesmo a pele humana, servem como escudo para as partículas alfa, sendo que os efeitos na saúde causados pela exposição a estas dependem da forma como ocorre a exposição. Uma exposição externa ao corpo é de muito menor preocupação que uma exposição interna, pois as partículas alfa não têm energia para penetrar a camada exterior de pele. No entanto se as partículas alfa forem ingeridas, inaladas ou absorvidas na corrente sanguínea a exposição de tecidos sensíveis a este tipo de radiação provoca efeitos biológicos que aumentam o risco de cancro, [5].

No caso das partículas beta, uma folha de papel não é suficiente para as isolar, em alguns casos a pele humana pode vedar a passagem destas partículas, mas para outros são necessários materiais mais fortes a servir de protecção, por exemplo, madeira. A exposição a esta radiação pode provocar efeitos agudos na saúde (resultantes, por exemplo, de um contacto com uma fonte significativa de partículas beta de um equipamento industrial abandonado) e efeitos crónicos (resultantes da exposição a níveis baixos mas durante um grande período de tempo), sendo estes últimos os mais comuns. Os efeitos crónicos desenvolvem-se de forma lenta (durante um período de tempo de 5 a 30 anos) e o principal efeito na saúde é o cancro (quando a exposição a partículas beta é interna pode causar danos nos tecidos e aumentar o risco de cancro), [5].

Dos tipos de radiação referidos, os raios X e gama são os que têm maior capacidade de penetração, sendo necessário usar um escudo pelo menos tão denso como uma parede de tijolo como medida de protecção. Neste tipo de radiação, a exposição externa e interna constituem uma preocupação e podem provocar efeitos na saúde. Apesar de este tipo de radiação ionizante ser normalmente classificada como um perigo de exposição externo, também podem ser inalada ou ingerida, existindo assim uma exposição dos órgãos internos que pode reter a radiação nos tecidos ou expeli-la pelo corpo, dependendo da sua origem, [5].



### 3 Legislação e normas de protecção

Para a protecção dos trabalhadores devem ser definidos limites de exposição ocupacional a um dado agente ou substância. Os valores limite de exposição ocupacional são estabelecidos pelas autoridades nacionais competentes e podem aplicar-se quer a produtos comercializados, quer a resíduos e subprodutos dos processos de produção. Visam a protecção contra os efeitos ao nível da saúde, mas não tratam de questões de segurança como a das concentrações inflamáveis [2].

No caso de Portugal existem várias normas que estabelecem limites para a exposição ocupacional. Por exemplo, no caso de agentes químicos, os valores limites são estabelecidos pelo Instituto Português da Qualidade [11]. No caso específico dos campos electromagnéticos (incluindo a banda de RF), os limites em Portugal encontram-se estabelecidos na Directiva 2004/40/EC do parlamento europeu e do conselho [12]. A directiva estabelece os valores limite de exposição para protecção dos trabalhadores para minimizar os riscos para a sua segurança e saúde a que estão, ou podem vir a estar, sujeitos devido à exposição a campos electromagnéticos (0 Hz – 300 GHz) durante o trabalho. Esta directiva apenas contempla os efeitos a curto prazo, mas poderá não evitar situações de interferência com dispositivos médicos, que deverão ser objecto de precauções apropriadas e de medidas de protecção. Na Tabela 3.1 apresentam-se os valores limite de exposição definidos na directiva para a banda de frequências de RF. De referir que esta directiva deve ser transcrita para a legislação nacional até final de Abril de 2012.

Tabela 3.1. Valores limite de exposição ocupacional (banda de RF) (extraído de [12]).

Frequências	Densidade de corrente para a cabeça e o tronco – $J$ [mA/m <sup>2</sup> ] (RMS)	SAR média para todo o corpo [W/kg]	SAR localizada (cabeça e tronco) [W/kg]	SAR localizada (membros) [W/kg]	Densidade de Potência [W/m <sup>2</sup> ]
1 – 100 kHz	$f/100$	-	-	-	-
0.1 – 10 MHz	$f/100$	0.4	10	20	-
0.01 – 10 GHz	-	0.4	10	20	-
10 – 300 GHz	-	-	-	-	50

Utilizam-se várias grandezas físicas para especificar os valores limite de exposição aos campos electromagnéticos, a fim de prevenir diferentes efeitos sobre a saúde do trabalhador, [12]:

- Entre 1 Hz e 10 MHz, prescrevem-se valores limite de exposição para a densidade da corrente, a fim de prevenir efeitos sobre as funções do sistema nervoso.
- Entre 100 kHz e 10 GHz, prescrevem-se valores limite de exposição para a SAR, a fim de prevenir o stress do calor em todo o corpo e um aquecimento localizado excessivo dos tecidos. Na gama de 100 kHz a 10 MHz, prescrevem-se valores limite de exposição, tanto para a densidade da corrente, como para a SAR.
- Entre 10 GHz e 300 GHz, prescreve-se um valor limite de exposição para a densidade de potência, a fim de prevenir o aquecimento dos tecidos à superfície do corpo ou próximo dela.

Os valores limite deverão ser valores médios ao longo de um período de 6 minutos (RMS), devendo ser medidos utilizando 10 g de tecidos contíguos com propriedades eléctricas praticamente homogéneas. Caso os campos sejam constituídos por impulsos ou por campos com múltiplas frequências, devem ser aplicados métodos apropriados de medição.

Analisando a Tabela 3.1 verifica-se imediatamente que os valores apresentados são baseados nos valores limite estabelecidos para a população em geral [13], sendo 5 vezes superiores. Os valores para exposição ocupacional são mais elevados, pois, como já foi referido, considera-se que os trabalhadores podem ter formação sobre o tema e tomar medidas extra de protecção, quando comparado com a população em geral.

Como não é possível fazer medições directas dos valores de SAR em seres vivos, é necessário estabelecer níveis de referência (também conhecidos como “valores que desencadeiam a acção”) utilizando grandezas que possam ser facilmente mensuráveis, Tabela 3.2. O cumprimento destes níveis de referência garante o cumprimento dos valores limite de exposição ocupacional, mas o não cumprimento destes níveis de referência não implica automaticamente o não cumprimento dos valores limite, sendo que, neste caso, será necessário avaliar directamente se os valores limite são respeitados.

Novamente, está estabelecido na directiva que estes valores devem ser calculados como a média ao longo de um período de tempo (6 minutos se a frequência for inferior a 10 GHz ou um período de tempo igual a  $68/f^{1.05}$  se for superior). Está igualmente estabelecido na directiva quais os passos a tomar se for uma exposição a campos constituídos por impulsos ou transitórios, ou ainda como obter os valores de referência de pico a partir dos valores RMS, para as várias gamas de frequência.

Finalmente, além de estabelecer os valores limite de exposição à radiação em ambiente ocupacional, a Directiva também inclui secções onde se enunciam as obrigações das entidades patronais, incluindo os métodos e mecanismos para determinar a exposição e avaliar, reduzir ou evitar os riscos associados, bem como a informação e formação que deve ser prestada aos trabalhadores sobre esta temática.

Tabela 3.2. “Valores que desencadeiam a acção” (valores RMS constantes).

Frequência	Intensidade do Campo Eléctrico $E$ – [V/m]	Intensidade do Campo Magnético – $H$ [A/m]	Densidade do Fluxo Magnético – $B$ [ $\mu$ T]	Densidade de Potência da Onda Plana Equivalente – $S_{eq}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Corrente de Contacto – $I_c$ [mA]	Corrente Induzida dos Membros – $I_L$ [mA]
2.5 – 65 kHz	610	24.4	30.7	-	$0.4f$	-
65 – 100 kHz	610	$1600/f$	$2000/f$	-	$0.4f$	-
0.1 – 1 MHz	610	$1.6/f$	$2/f$	-	40	-
1 – 10 MHz	$610/f$	$1.6/f$	$2/f$	-	40	-
10 – 110 MHz	61	0.16	0.2	10	40	100
110 – 400 MHz	61	0.16	0.2	10	-	-
400 – 2000 MHz	$3f^{3/2}$	$0.008f^{3/2}$	$0.01f^{3/2}$	$f/40$	-	-
2 – 300 GHz	137	0.36	0.45	50	-	-

A realização de medidas num determinado local permite avaliar inequivocamente quais os níveis de exposição nesse mesmo local. Existem procedimentos de medida estabelecidos para a medição de campos electromagnéticos [14], que incluem a banda de RF, e que devem ser tomados em conta para uma correcta avaliação da exposição aos campos electromagnéticos num dado local. De qualquer forma, pode ser necessário desenvolver, adaptar ou estudar novos procedimentos de medida adaptados a uma dada situação, *e.g.*, para a escolha dos pontos de medida [15]. Adicionalmente, importa salientar que em algumas situações pode ser necessário analisar individualmente as várias grandezas definidas nos níveis de referência, *e.g.*, medir  $E$  e  $H$  separadamente na zona próxima de uma antena. Estas situações têm que ser tomadas em conta, aquando do estudo.

No entanto, pode não ser possível a realização de medidas num dado local, sendo assim difícil determinar *a priori* quais os níveis de exposição a que um trabalhador seria exposto nesse local. No caso dos campos electromagnéticos este problema é ainda maior pois, mesmo junto de uma dada fonte, a sua variação pode ser grande. Podem igualmente existir situações onde os limites podem potencialmente ser excedidos, mas onde medidas de redução não são possíveis. Nestes casos pode ser vantajosa a utilização de modelos teóricos ou ferramentas de simulação, permitindo assim obter valores aproximados dos níveis de campo electromagnético existente no local em estudo, ou mesmo a distância a partir da fonte de radiação onde os limites são atingidos [16].

Todos os passos que devem ser tomados para realizar uma correcta avaliação dos níveis de exposição ocupacional dos trabalhadores, num dado local de trabalho são analisados em [17]. Estes passos são variados, desde o estudo do local a avaliar e respectiva identificação das fontes de radiação aí existentes, passando pela correcta escolha do equipamento de

medida (ou do modelo teórico ou de simulação) a utilizar, realçando também as eventuais medidas de redução da exposição e a variabilidade e incerteza associadas. Finalmente, analisam-se algumas questões específicas, e que devem ser tomados em conta quando se faz uma avaliação dos níveis de exposição ocupacional, para as várias bandas de frequência consideradas.

## **4 Exemplos de actividades profissionais com exposição ocupacional a campos electromagnéticos na banda de RF**

Nesta secção analisam-se vários casos de actividades profissionais onde há ou poderá potencialmente haver cenários de exposição ocupacional a campos electromagnéticos na banda de RF.

Estas actividades vão desde a medicina, até à própria indústria das telecomunicações, passando por actividades industriais diversas que produzem campos electromagnéticos no decorrer das suas actividades normais.

### **4.1 Actividades Médicas**

As actividades médicas são um exemplo de actividade onde existem casos de exposição ocupacional a vários agentes, desde químicos até aos campos electromagnéticos em análise neste documento. No caso dos campos electromagnéticos na banda de RF, existem certas aplicações médicas onde são utilizados para efectuar tratamentos específicos aos doentes. As principais aplicações médicas dos campos electromagnéticos de RF são nas áreas de diatermia, ressonância magnética (MRI), hipertermia e electrocirurgia, [17], [18], [19].

A diatermia e hipertermia são utilizadas para aquecimento dos tecidos, para reabilitação dos tecidos (no caso da diatermia) e para tratamento contra o cancro (no caso da hipertermia). Em ambos os casos são utilizados campos com frequências na ordem das dezenas e centenas de MHz. Têm sido realizados vários estudos para averiguar quais os cenários de exposição nestes casos, sendo que se verifica que em algumas situações os “valores que desencadeiam a acção” poderão ser excedidos em locais situados a distâncias relativamente reduzidas do equipamentos. Neste caso é recomendado que seja mantida uma distância de segurança relativamente ao equipamento, podendo atingir os 2 m em algumas situações [19].

No caso da electrocirurgia, que é utilizada, por exemplo, na área da otorrinolaringologia e medicina dentária, os campos de RF são utilizados para corte e cauterização dos tecidos, sendo utilizadas frequências na ordem dos 300 a 600 kHz. Como são utilizados eléctrodos que não são blindados, os campos electromagnéticos poderão potencialmente ser elevados e poderá ser necessário tomar medidas para garantir o cumprimento da Directiva, Figura 4.1.

Em [19] analisam-se alguns resultados onde se verifica que os “valores que desencadeiam a acção” podem ser excedidos em algumas situações, sendo reportados valores de campo eléctrico na ordem dos kV/m, excedendo assim largamente os valores de referência. No entanto, é também indicado que os valores limite de exposição não devem ser excedidos em condições normais pois usualmente o equipamento é utilizado por períodos reduzidos de tempo, sendo que assim a média de exposição em 6 minutos será bastante mais reduzida.

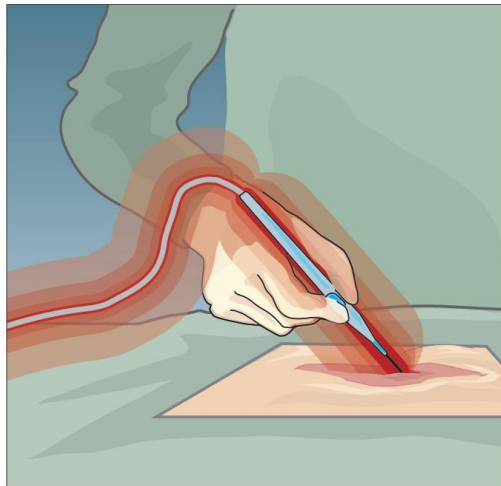


Figura 4.1. Exemplo da exposição ocupacional a RF em electrocirurgia  
(extraído de [18]).

Finalmente, no caso da utilização de ressonância magnética, podem ser gerados campos de RF na banda de 10 a 400 MHz (para além de campos estáticos e campos de frequência extremamente baixa). Em condições normais de utilização os valores limite de exposição ocupacional não são excedidos, pois o pessoal médico pode-se afastar do equipamento durante o seu funcionamento e porque usualmente este é utilizado por períodos de tempo inferiores a 6 minutos. No entanto, poderão existir situações onde, potencialmente, poderão ser excedidos os “valores que desencadeiam a acção”, como por exemplo, o diagnóstico e teste do próprio equipamento com este em funcionamento.

## 4.2 Telecomunicações

No caso das telecomunicações utilizam-se campos electromagnéticos para as comunicações sem fios, como por exemplo nas comunicações celulares, feixes hertzianos, ou outros sistemas semelhantes. Neste caso, a exposição ocupacional a campos electromagnéticos acontece pois, por vezes, é necessário realizar reparações ou outros trabalhos junto das antenas, podendo não ser possível desligar as mesmas. Como as potências envolvidas podem ser muito grandes e pode ser necessário estar bastante próximo da antena, é necessário tomar algumas providências para diminuir a exposição, como por exemplo através do estabelecimento de zonas de exclusão sinalizadas, bem como dar formação específica aos trabalhadores.

Existem vários cenários de exposição ocupacional na área das telecomunicações, sendo os mais importantes, por serem os que potencialmente podem gerar valores de exposição mais elevados, os radares, as antenas de estação base dos sistemas de comunicações móveis e os serviços de radiodifusão de rádio e de televisão.



No caso do radar, apesar dos valores de potência de emissão serem, por norma, bastante elevados, só em condições excepcionais poderão ser encontrados trabalhadores expostos directamente às emissões de um equipamento de radar. Isto acontece por os feixes emitidos pelos radares são bastante directivos. Os valores de densidade de potência que se registam junto da antena na direcção de emissão máxima são bastante elevados, podendo atingir os  $1\ 000\ \text{W/m}^2$  [19]. Mas como os radares usualmente funcionam por impulsos, e são rotativos, o valor médio de exposição chega a ser 10 000 vezes inferior ao valor de pico registado. Apenas em caso de reparação ao equipamento do radar é que poderão existir casos de exposição acima dos valores limite, mas nesse caso, devem ser tomadas medidas extraordinárias de protecção, que podem passar pelo desligar do próprio equipamento. A frequência de emissão de um sistema de radar depende do tipo de radar, mas usualmente situa-se entre as dezenas de MHz e as dezenas de GHz [19], [20].

As antenas dos serviços de radiodifusão emitem usualmente potências bastante elevadas, especialmente no caso dos emissores de TV. Por esse motivo poderão existir questões sobre o cumprimento dos limites de exposição ocupacional. Os sistemas de radiodifusão utilizam bandas de frequência bastante díspares consoante o sistema em causa, como por exemplo na ordem das centenas de kHz para rádio AM, centena de MHz para rádio FM, e centenas de MHz para televisão analógica. As potências envolvidas podem atingir cerca de 100 kW no caso dos emissores de rádio, e cerca de 550 kW no caso dos emissores de televisão [20]. São valores de potência bastante elevados, mas, no entanto, usualmente, os emissores de radiodifusão encontram-se em locais elevados e afastados, especialmente os maiores e que emitem mais potência. As medidas de protecção que podem ser tomadas incluem a definição de zonas de exclusão em redor das antenas para delimitar as áreas onde os valores limite são excedidos, bem como medidas adicionais de protecção sempre que é preciso realizar trabalhos de manutenção ou reparação junto das antenas.

No caso das antenas de estação base dos sistemas de comunicações móveis, as potências envolvidas são bastante inferiores aos sistemas de difusão, pelo que os valores de exposição também são potencialmente inferiores. Apenas em casos de trabalhos de reparação ou manutenção das antenas poderão existir casos onde os limites sejam ultrapassados se não forem tomadas medidas. As antenas dos sistemas de comunicações móveis usualmente utilizadas são directivas, pelo que, na parte posterior da antena, em condições normais, os limites não são excedidos. Adicionalmente, podem ser definidas zonas de exclusão em redor da antena, para evitar que os trabalhadores sejam expostos a valores superiores aos limites. Habitualmente, a distância à frente da antena onde os limites de exposição ocupacional são atingidos é cerca de 1 m no máximo (3 m para a população em geral), [16], [18], Figura 4.2. As bandas de frequência utilizadas dependem do sistema, mas as mais usuais são 900, 1 800, 1 850 MHz (GSM) e 2 100 MHz (UMTS).

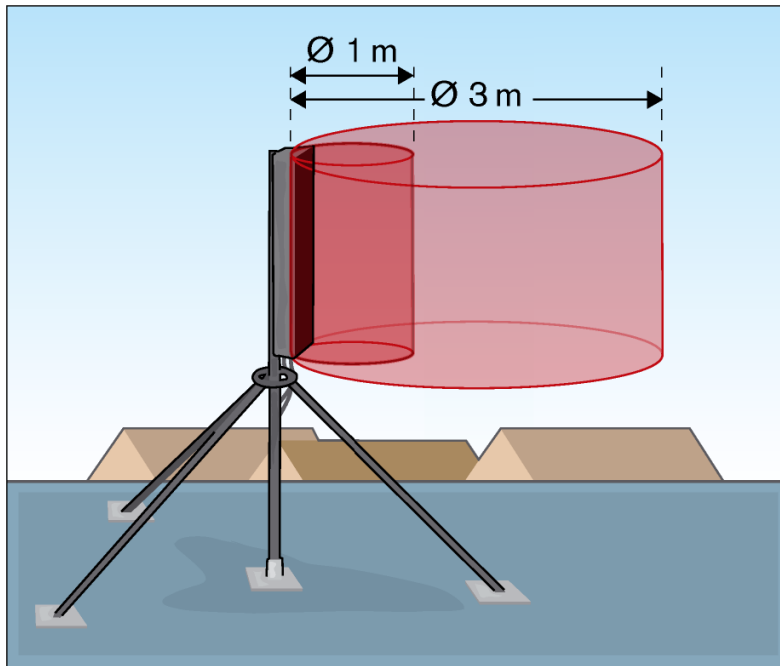


Figura 4.2. Distâncias onde os limites de exposição ocupacional e para a população em geral são atingidos (extraído de [18]).

### 4.3 Soldadura e outras aplicações industriais

Existem vários processos de efectuar soldadura, sendo que poderão existir cenários de exposição ocupacional a RF em algum deles. A “soldadura por arco” funciona fazendo com que exista um arco eléctrico entre o eléctrodo e os metais a serem unidos. Existem processos de “soldadura por arco” que utilizam valores de frequência entre os 100 e os 500 kHz [18]. Utilizam-se valores de frequência mais elevados, pois a penetração do calor no material é inferior nesses casos.

Os valores de exposição dependem de vários factores, tais como, a duração do processo de soldadura, o grau de mecanização, a distância e eventuais blindagens existentes; pelo que cada caso específico deve ser alvo de uma análise detalhada para averiguar os cenários de exposição.

Um outro caso de exposição ocupacional em soldadura é a soldadura de plásticos, onde também são utilizados campos electromagnéticos na banda de RF. As bandas de frequência passíveis de serem utilizadas neste caso situam-se na ordem das dezenas de MHz (13.56, 27.12 ou 40.68 MHz), [17].

No caso da soldadura de plásticos poderão existir cenários de exposição ocupacional a RF, mas as correntes de contacto e correntes induzidas também terão de ser tomadas em consideração, Figura 4.3. Os valores de tensão e potências utilizadas são usualmente bastante elevados, sendo que a questão principal será saber a que distância os valores limite são atingidos, e não se serão atingidos. É assim necessário proceder à análise de todos os

parâmetros, fazendo médias de exposição pelo corpo, e medindo individualmente os membros do corpo. As medidas terão sempre de ser feitas sem o operador presente, pois a sua presença poderá distorcer fortemente os valores medidos. Se os valores limite forem ultrapassados no local de trabalho do operador, então novas medidas terão de ser tomadas, como adicionar blindagem ou mesmo aumentar o próprio afastamento do trabalhador em relação ao equipamento.

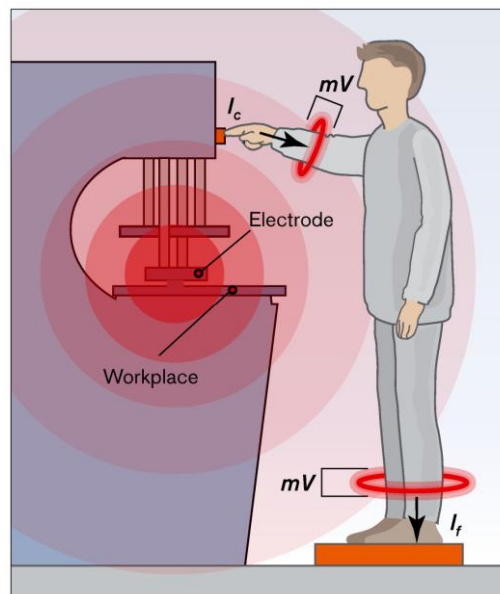


Figura 4.3. Cenário de exposição ocupacional na utilização de equipamento de soldadura de plásticos (extraído de [17]).

Outras aplicações industriais e comerciais poderão gerar casos de exposição ocupacional a campos electromagnéticos na banda de RF. Pode-se, por exemplo, listar os sistemas anti-roubo nas lojas ou aplicações industriais de fornos de microondas ou de indução.

No caso dos sistemas anti-roubo, existem vários tipos, sendo que alguns deles emitem campos electromagnéticos na banda de RF: 1 a 20 MHz ou 0.8 a 2.5 GHz, [19]. Nestes casos, usualmente os valores de potência envolvidos não são muito elevados, pelo que os valores de exposição ocupacional também não serão. De qualquer forma, normalmente estes sistemas são instalados nas entradas das lojas, museus, bibliotecas, etc., pelo que, a forma mais simples de reduzir a exposição passa por simplesmente afastar os trabalhadores destes locais. Existem também sistemas, por exemplo em bibliotecas, onde os emissores estão mais perto dos trabalhadores, mas neste caso, os valores em causa apenas são mais elevados bastante próximo do equipamento, a distâncias na ordem dos centímetros, e o tempo de exposição é também ele reduzido.

Nos casos dos fornos industriais e aquecedores/secadores de microondas ou de indução, estes são utilizados para aquecimento e secagem de materiais. O aquecimento por indução

é utilizado em vários fins industriais, sendo que usualmente o equipamento de indução é desenhado e desenvolvido especificamente para um dado fim. As frequências em causa neste tipo de equipamento são por isso bastante variáveis, podendo ir dos poucos kHz até aos poucos MHz, com valores de potência que podem ser bastante elevados. Por esse motivo, terá de se proceder à análise individual de exposição em cada caso para averiguar se os limites de exposição são cumpridos. No entanto, em condições normais, os aparelhos podem ser controlados à distância, pelo que se pode facilmente reduzir os níveis de exposição ocupacional dos trabalhadores.

No caso dos secadores de microondas, a banda mais comum de operação são os 2 450 MHz, embora exista também equipamento a funcionar noutras frequências. No caso destes equipamentos, a energia das microondas é utilizada para secar um dado material ou superfície, para se poder realizar, por exemplo, uma qualquer reparação. Estes equipamentos podem gerar valores de campo electromagnéticos bastante elevados, pelo que alguns cuidados têm de ser tomados em conta na sua utilização. No entanto, em condições normais estes equipamentos podem ser utilizados de forma remota, pelo que os cenários de exposição ocupacional não se colocam nessa situação.

#### **4.4 Outros**

Poderão existir bastantes outros sistemas ou equipamentos que geram, directamente ou indirectamente, cenários de exposição ocupacional a campos electromagnéticos na banda de RF. Se houver suspeitas de que os limites de exposição poderão ser ultrapassados num dado local, ou junto a um dado equipamento, deverão ser tomados vários passos, tal como já foi referido anteriormente. Estes passos incluem a identificação dos equipamentos que poderão ser fontes de radiação e quais as bandas em que estes emitem ou podem emitir, a verificação dos procedimentos de trabalho nesse local ou junto do equipamento em causa e mesmo realização de medidas ou de simulações dos cenário de exposição ocupacional. Poderão também ser tomadas medidas preventivas, como, por exemplo, a criação de zonas de segurança ou de eventuais blindagens junto de um equipamento e, finalmente, deverá ser também fornecida formação específica aos trabalhadores em causa.

## 5 Casos Práticos e Medidas de Protecção em situações de Exposição Ocupacional

Nas secções anteriores foram analisados vários casos e cenários de exposição ocupacional, para várias actividades industriais, médicas e outras. Esta análise foi feita de forma genérica para cada actividade, analisando os parâmetros de exposição mais usuais, como as potências médias em questão, as bandas de frequência utilizadas por cada equipamento, e outros factores. Nesta secção, faz-se uma análise a um caso específico de medidas de protecção, analisando-se as medidas de protecção específicas que são tomadas na prática, em ambientes reais, pelas empresas operadoras de telecomunicações móveis. Neste sentido foram contactados os operadores móveis nacionais, para averiguar as medidas de protecção que estes implementam aos seus trabalhadores, quando estes têm de efectuar trabalho junto das suas antenas de estação base.

Foram recebidas respostas por parte de todos os operadores móveis portugueses: Optimus, TMN e Vodafone, [21], [22] e [23]. As medidas tomadas incluem a própria desactivação das antenas em causa, ou redução da potência de emissão, sempre que necessitem de ser realizados trabalhos junto destas. Adicionalmente, pode ser requerido que os trabalhadores estejam equipados com aparelhos de medição pessoal dos campos electromagnéticos a que estão expostos (*i.e.*, dosímetros). Estes equipamentos permitem fazer uma monitorização dos níveis de campo a que os trabalhadores estão expostos, podendo emitir algum tipo de alarme ao detectarem valores mais elevados.

Medidas adicionais prendem-se com a formação dos próprios trabalhadores. Assim, folhetos com boas práticas de trabalho também são, em alguns casos, fornecidos aos trabalhadores, com indicações sobre as precauções a tomar quando se realizam trabalhos junto das antenas, *e.g.*, tentar sempre que possível realizar o trabalho ou reparação na parte posterior das antenas, pois como as antenas usualmente são direccionais, os níveis de exposição serão menores na sua parte de trás.

Todas estas medidas são aplicadas a todos os trabalhadores que tenham de efectuar trabalhos junto das antenas, sejam do próprio operador, sejam de empresas subcontratadas, sendo que existem igualmente memorandos de entendimento entre os operadores nacionais para a realização de trabalhos junto de estações base partilhadas.



## 6 Conclusões

Os campos electromagnéticos estão presentes no dia-a-dia de todos, sejam provenientes de fontes naturais, como o Sol ou o próprio campo magnético terrestre, ou provenientes de fontes artificiais. O crescimento tecnológico, as mudanças no comportamento social e nos hábitos de trabalho (próprios de uma sociedade em evolução) criaram um ambiente crescentemente exposto a fontes de radiação electromagnética que foram criadas pelo homem.

É necessário distinguir o tipo de radiação electromagnética, ionizante ou não-ionizante, pois, consoante a frequência do CEM, a interacção com o corpo vai ser diferente, ou seja, os efeitos de exposição a um campo vão depender da frequência deste, da sua energia, do órgão/tecido onde incide, do tempo/quantidade de exposição, além das condições de exposição aos CEMs, *i.e.*, se se trata de uma situação de exposição da população em geral ou de trabalhadores.

No caso de se tratar de radiação ionizante, *i.e.*, a porção do espectro electromagnético com valores de frequência a partir da ordem dos  $10^{16}$  Hz que inclui os raios X e gama, esta tem energia suficiente para provocar alterações nas moléculas, podendo aumentar o risco de cancro.

A radiação não-ionizante não tem energia suficiente para provocar quebras nas moléculas, *i.e.*, não pode provocar ionização. Sendo que a sua gama de frequências vai desde a radiação de frequências extremamente baixas (incluindo a porção do espectro de RF, microondas e luz visível) até aos raios ultravioleta.

Neste relatório foi focada a questão da exposição ocupacional, *i.e.*, a exposição a um dado agente ou substância potencialmente perigosa durante o trabalho, a campos electromagnéticos na banda de RF. Esta difere da exposição da população em geral pois é usualmente considerado que os trabalhadores podem ter formação sobre o tema e tomar medidas extra de protecção.

Em Portugal existem várias normas que estabelecem limites para a exposição ocupacional. No caso específico dos campos electromagnéticos (incluindo a banda de RF) os valores limite de exposição para protecção dos trabalhadores encontram-se estabelecidos na Directiva 2004/40/EC do parlamento europeu e do conselho. Esta Directiva apenas contempla os efeitos a curto prazo, mas poderá não evitar situações de interferência com dispositivos médicos, que deverão ser objecto de precauções apropriadas e de medidas de protecção. Estes valores limite para exposição ocupacional são mais elevados do que os da população em geral, pois, como já foi referido, considera-se que os trabalhadores podem ter formação sobre o tema e tomar medidas extra de protecção.

Todos os passos que devem ser tomados para realizar uma correcta avaliação dos níveis de exposição ocupacional dos trabalhadores, num dado local de trabalho são analisados em [17]. Estes passos são variados, desde o estudo do local a avaliar e respectiva identificação das fontes de radiação aí existentes, passando pela correcta escolha do equipamento de medida (ou do modelo teórico ou de simulação) a utilizar, realçando também as eventuais medidas de redução da exposição e a variabilidade e incerteza associadas. Finalmente, analisam-se algumas questões específicas, e que devem ser tomados em conta quando se faz uma avaliação dos níveis de exposição ocupacional, para as várias bandas de frequência consideradas.

Foram enunciados alguns casos de actividades profissionais onde há ou poderá potencialmente haver cenários de exposição ocupacional a campos electromagnéticos na banda de RF, nomeadamente, actividades médicas, telecomunicações, aplicações industriais.

No caso de actividades médicas existem casos de exposição ocupacional a vários agentes, desde químicos até aos campos electromagnéticos em análise neste documento. No caso dos campos electromagnéticos na banda de RF, existem certas aplicações médicas onde são utilizados para efectuar tratamentos específicos aos doentes. No caso das telecomunicações utilizam-se campos electromagnéticos para as comunicações sem fios, como por exemplo nas comunicações celulares, feixes hertzianos, ou outros sistemas semelhantes. Neste caso, a exposição ocupacional a campos electromagnéticos acontece pois, por vezes, é necessário realizar reparações ou outros trabalhos junto das antenas, podendo não ser possível desligar as mesmas. Como as potências envolvidas podem ser muito grandes e pode ser necessário estar bastante próximo da antena, é necessário tomar algumas providências para diminuir a exposição, como por exemplo através do estabelecimento de zonas de exclusão sinalizadas, bem como dar formação específica aos trabalhadores.

Em aplicações industriais e comerciais poderão existir cenários de exposição ocupacional a campos de RF, como vários processos de soldadura, onde poderão existir cenário de exposição, dependendo de vários factores, tais como, a duração do processo de soldadura, o grau de mecanização, a distância e eventuais blindagens existentes. Assim, em cada caso específico deve ser realizada uma análise detalhada para averiguar os cenários de exposição. A exposição a sistemas anti-roubo em estabelecimentos comerciais ou aplicações industriais de fornos de microondas ou de indução são outros exemplos de aplicações onde poderá existir exposição ocupacional.

Foi ainda realizada uma análise a um caso específico de medidas de protecção, analisando-se as medidas de protecção específicas que são tomadas na prática, em ambientes reais, pelas empresas operadoras de telecomunicações móveis. Neste sentido, os operadores móveis nacionais foram contactados para averiguar as medidas de protecção que implementam aos seus trabalhadores, quando estes têm de efectuar trabalho junto das suas antenas de estação base. As medidas tomadas incluem a própria desactivação das antenas em causa, ou redução da potência de emissão, sempre que necessitem de ser realizados trabalhos juntos destas. Em certos casos, o transporte por parte do trabalhador de aparelhos de



medição pessoal dos campos electromagnéticos a que estão expostos, e adicionalmente a formação dos trabalhadores.



## Referências

- [1] Projecto monIT, <http://www.lx.it.pt/monit/>, Jan. 2009.
- [2] Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, [http://osha.europa.eu/pt/good\\_practice/topics/dangerous\\_substances/oel/index.stm](http://osha.europa.eu/pt/good_practice/topics/dangerous_substances/oel/index.stm), Jan. 2009.
- [3] Mobile Manufactures Forum, <http://www.mmfai.org/public/glossary.cfm?lang=pt>, Jan. 2009.
- [4] Organização Mundial de Saúde, <http://www.who.int/peh-emf/about/en/>, Jan. 2009.
- [5] Agência Norte-Americana de Protecção Ambiental, <http://www.epa.gov/rpdweb00/understand/index.html>, Jan. 2009.
- [6] Organização Mundial de Saúde, [http://www.who.int/ionizing\\_radiation/about/what\\_is\\_ir/en/index.html](http://www.who.int/ionizing_radiation/about/what_is_ir/en/index.html), Jan. 2009.
- [7] Comité Sobre Aspectos Médicos de Radiação no Ambiente, [http://www.comare.org.uk/comare\\_faq.htm](http://www.comare.org.uk/comare_faq.htm), Jan. 2009.
- [8] Organização Mundial de Saúde, Folha Informativa nº 299 – *Campos electromagnéticos e saúde pública: Campos Eléctricos e Magnéticos Estáticos*, Mar. 2006.
- [9] Organização Mundial de Saúde, Folha Informativa nº 322 – *Campos electromagnéticos e saúde pública: Exposição a Campos de Frequência Extremamente Baixa*, Jun. 2007.
- [10] Organização Mundial de Saúde, Folha Informativa nº 304 – *Campos electromagnéticos e saúde pública: Estações Base e Tecnologias Sem Fio*, Maio 2006.
- [11] Segurança e Saúde do Trabalho. Valores limite de exposição profissional a agentes químicos, Norma NP 1796:2007 (Ed. 4), Inspeção Geral do Trabalho, Portugal, 2007.
- [12] Rectificação à Directiva 2004/40/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de Abril de 2004, relativa às prescrições mínimas de segurança e saúde em matéria de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos aos agentes físicos (campos electromagnéticos), Estrasburgo, Abr., 2004.
- [13] Portaria n.º 1421/2004, de 23 de Novembro, Diário da República – I Série-B, Nº 275, pp. 6834 – 6838, Nov. 2004.
- [14] Electronic Communications Committee (ECC) European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), *Measuring Non-Ionizing Electromagnetics Radiation (9 kHz – 300 GHz)*, ECC Recommendation (02)04, Sep. 2002.

- [15] Carpinteiro,G., Oliveira,C., Correia,L. M. And Fernandes,C., “A Procedure for Measurement of Electromagnetic Radiation in the presence of Multiple Base Stations”, in Proc. of *COST281 Workshop on RF Exposure Assessment*, Paris, France, Sep. 2004.
- [16] Oliveira,C., Fernandes,C., Reis,C., Carpinteiro,G., Ferreira,L., Correia,L.M. and Sebastião,D., *Definition of Exclusion Zones around typical Installations of Base Station Antennas*, monIT\_Int\_Tec\_0102\_15\_BSExclZones, Feb. 2005.
- [17] EMF-NET, *Final Technical Report on occupational EMF exposure*, EMF-NET MT-2 D49, Apr. 2008.
- [18] EMF-NET, *Deliverable D49 - Fact Sheet*, EMF-NET MT-2 D49 – Fact Sheet, Apr. 2008.
- [19] Bolte,J.F.B., Pruppers, M.J.M., *Electromagnetic fields in the working environment*, Ministry of Social Affairs and Employment (SZW) report (English version), The Hague, The Netherlands, Sep. 2006.
- [20] ANACOM, [www.anacom.pt](http://www.anacom.pt), Set. 2008.
- [21] Optimus, [www.optimus.pt](http://www.optimus.pt), Out. 2008.
- [22] TMN - Telecomunicações Móveis Nacionais, S.A., [www.tmn.pt](http://www.tmn.pt), Out. 2008.
- [23] Vodafone Portugal, [www.vodafone.pt](http://www.vodafone.pt), Out. 2008.