

A ELECTRICIDADE E A SAÚDE OS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE FREQUÊNCIA REDUZIDA

INFORMAÇÃO PARA O GRANDE PÚBLICO

PAULO LIBERATO E CAROLINO MONTEIRO



UMA EDIÇÃO REN 2008

Concepção de Paulo Liberato
e Carolino Monteiro



FACULDADE DE
FARMÁCIA
UNIVERSIDADE DE LISBOA



UNIVERSIDADE
DE LISBOA



PREFÁCIO

O presente documento visa promover a informação e esclarecimento do público sobre os eventuais efeitos dos campos electromagnéticos na saúde, apresentando o problema de modo acessível e recorrendo a linguagem não técnica, fazendo o enquadramento do fenómeno em termos técnicos, científicos e regulamentares.

Este documento foi desenvolvido no âmbito de um protocolo entre a REN – Rede Eléctrica Nacional, S.A. e a Faculdade de Farmácia da Universidade de Lisboa (FFUL) e insere-se num dos temas centrais da abordagem da análise, gestão e comunicação de risco recomendado pela Organização Mundial de Saúde e pelas autoridades portuguesas de Saúde. Uma iniciativa que dá seguimento ao simpósio bioCEM (www.simposiobiocem.com), promovido pela FFUL e realizado em Janeiro de 2008.

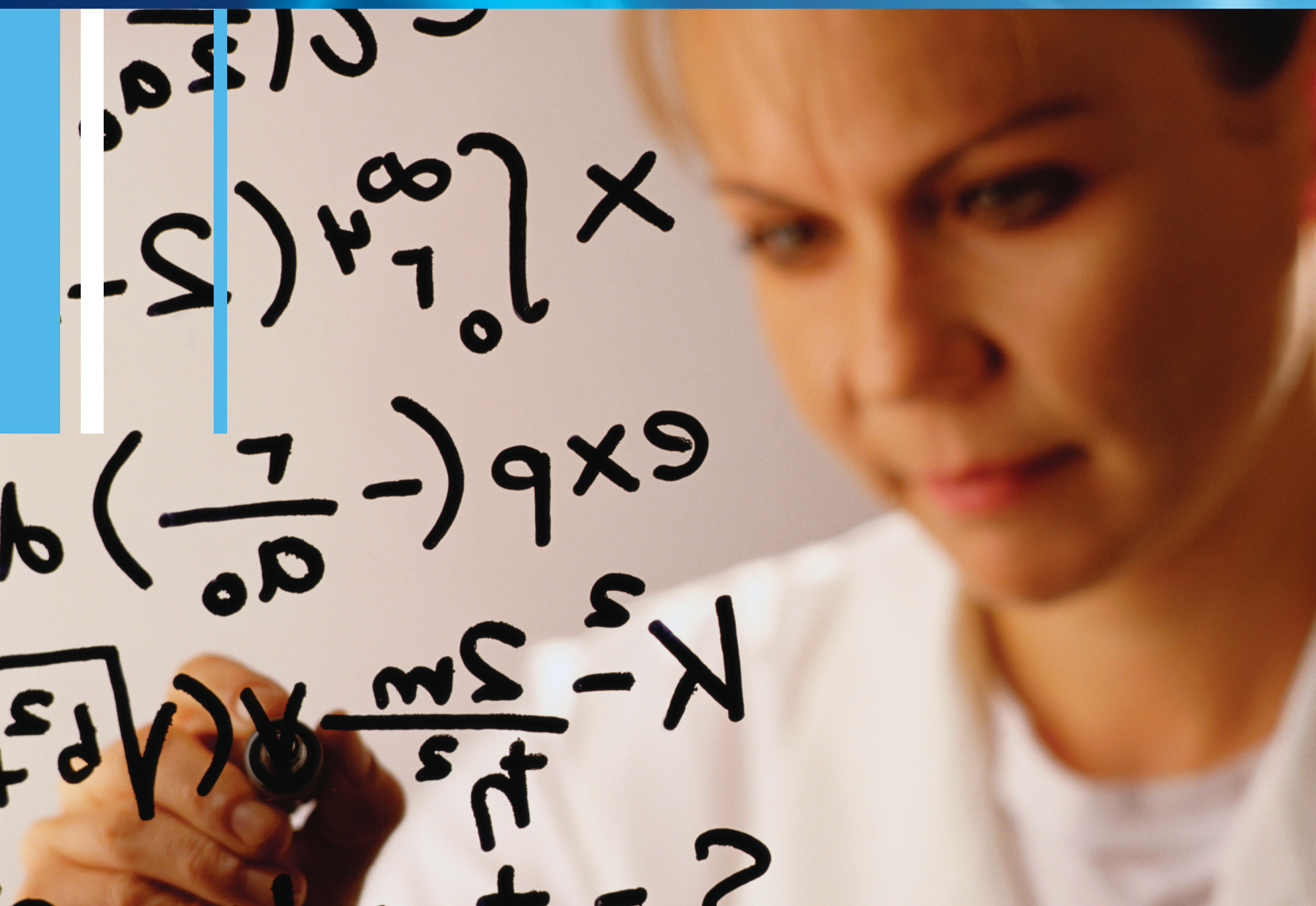
É nosso desejo que a informação apresentada sobre o tema e as medidas de protecção e controlo em vigor permitam aumentar os níveis de conhecimento dos cidadãos, quanto à adequada gestão do risco e a confiança nos diferentes intervenientes com responsabilidades nas áreas da Energia e da Saúde.

*Lisboa, Dezembro de 2008
Prof. Doutor Carolino Monteiro*

ÍNDICE

PREFÁCIO	3
<hr/>	
INTRODUÇÃO	
No princípio era o raio	6
Aprender a dominar, aprender a respeitar	7
<hr/>	
OS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE FREQUÊNCIA REDUZIDA	
Aspectos técnicos	10
Os campos eléctricos e os campos electromagnéticos	15
Os campos electromagnéticos e o ambiente	23
Tabela dos efeitos de corrente induzida (OMS)	26
Os dados biológicos actuais	29
<hr/>	
A MOBILIZAÇÃO CIENTÍFICA	
Demonstrar uma inocuidade é uma impossibilidade científica	33
A necessidade duma pesquisa multidisciplinar	34
A observação das populações através dos estudos epidemiológicos	35
Estudo da associação a outras patologias	38
A pesquisa laboratorial	39
Especialistas de várias vertentes colaboram na avaliação dos riscos	43
<hr/>	
O QUADRO REGULAMENTAR	
As disposições regulamentares	50
Recomendação Europeia para a protecção pública	51
Directiva Europeia para a protecção dos trabalhadores submetidos a CEM de 50 Hz	52
<hr/>	
CONCLUSÕES	
A futura investigação científica	57
<hr/>	
REFERÊNCIAS	59

INTRODUÇÃO



NO PRINCÍPIO ERA O RAI0

Desde os tempos primordiais que o Homem perspectiva a electricidade como um fenómeno temível, destruidor, associado ao fogo. De facto, é bem possível que a electricidade na sua forma mais natural, o raio, tenha desencadeado no Homem o interesse pelo fogo e suscitado a experimentação no sentido da reprodução desse fenómeno.



Actualmente, sabe-se que o raio destruidor constitui praticamente a única maneira natural de transformar o azoto inerte da atmosfera em compostos que, muito provavelmente, evoluíram, tornando-se nas primeiras formas de vida. O ácido desoxirribonucleico (mais conhecido como DNA) contém a informação genética utilizada no desenvolvimento e funcionamento de todos os organismos vivos, incluindo alguns vírus e é uma das substâncias que não existiria sem esses compostos secundários de azoto.

APRENDER A DOMINAR, APRENDER A RESPEITAR

Apesar de ter estado sempre presente, só nos últimos dois séculos é que o Homem começou a aprender a “domar” esse poder ancestral que é a electricidade, no sentido de melhorar a sua condição de vida e o seu próprio bem-estar. O raio, esse, ainda se mantém indomável.

Ao permitir a conservação de alimentos pelo frio, assim como o desenvolvimento de sofisticados aparelhos electrónicos em todos os sectores da sociedade, incluindo a Medicina, a electricidade tem contribuído não só para um notável aumento do conforto e bem-estar, como também para uma substancial melhoria da saúde pública.

A electricidade constitui a fonte de energia das telecomunicações, da informática, da sinalização rodoviária e de praticamente todos os empreendimentos que têm como finalidade o bom funcionamento da nossa sociedade. Não só é indispensável aos meios de comunicação, como a televisão e a rádio, como também é imprescindível nos palcos dos teatros e no cinema, proporcionando-nos os meios para uma maior liberdade de expressão, bem como a possibilidade de desfrutar dos factos da actualidade e da cultura de todo o mundo, sem que para tal necessitemos sequer de sair do conforto das nossas casas. A electricidade é a energia do progresso que teima em chegar aos mais de dois mil milhões de seres humanos que ainda não têm acesso a esta energia.

Também é graças à electricidade que a sociedade está cada vez melhor informada e por conseguinte mais alerta, questionando-se pertinentemente sobre os possíveis efeitos que a exposição aos campos electromagnéticos gerados pelos aparelhos eléctricos possam ter na saúde, em particular, e sobre o meio ambiente, em geral. Os campos electromagnéticos constituem um fenómeno pouco conhecido da grande maioria das pessoas, sendo até encarados por algumas como uma espécie de ameaça que “espreita” em toda a parte.

Existe um grande número de tecnologias geradoras de campos electromagnéticos (CEM), de uma gama de frequências que vai desde as frequências muito elevadas, passando pelas micro-ondas e as ondas de rádio, às frequências muito baixas dos sistemas de energia e máquinas eléctricas. Somente as ondas de frequência reduzida serão abordadas nesta monografia, pois são características da grande maioria dos aparelhos eléctricos domésticos, assim como dos sistemas utilizados na distribuição da própria energia eléctrica.

Este documento pedagógico pretende garantir o total esclarecimento das populações, de modo a que todas as aplicações da electricidade possam ser desfrutadas com confiança e em plenitude por cada um de nós.

Esta ferramenta de comunicação e conhecimento apresenta os seguintes objectivos: esclarecer sobre o que é afinal a electricidade e o que são os campos electromagnéticos de frequência reduzida; dar a conhecer os resultados das mais recentes investigações científicas sobre os efeitos destes fenómenos no meio ambiente e na saúde humana; e, por último, apresentar a regulamentação existente sobre a matéria.



OS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE FREQUÊNCIA REDUZIDA



ASPECTOS TÉCNICOS

A electricidade e o magnetismo são fenómenos naturais que têm sido objecto de pesquisa desde a remota antiguidade. No séc. VI a.C., Tales de Mileto observou as propriedades de atracção do âmbar (“elektron” em Grego) e, no séc. IV, Demócrito escreveu um tratado sobre as propriedades do íman. A partir do séc. III d.C., o princípio da bússola era conhecido na Ásia, mas apenas a partir da segunda metade do séc. XVIII é que os físicos começaram a formular teorias convincentes. Hoje em dia sabemos que as forças eléctricas têm origem nos átomos e que a luz não passa de uma onda electromagnética.

A electricidade é uma realidade física mensurável. É possível produzi-la e distribuí-la para o bem-estar de todos. Cientificamente, ela pode ser descrita em termos de campos eléctricos e magnéticos. A electricidade é, portanto, algo com carácter universal.

O PRINCÍPIO DA CORRENTE ELÉCTRICA

Toda a matéria é constituída por moléculas, partículas infinitamente pequenas mas que ainda conservam as propriedades da matéria. Por sua vez, as moléculas são constituídas por partículas ainda mais pequenas: os átomos dos elementos químicos. Em cada átomo giram freneticamente cargas negativas em redor de um núcleo positivo. Estas cargas negativas, ou electrões, podem pular de átomo para átomo, como se de bolas de voleibol num jogo de praia se tratassem.

Imaginemos um grupo de pessoas numa actividade que consiste em atirar bolas com as mãos de umas para as outras, de maneira a que as bolas tenham de estar sempre em movimento. Se do exterior do grupo alguém introduzir mais bolas no jogo, os participantes têm de aumentar a sua actividade, pois as bolas não podem parar. Aumenta assim a tensão entre os participantes. Imaginemos, ainda, um outro grupo que deseja juntar-se ao jogo. Se alguns elementos fizerem uma fila entre os dois grupos, as bolas começam a passar pela fila humana de um grupo para o outro e, conseqüentemente, a tensão no grupo inicial diminui. Desta mesma forma se processa a condução de electrões entre os átomos constituintes do material condutor. A corrente eléctrica constitui a passagem de electrões de um ponto para o outro.

Numa pilha, ou bateria, uma reacção química faz com que num dos pólos a concentração de electrões aumente: este é o pólo designado cátodo. Se este pólo for ligado ao pólo designado ânodo, o excesso de electrões passa através do condutor, até que ambos os pólos tenham o mesmo número de electrões. A esta passagem de electrões num único sentido dá-se o nome de corrente contínua.

Uma outra maneira de gerar electricidade é fazer girar uma bobina de fio condutor sobre um íman, um campo magnético estático. Ao girar, gera-se uma corrente eléctrica nas extremidades do fio da bobina. Neste caso, a corrente não flui num único sentido mas de forma alternada, uma vez que os electrões vão numa direcção e outra vez na outra. Consoante a velocidade de rotação da bobina, assim é a frequência da corrente alternada gerada. Uma bobina que gire a, por exemplo, 50 rotações por segundo, gera uma corrente alternada de 50 Hertz (Hz).

COMO SE MEDE A ELECTRICIDADE?

A tensão eléctrica resulta da diferença de potencial entre as cargas eléctricas e é medida em volt (V), sendo o kilovolt (kV) nada mais que 1000 V.

Em Portugal, em regime de corrente alternada, a tensão entre os dois pólos de uma tomada doméstica é de 230 V. Em regime contínuo, como por exemplo no caso de uma bateria de automóvel, esta tensão é de 12 V. Abaixo do 1 kV, fala-se de baixa tensão. Média tensão é aquela superior a 1 kV e inferior a 45 kV. Entre os 45 e 110 kV, fala-se em alta tensão, sendo a muito alta tensão a superior a 110 kV.

A corrente eléctrica não é mais do que o fluxo de electrões que passam de um ponto de maior tensão para outro de menor tensão. Também esta pode ser medida, sendo expressa em ampere (A) ou miliampere, mil vezes menor.

O TRANSPORTE, A TRANSFORMAÇÃO E A DISTRIBUIÇÃO DA ELECTRICIDADE

Dos locais onde é produzida até às nossas casas, a electricidade circula numa rede de linhas aéreas ou subterrâneas. Após ser gerada, a energia eléctrica é conduzida por cabos até à subestação elevadora, onde transformadores elevam o valor da tensão eléctrica. O aumento dos níveis de tensão permite o transporte de electricidade a longas distâncias com perdas reduzidas.

Estas redes eléctricas encontram-se interligadas em toda a Europa, assegurando uma política de solidariedade energética entre os países. Caso uma unidade de produção interrompa o seu funcionamento, o abastecimento será garantido através das restantes unidades em funcionamento, permitindo o fornecimento ininterrupto aos consumidores. Uma rede assim tão complexa permite que haja concorrência entre os produtores, facilitando a optimização de todos os sistemas que a integram. Há, naturalmente, uma maior procura pelos produtores mais económicos e com menores emissões de gases com efeitos de estufa, o que permite a racionalização do acesso à electricidade de forma sustentável e globalizada.

A rede pública de transporte de electricidade assemelha-se à rede rodoviária, com as suas auto-estradas, itinerários principais, estradas, caminhos e ruas compreendendo vários eixos, dos quais as linhas de transporte de energia eléctrica ocupam o topo da hierarquia que garante o transporte de energia eléctrica, desde os centros produtores até aos centros de consumo, percorrendo longas distâncias.

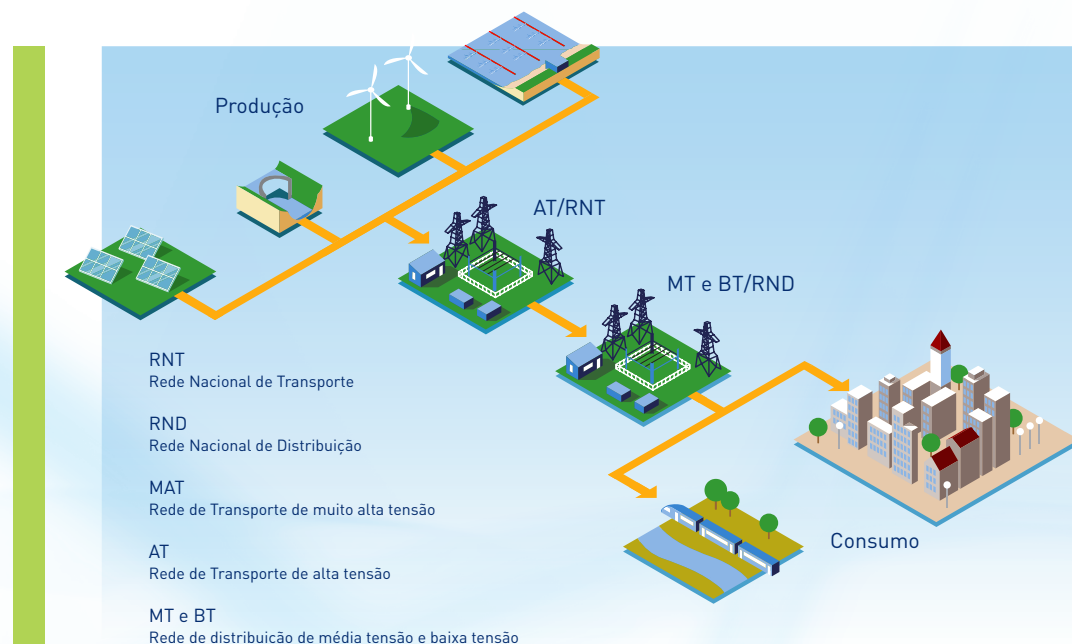
A REDE PORTUGUESA

Em Portugal, as linhas de transporte de energia eléctrica de tensão superior a 110 kV são as grandes auto-estradas da electricidade e constituem, em conjunto com as subestações, a Rede Nacional de Transporte (RNT) de Energia Eléctrica, destinada a transportar energia à escala nacional, distribuindo-se por todo o território continental e estabelecendo as interligações com a rede espanhola.

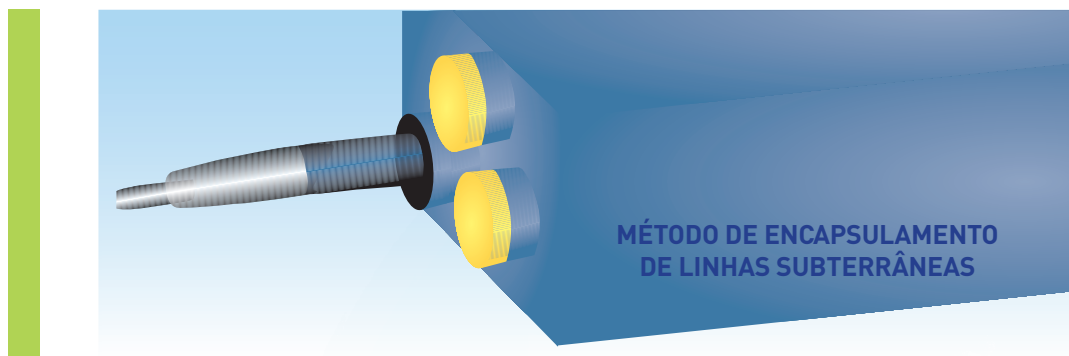
A concessão da RNT foi atribuída pelo Estado português à Rede Eléctrica Nacional, S.A. (REN).

Em 2008, a RNT integra 1.590 quilómetros de linhas de 400 kV, 3.080 quilómetros de linhas de 230 kV e 2.431 quilómetros de linhas de 150 kV, num total de 7.101 quilómetros. Esta rede faz a ligação entre os principais centros de produção eléctrica, como centrais térmicas, hidráulicas e eólicas e os centros de consumo, assim como interligações à rede espanhola de electricidade.

A tensão da energia transportada nestas linhas é reduzida para 60 kV em várias subestações distribuídas por todo o país, constituindo o ponto de entrega à rede de distribuição, ou seja, o ponto a partir do qual se alimenta a Rede Nacional de Distribuição (RND), que garante a entrega da energia à escala regional ou local e cuja tensão é geralmente igual ou inferior a 60 kV.







LINHAS AÉREAS E LINHAS SUBTERRÂNEAS

A grande maioria das linhas de transporte de electricidade é aérea. No entanto, por razões de ordenamento territorial em zonas urbanas consolidadas, pode recorrer-se à instalação de cabos subterrâneos. Em termos globais, a instalação de cabos é uma excepção, representando em média menos de dois por cento de toda a rede de transporte de electricidade.

As linhas aéreas são constituídas por postes que sustentam os cabos condutores de electricidade. O isolamento, assegurado pelo ar circundante, é garantido pela distância que separa os condutores entre si e do solo. O poste é isolado dos cabos por cadeias de isoladores.

No caso das linhas subterrâneas, o isolamento pode ser garantido por óleo ou por uma bainha sintética.

A baixa percentagem de cabos subterrâneos na rede de transporte de electricidade deve-se a diversos factores de ordem técnica e económica:

- 1 - A necessidade de os cabos subterrâneos serem instalados em domínio público e de não poderem ser partilhados com outras infra-estruturas pré-existentes no subsolo, que não sofram alterações de traçado por longo prazo ou, em alternativa, em terrenos privados que terão de ser expropriados, devendo manter estrito regime de não edificação, bem como garantir o acesso a todo o traçado;
- 2 - Em caso de avaria num cabo, o tempo de interrupção do fornecimento de energia nunca será inferior a um mês, podendo em certas circunstâncias chegar a quatro meses. Uma reparação equivalente numa linha aérea poderá demorar de algumas horas a um dia, uma vez que dadas as características eléctricas dos cabos, o controlo de tensões torna-se difícil ao fim de alguns quilómetros de comprimento do circuito.
- 3 - O custo das linhas de 220 kV enterradas varia entre dois milhões de euros por quilómetro (instalação em vala) e seis milhões de euros por quilómetro (instalação em galeria), enquanto que o custo de uma linha aérea simples para o mesmo nível de tensão é de cerca de duzentos mil euros por quilómetro¹.

1. Dados cedidos pela REN, S.A.

OS CAMPOS ELÉCTRICOS E OS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

A evocação de um campo representa geralmente a influência que um objecto, um corpo, exerce sobre aquilo que o rodeia. Assim, o campo gravítico é toda a zona do espaço onde a influência que um determinado corpo exerce sobre outros se faz sentir; por exemplo, a atracção entre a Terra e a Lua. Sabe-se que qualquer massa possui automaticamente uma força gravítica e que quanto maior é a massa, maior é essa força. Assim, não é só a Terra que nos atrai para ela, mas também ela é atraída para nós.

Ao contrário do campo gravítico, o campo eléctrico é um campo que pode ser de atracção, mas também de repulsão entre cargas eléctricas. Cada carga eléctrica produz um campo eléctrico à sua volta e é por isso que quantas mais cargas eléctricas existem num determinado local, maior é a tensão.



Quanto maior for a tensão a que um determinado aparelho se encontra ligado, maior será o campo eléctrico que o rodeia. A intensidade do campo eléctrico é medida em volt por metro (V/m) e diminui muito rapidamente com a distância.

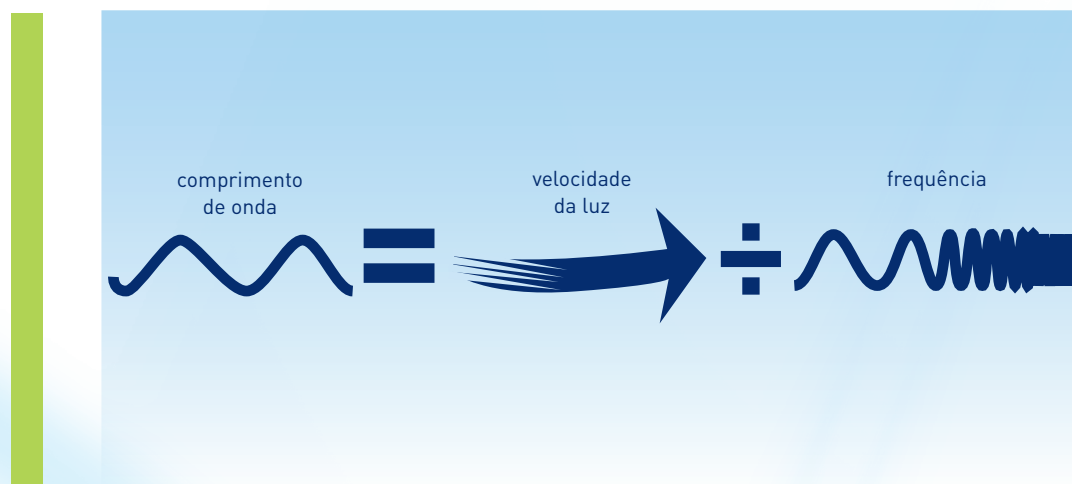
O campo eléctrico é algo que é detido pelo menor obstáculo, como uma parede ou uma árvore. A partir do momento em que existe um fluxo de electrões (corrente eléctrica) gera-se, para além do campo eléctrico já existente, um campo magnético.

Ao acender-se a lâmpada, a corrente começa a circular e gera-se imediatamente um campo magnético. A intensidade do campo magnético é medida em tesla (T), sendo mais frequente o uso do microtesla (μT), um milhão de vezes menor. Uma unidade também utilizada é o gauss (G), ou o miligauss (mG), mil vezes menor ($1 \mu\text{T} = 10 \text{ mG}$).

Quanto maior for a intensidade da corrente, maior será o campo magnético dela resultante. A intensidade do campo magnético também decresce rapidamente com a distância, mas, ao contrário do que acontece com o campo eléctrico, o campo magnético não é facilmente detido pela presença de obstáculos.

Da combinação dos campos eléctrico e magnético resulta o campo electromagnético (CEM). O CEM é constituído por uma onda eléctrica e uma magnética que se deslocam juntas à velocidade da luz (aproximadamente 300.000 quilómetros por segundo). O comprimento de onda é a distância percorrida pela onda durante uma sua oscilação, enquanto que a frequência é o número de oscilações da onda por segundo, e é medida em hertz (Hz).

Quanto maior for a frequência, menor é o comprimento de onda e maior é a energia do campo. O comprimento de onda está relacionado com a frequência segundo a seguinte fórmula:

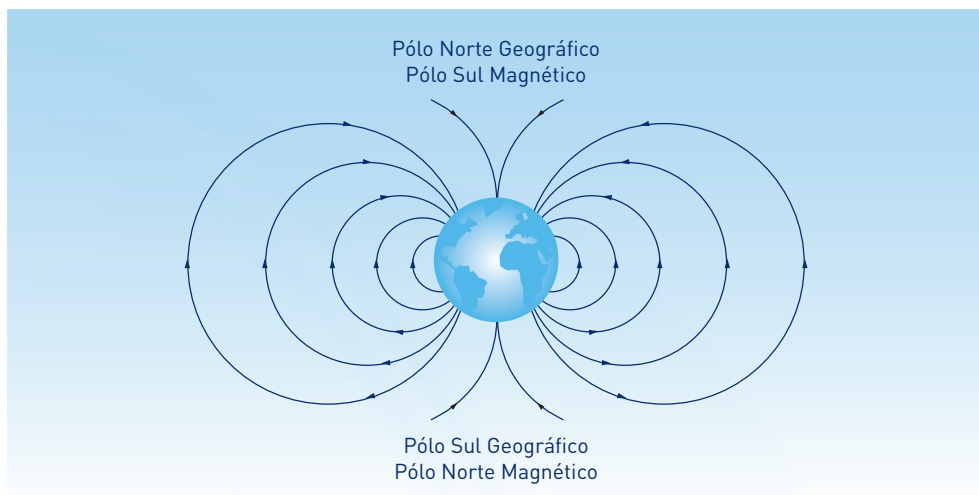


Os campos gerados no transporte de electricidade são de baixa frequência (50 Hz), a que corresponde um comprimento de onda de 6.000 quilómetros e são de baixa energia, designados, portanto, como não ionizantes. Ao embaterem na matéria não causam a sua degradação, ao contrário das radiações UV, raios-X e raios- γ (raios gama), de frequências progressivamente mais elevadas e de menor comprimento de onda.

O ELECTROMAGNETISMO PRESENTE EM TODA A PARTE

A electricidade e o magnetismo encontram-se presentes em todos os seres vivos, assim como no ambiente que nos rodeia. As actividades humanas, doméstica e industrial, são também geradoras destes fenómenos com diferentes frequências.

A maioria dos campos electromagnéticos naturais é estática. Isto significa que estes campos têm uma frequência próxima de 0 Hz. Os exemplos mais conhecidos são o campo magnético terrestre, que varia entre os $30\ \mu\text{T}$ no equador e os $60\ \mu\text{T}$ nos pólos e que faz girar a agulha da bússola, e o campo eléctrico das nuvens de tempestade.



Contudo, existem campos electromagnéticos naturais que podem ter frequências bastante elevadas, tais como a electricidade estática, os raios, por ocasião de uma trovoadas, a própria luz do Sol e as radiações cósmicas.

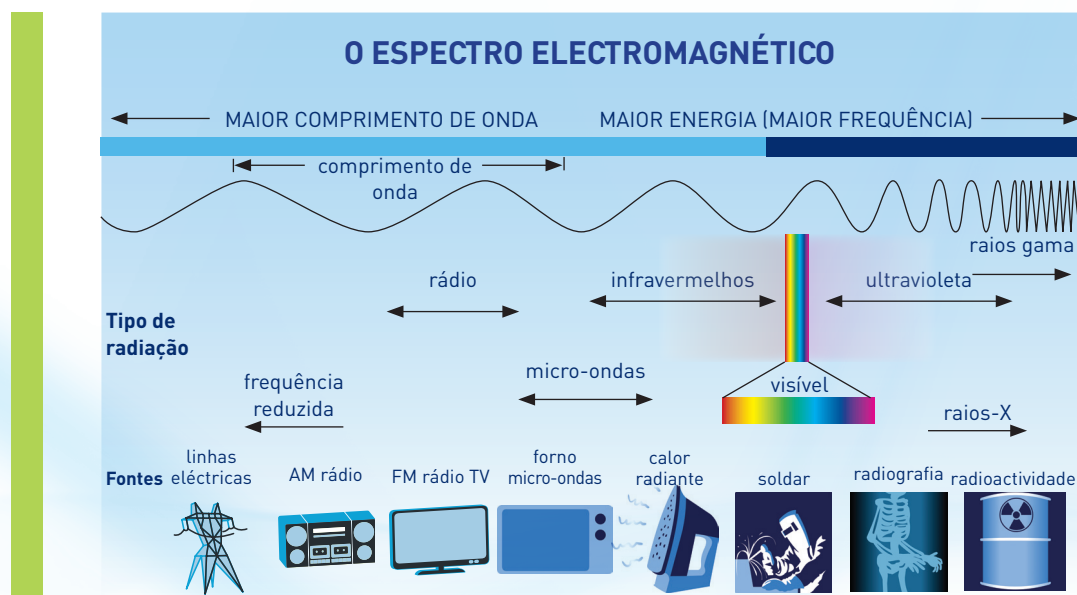
No nosso quotidiano, todos nos encontramos em permanente exposição a campos eléctricos e magnéticos. Depois de termos dormido sob o campo eléctrico do candeeiro de mesa-de-cabeceira desligado e do campo electromagnético do rádio despertador, acordamos e ligamos a torradeira, o aquecimento eléctrico, a máquina do café, o micro-ondas. Secamos o cabelo com o secador, talvez ainda aspiremos o pó com o aspirador antes de sair para o trabalho. Estamos expostos aos campos gerados pelos motores do carro, mota, metro ou comboio em que somos transportados. No caminho, podemos ainda passar sob uma linha de transporte de energia, ou sob uma catenária de uma linha ferroviária. Uma vez no trabalho, estamos expostos aos campos gerados pelos computadores e aos seus monitores, fotocopiadoras e todo o tipo de aparelhos eléctricos. Durante o lazer podemos escolher entre os campos gerados pela televisão ou ler um bom livro à luz de uma lâmpada, depois de ter saboreado um bom assado confeccionado no forno eléctrico.

A ACTIVIDADE HUMANA E A GERAÇÃO DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS

Todos os equipamentos que presentemente dispomos para o nosso conforto quotidiano resultam do desenvolvimento da tecnologia. É praticamente impossível fugir à influência do emaranhado de campos electromagnéticos gerada por todos estes aparelhos.

A maior parte varia de forma rápida e regular. Os campos de alta frequência alternam entre os 10 MHz (10.000.000 Hz) e os 300 GHz (300.000 MHz). A maior parte destas frequências é utilizada pelas telecomunicações, como as ondas de rádio e TV, satélites e telecomunicações em geral. Os telemóveis e as suas antenas funcionam a alta frequência da ordem dos 900 MHz, podendo atingir os 1,8 GHz.

Entre 0 e 300 Hz, fala-se de frequência reduzida ou ELF (*Extremely Low Frequency*). Na Europa², todos os equipamentos eléctricos funcionam em corrente alternada à frequência de 50 Hz e têm associado um campo magnético à mesma frequência. Existem, no entanto, vários aparelhos e instalações industriais que transformam a corrente eléctrica de 50 Hz em corrente contínua, como as instalações industriais de electroquímica, ou em frequências mais elevadas, como no caso do aquecimento por indução ou do forno de micro-ondas, que pode chegar aos 2,4 GHz. Os CEM são classificados consoante a sua frequência. Ao conjunto de todas as frequências existentes e possíveis dá-se o nome de espectro electromagnético.



2. No continente americano os sistemas de energia funcionam a 60 Hz.

AS REDUZIDAS FREQUÊNCIAS ELECTROMAGNÉTICAS PROVENIENTES DAS UTILIZAÇÕES QUOTIDIANAS DA ELECTRICIDADE



As principais fontes de campos eléctricos de reduzida frequência são as redes de transporte de energia.

O campo eléctrico resulta da acumulação de cargas eléctricas, ou seja de tensão, enquanto que o campo magnético é gerado pela passagem da corrente eléctrica.






AS PRINCIPAIS FONTES DE CAMPOS MAGNÉTICOS DE 50 E 60 HZ SÃO:

Os circuitos eléctricos, cujo campo magnético é proporcional à corrente que neles circula e decai na proporção do quadrado da distância aos cabos ($1/d^2$). Existem ainda, em particular, os circuitos de cabos torcidos (circuitos isolados de 380 V e cabos de 20 kV), cuja estrutura reduz consideravelmente o campo magnético.

Todos os aparelhos eléctricos domésticos constituem fontes localizadas de campos magnéticos, que dependem da tecnologia do aparelho e geralmente não são proporcionais à energia consumida. Este tipo de campos magnéticos decai com o cubo da distância à fonte ($1/d^3$), pelo que se tornam praticamente inexistentes a distâncias superiores a dois metros.

A exposição habitacional a campos magnéticos não varia muito em todo o mundo, sendo entre os 0,025 e 0,07 μT na Europa e entre 0,055 e 0,11 μT nos Estados Unidos. Os valores médios do campo eléctrico no interior das habitações são de algumas dezenas de volts por metro.

ORDENS DE GRANDEZA DOS CEM

FONTES DOMÉSTICAS				
CAMPO ELÉCTRICO		V/m	CAMPO MAGNÉTICO	μT
ALTA TENSÃO		200,0	MÁQUINA DE BARBEAR	 500,0
FRIGORÍFICO		90,0	TELEVISÃO	 2,0
ESTÉREO		90,0	COMPUTADOR	 1,4
TELEVISÃO		60,0	ALTA TENSÃO	 1,2
TORRADEIRA		40,0	ESTÉREO	 1,0
COMPUTADOR		residual	TORRADEIRA	 0,8
MÁQUINA DE BARBEAR		residual	FRIGORÍFICO	 0,3

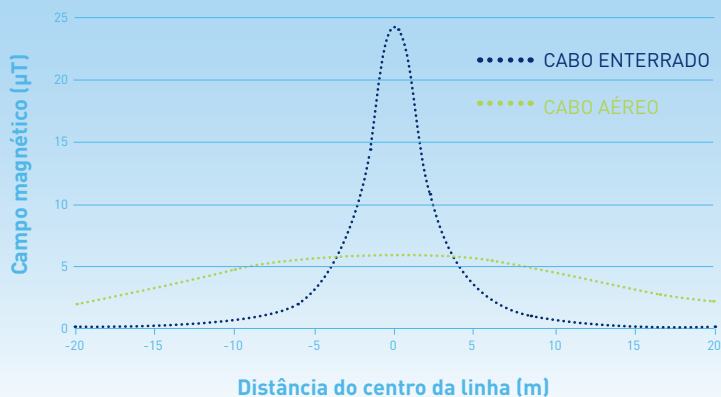
AS REDES ELÉCTRICAS

AS LINHAS AÉREAS

Os valores típicos para os CEM com origem nas linhas aéreas são, para uma linha de 220 kV a uma distância de 30 metros, de cerca de 0,07 kV/m para o campo eléctrico e de cerca 2 μT para o campo magnético.

AS LINHAS SUBTERRÂNEAS

No que respeita aos CEM gerados por um cabo subterrâneo, os valores do campo magnético à superfície são um pouco mais elevados do que os de uma linha aérea. No entanto, o cabo enterrado não produz qualquer campo eléctrico à superfície, devido aos materiais de isolamento que o envolvem.



AS SUBESTAÇÕES

As subestações da rede de transporte são instalações sem acesso ao público em geral. Na vizinhança imediata dos transformadores, a intensidade do campo magnético pode ser considerável. Porém, estes equipamentos têm uma localização central às instalações e encontram-se afastados algumas dezenas de metros dos limites da instalação, reduzindo o campo magnético nesta zona a valores residuais.

MÉTODO DE MEDIÇÃO DOS CAMPOS ELÉCTRICOS E MAGNÉTICOS

Os procedimentos de monitorização e medição dos níveis de intensidade do campo eléctrico e do campo magnético à frequência de 50 Hz encontram-se regulamentados através do Despacho n.º 19 610/2003 de 15 de Outubro de 2003, da Direcção-Geral de Energia e Geologia. Esta regulamentação tem como objectivo especificar

as características técnicas dos equipamentos, os procedimentos na operação de medição e a garantia de que as medições são efectuadas com recolha de uma amostra representativa.

O facto de a presença de objectos na proximidade dos equipamentos ou o estado de humidade atmosférica introduzirem perturbações nos equipamentos de medição, torna necessário que a realização de medições tenha em conta alguns requisitos técnicos:

- Os equipamentos recomendados deverão possuir três antenas nas três direcções espaciais e ligação ao botão de disparo através de cabo de fibra óptica de comprimento adequado;
- O campo eléctrico é facilmente detido por qualquer forma de obstáculo. O próprio corpo do operador ou a vegetação em redor poderão facilmente colocar em causa uma medição precisa. Visto isto, é conveniente tomar as devidas precauções de operação, assegurando a ausência de obstáculos num raio de três metros em redor do aparelho de medição;
- As medições não podem ser efectuadas se a humidade for superior a 70 por cento;
- Contudo, quando a fonte a medir apresenta uma geometria complexa, como um motor eléctrico com as suas bobinas e partes móveis, o cálculo requer programas específicos que têm de ser efectuados por complexos computadores sob o controlo de pessoal especializado.

As empresas concessionárias de transporte e distribuição de energia realizam acções de monitorização regularmente, ou a pedido, contratando laboratórios especializados para esse efeito.



OS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS E O AMBIENTE

Os campos electromagnéticos têm a particularidade de gerar localmente, nos condutores de electricidade, outras tensões e correntes secundárias. A este fenómeno dá-se o nome de indução. Visto o corpo humano ser ele próprio condutor de electricidade, a indução é algo que também acontece no interior do nosso organismo, podendo pôr-se a hipótese deste fenómeno ter, de certa forma, algum efeito negativo no funcionamento das células e dos próprios órgãos.

O FENÓMENO DA INDUÇÃO ELECTROMAGNÉTICA

Os campos eléctricos e magnéticos gerados por uma determinada fonte podem produzir, por indução, tensões e correntes eléctricas em estruturas nas suas imediações.

O princípio da indução permite-nos a percepção das ondas de rádio que são emitidas pelo emissor e captadas pela antena receptora. O ténue sinal eléctrico transmitido é amplificado e transformado num sinal eléctrico capaz de accionar as membranas dos altifalantes. Neste caso, o fenómeno de indução é optimizado e a antena adaptada para a captação de certas gamas de frequências radiofónicas. A indução funciona de maneira diferente consoante se trate de um campo eléctrico ou de um campo magnético.

A INDUÇÃO GERADA POR UM CAMPO ELÉCTRICO PODE SER UMA FONTE DE ENERGIA

A partir do momento em que um objecto condutor, isolado do solo, é submetido a um campo eléctrico, as cargas eléctricas à sua superfície migram, repartindo-se de maneira a anular o campo eléctrico no interior do objecto. Deste modo é induzida uma tensão eléctrica entre os lados opostos do objecto em questão.

A fim de evitar a geração de tensões induzidas, a maneira mais simples e mais eficaz é ligar o objecto à terra. O campo eléctrico no interior do corpo é muito menor do que à superfície. Quando a exposição ao campo é vertical, a direcção predominante dos campos induzidos é também vertical.

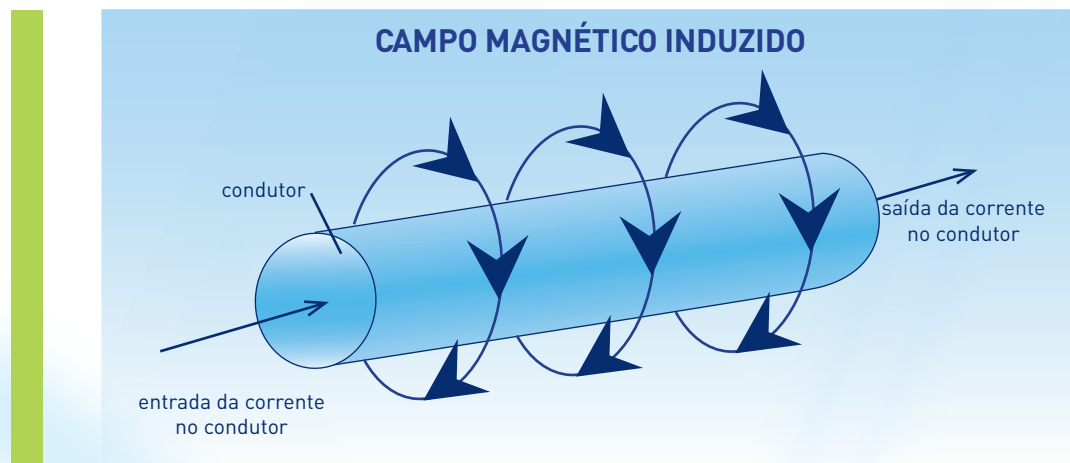
O fenómeno de indução eléctrica pode ser facilmente demonstrado com a experiência da lâmpada fluorescente. Ao segurar-se uma lâmpada fluorescente sob uma linha de transporte de energia e a apontar-se na direcção da linha, poder-se-á notar que a lâmpada se acende tenuemente. Esta luminosidade é somente visível na escuridão, sendo mais forte na zona onde a mão segura a lâmpada.

O que realmente acontece é que, no interior da lâmpada, o gás a baixa pressão se ioniza sob o efeito do campo eléctrico. Este campo eléctrico é deformado por objectos condutores e isso explica a maior intensidade da luz na porção junto à mão. Este fenómeno também se dá quando se segura uma lâmpada fluorescente na proximidade do sistema de ignição de um motor de explosão.

A INDUÇÃO MAGNÉTICA

Caso um objecto condutor seja colocado no interior de um campo magnético alternado, geram-se tensões induzidas no seu interior. Estas tensões são proporcionais ao fluxo magnético captado pelo objecto em função da superfície exposta.

No caso do objecto constituir um circuito fechado, as tensões criadas geram correntes induzidas, cuja amplitude depende da resistência eléctrica do circuito. Tais correntes irão produzir elas próprias um campo magnético, que se vai opor ao campo magnético indutor.



No caso das baixas frequências, o efeito do campo eléctrico pouco depende da própria condutividade do condutor. Contudo, a indução magnética só gera correntes significativas em objectos bons condutores. A fim de reduzir o fenómeno de indução magnética, é conveniente diminuir o tamanho dos anéis condutores. Isto pode ser conseguido abrindo-os por inserção de elementos não condutores ou criando uma série de pequenos anéis no seio do grande.

O QUE SENTIMOS QUANDO SOB A INFLUÊNCIA DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS DE 50 HZ?

Normalmente, os CEM não são perceptíveis pelo corpo humano a não ser que sejamos submetidos a exposições de grande intensidade. Tais exposições só acontecem em certos ambientes de trabalho, ou por ocasião de estudos experimentais controlados, levados a cabo com voluntários. Os efeitos observados são instantâneos, reversíveis e reproduzíveis.

A PERCEÇÃO DOS CAMPOS ELÉCTRICOS

O nosso corpo é bom condutor de electricidade, pelo que quando submetido a um campo eléctrico, as cargas à sua superfície acumulam-se, criando uma indução eléctrica. Observa-se o fenómeno do resplandecer, entre a pele e os objectos que entram em seu contacto, como as roupas, óculos, jóias, etc. Quanto melhores condutores eléctricos esses objectos forem, melhor se sentirá este fenómeno.

As vibrações da pilosidade são algo característico das tão bem conhecidas experiências com electrização estática, em que os cabelos se eriçam na cabeça dos participantes. Visto a sua maior pilosidade, o homem é mais sensível do que a mulher a este fenómeno, e, por sua vez, os animais são ainda mais sensíveis do que o homem. As costas das mãos são duas a três vezes mais sensíveis a este fenómeno do que as palmas das mãos.

A percepção do campo eléctrico varia consoante a posição do corpo em relação ao próprio campo eléctrico. Ao levantarem-se os braços e as mãos no ar, o campo eléctrico à superfície destes aumenta. Este é o chamado princípio de ponta, explorado na concepção dos pára-raios e a razão pela qual estes são em ponta, a fim de aumentar localmente o campo eléctrico para assim melhor atrair o raio.

A percepção do campo eléctrico varia de pessoa para pessoa. Abaixo dos 10 kV/m algumas pessoas sentem a sensação de um sopro sobre a pele.

A partir dos 12 kV/m algumas pessoas sentem na pele um formigueiro e a partir dos 20 kV/m mais de cinco por cento das pessoas sentem umas picadas, que muitas descrevem como desagradáveis.

A PERCEÇÃO DOS CAMPOS MAGNÉTICOS

Ao contrário do que acontece com os campos eléctricos, o ser humano não é muito sensível aos campos magnéticos. Visto o corpo humano ser condutor, quando submetido a campos magnéticos, geram-se nele correntes de indução de fraca intensidade que não são perceptíveis, pelo menos nos níveis de exposição habituais.

Em caso de exposição a campos magnéticos de grande intensidade, o ser humano tem percepção imediata, mas, tal como no caso dos campos eléctricos, esta percepção varia de pessoa para pessoa. As observações registadas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) são que de 1 a 10 mA/m² de corrente induzida por campos magnéticos entre os 0,5 mT e os 5 mT a 50/60 Hz, ou entre 10 a 100 mT a 3 Hz, existem pequenos efeitos biológicos.

De 10 a 100 mA/m² de corrente induzida por campos magnéticos entre os 5 mT e os 50 mT a 50/60 Hz, ou entre 100 a 1000 mT a 3 Hz existem efeitos bem estabelecidos sobre o sistema nervoso e a visão. Estão estudadas algumas aplicações terapêuticas de reparação de fracturas ósseas baseadas na indução magnética.

De 100 a 1000 mA/m² de corrente induzida por campos magnéticos superiores a 500 mT a 50/60 Hz, ou superiores a 10 T a 3 Hz surgem episódios de fibrilhação ventricular e de extra-sístoles; ou seja, a ocorrência de efeitos agudos.

TABELA DOS EFEITOS DE CORRENTE INDUZIDA (OMS)

1 – 10 mA/m ²	Efeitos mínimos, aleatórios e não reproduzíveis
10 – 100 mA/m ²	Efeitos mínimos reversíveis ao nível da visão e do sistema nervoso
100 – 1000 mA/m ²	Efeitos sobre os tecidos excitáveis, possíveis efeitos sobre a saúde
→ 1000 mA/m ²	Risco de fibrilhação ventricular

O EFEITO DOS CAMPOS ELÉCTRICOS E MAGNÉTICOS NO PRÓPRIO FUNCIONAMENTO DE APARELHOS ELÉCTRICOS E ELECTRÓNICOS

Os campos produzidos por toda a espécie de equipamento eléctrico e electrónico são por vezes intensos, pon-do-se a hipótese destes influenciarem o funcionamento uns dos outros. Nos casos de reduzida frequência (50 Hz), não são registados efeitos significativos.

De uma maneira geral todos os equipamentos toleram bem os campos eléctricos e magnéticos de frequências reduzidas, visto as energias transmitidas por tais campos serem praticamente nulas. Também a indução magné-

tica é negligenciável, dado o relativamente reduzido comprimento dos fios dos aparelhos. No caso da indução eléctrica, também não existe problema, visto os campos eléctricos serem facilmente detidos pelas paredes dos edifícios. Assim, as perturbações no funcionamento dos aparelhos eléctricos e electrónicos são praticamente inexistentes, caso os circuitos eléctricos interiores sejam instalados em obediência às normas vigentes.

O único aparelho que aparenta ser sensível aos campos magnéticos de reduzida frequência é o ecrã de computador de tubo catódico, pelo que a imagem pode vibrar ou sofrer ligeira aberração de cor, sem que porém tal fenómeno possa afectar o funcionamento do computador. Os mais modernos ecrãs planos, de cristais líquidos, são completamente insensíveis a tais efeitos.

AS NORMAS ADOPTADAS PARA GARANTIR O BOM FUNCIONAMENTO DOS APARELHOS ENTRE SI

A compatibilidade electromagnética é estipulada pela Directiva Europeia CEM 89/336/EEC (e melhorada nas directivas 91/263/EEC, 92/31/EEC e 93/68/EEC), assim como por normas que definem para todos os aparelhos, por um lado, um máximo de emissão, de maneira a evitar perturbações insuportáveis, e, por outro lado, um mínimo de imunidade às perturbações electromagnéticas causadas por outros aparelhos.

Tais normas são fixadas em função do meio onde o aparelho está destinado a funcionar; o que poderá ser em áreas residenciais ou em áreas industriais. Existem quatro Normas Europeias (EN) genéricas de aplicação universal:

EN 61000-6-1 é a norma de imunidade para aparelhos destinados a funcionar em habitações, comércio e indústria leve.

EN 61000-6-2 consiste na norma de imunidade para aparelhos destinados a funcionar em zonas industriais.

EN 61000-6-3 estipula a emissão para aparelhos destinados a funcionar em habitações, comércio e indústria leve.

EN 61000-6-4 determina a emissão para aparelhos destinados a funcionar em ambiente industrial.

Seja qual for o meio em que estão destinados a operar, não existe um valor limite de emissão para os campos eléctricos e magnéticos de frequência inferior a 30 Hz.

Todos os trabalhos de transporte e distribuição de electricidade são também geridos pelas mesmas normas de compatibilidade electromagnética.

Em caso de perturbações causadas por um dado aparelho, é aconselhável verificar se esse aparelho obedece às normas de compatibilidade electromagnética.

OUTROS EFEITOS CARACTERÍSTICOS DOS CAMPOS ELÉCTRICOS DE ALTA INTENSIDADE

Um campo eléctrico intenso pode provocar no ar o aparecimento de pequenos arcos eléctricos, numa espécie de coroa. Fisicamente, é um resplendor brilhante, branco-azulado que, em algumas circunstâncias, tem aspecto de fogo de fâsca dupla, ou tripla, que surge de estruturas altas e pontiagudas, como mastros, cruzes de igreja e chaminés.

Naturalmente, este efeito é conhecido como o fogo-de-santelmo, ou fogo de São Telmo, padroeiro dos marinheiros. Já na antiguidade, os gregos chamavam à aparição de um único fogo-de-santelmo Helena, e, quando eram dois, eram chamados de Castor e Pólux.

Tal fenómeno dá-se quando o campo eléctrico à superfície dos condutores ultrapassa os 2600 kV/m em condições atmosféricas normais. O dimensionamento dos condutores é efectuado de modo a minimizar este fenómeno. Em geral, nas infra-estruturas de transporte ou distribuição de energia, o fenómeno com produção de halo luminoso ou fâsca não ocorre, verificando-se apenas um ruído semelhante a um zumbido causado pela ionização do ar na vizinhança imediata da superfície dos cabos condutores e dos isoladores, particularmente em condições atmosféricas de neblina ou nevoeiro.

O campo eléctrico à superfície dos condutores depende da tensão, mas também da sua geometria e do estado de conservação. Qualquer irregularidade na sua superfície, causada por detritos, arranhões, restos de vegetação ou insectos, pode resultar localmente num aumento do campo eléctrico, devido ao efeito de ponta. Por esta razão, o efeito coroa poderá aparecer em linhas sujeitas a tensões mais reduzidas, mas cujas características de alguma forma se encontrem alteradas.

FENÓMENOS SECUNDÁRIOS DO EFEITO COROA

Entre as muitas perturbações que possam existir nas linhas de transporte de energia, as mais importantes são as perdas de energia no transporte de electricidade, adicionadas às perdas por aquecimento dos cabos. Dão-se ainda perturbações radioeléctricas, numa gama de frequências dos 150 kHz aos 30 MHz, que correspondem a frequências de onda longa. Tais perturbações não afectam contudo a recepção FM (banda dos 100 MHz), ou televisiva (banda dos 400 e 800 MHz).

Este fenómeno, que já é conhecido desde o aparecimento da rádio nos anos 20 e levou à elaboração de normas internacionais, a fim de garantir que aquelas perturbações não afectem a qualidade da radiodifusão, tanto em emissão como em recepção. Este efeito de perturbação na rádio não deve ser confundido com o efeito ecrã que as linhas possam criar localmente, tal como qualquer outra grande estrutura, como uma grua, ou um imóvel que constitua um obstáculo físico entre transmissor e receptor.

A formação de gotas de água suspensas nos condutores faz aumentar sensivelmente o campo eléctrico superficial e, por conseguinte, o efeito coroa. Geralmente, com mau tempo, o ruído acústico é camuflado pelo som da própria chuva. Como se disse, quando há nevoeiro ou neblina esse ruído é mais pronunciado.

As linhas são projectadas para que este fenómeno seja minimizado e para que o som emitido seja residual e esteja em conformidade com legislação específica.

OS DADOS BIOLÓGICOS ACTUAIS

Muitos estudos científicos, tanto epidemiológicos como experimentais, e estudos no terreno, têm gerado debates públicos sobre as questões em torno dos efeitos dos campos electromagnéticos (CEM) nos seres vivos.

Até à data, quais as conclusões que se podem tirar de toda esta actividade?

OS CAMPOS ELÉCTRICOS

Por volta dos anos 60, investigadores da antiga União Soviética foram os primeiros a reportar sobre os possíveis efeitos dos campos eléctricos sobre a saúde.

Apresentaram relatos de alterações psicossomáticas, como dores de cabeça, ansiedade, insónias, e diminuição da libido entre os operários de subestações da rede de transporte de energia eléctrica.

Dada a sua metodologia, estes estudos não foram convincentes para o mundo científico e os mesmos resultados não puderam ser observados em estudos posteriores, conduzidos noutras partes do mundo.

No decorrer dos tempos, o debate sobre este tema culminou num consenso científico de que a exposição a campos eléctricos de frequência reduzida não surte qualquer efeito nefasto duradouro sobre a saúde humana.

OS CAMPOS MAGNÉTICOS

A primeira vez que este problema se colocou foi por ocasião dum estudo epidemiológico realizado em 1979, em Denver, nos Estados Unidos. Observou-se que um grupo de crianças que sofria de leucemia habitava nas imediações de instalações eléctricas.

Apesar de apresentar falhas metodológicas, este estudo permitiu colocar, pela primeira vez, a questão de a exposição a campos magnéticos de frequência reduzida poder estar de alguma forma ligada a graves riscos para a saúde humana.

Este estudo foi, por assim dizer, pioneiro de uma série de estudos científicos internacionais que se seguiram.



A MOBILIZAÇÃO CIENTÍFICA



Após a publicação deste estudo epidemiológico americano, as sociedades modernas que recorrem à energia eléctrica como fonte de energia e, em particular, os governos foram confrontados com a necessidade de aprofundar a análise dos efeitos dos campos magnéticos de frequência reduzida na saúde. O envolvimento de crianças e de uma patologia grave deu à questão uma dimensão ainda mais significativa. Os campos magnéticos, pela qualidade de serem praticamente imperceptíveis e não poderem ser facilmente detidos por obstáculos materiais, passaram a ser percebidos pelo público como uma ameaça invisível, omnipresente, deveras assustadora, para a qual não haveria protecção possível.

Estavam assim abertas as portas para uma espécie de ‘crise’ na saúde pública. Tratava-se afinal, como ainda hoje, de uma questão de *gestão de risco*, com as importantes componentes da sua avaliação, da percepção pública do mesmo e da sua correcta comunicação.

Segundo o relatório de opinião ‘Special Eurobarometer 272ª/Wave 66.2-/TNS Opinion & Social’ publicado em Junho de 2007, relativo a trabalhos de campo desenvolvidos em 2006, cerca de 65 por cento dos cidadãos europeus não estão satisfeitos com o nível e qualidade de informação (total, institucional e outra) sobre o tema de campos electromagnéticos, considerando que esta é insuficiente e não objectiva. Apreciação que revela a necessidade de melhorar o esclarecimento e informação do público, no plano político, social e empresarial. Esta apreciação é reforçada no mesmo relatório quando se revela que aqueles cidadãos que se consideram bem informados sobre o tema e as medidas de protecção e controlo em vigor manifestam elevados níveis de confiança na sua eficácia.

Salienta-se que neste processo de gestão estão envolvidas acções de dois tipos, mas ambas muito importantes: umas dirigidas à correcta avaliação dos riscos, que envolvem estudos e investigação, tendentes a ampliar o conhecimento ou a reduzir as margens de incerteza e outras dirigidas à correcta comunicação e formação da percepção pública sobre esses mesmos riscos.

Na sequência do estudo americano atrás referido e para a correcta avaliação dos riscos envolvidos, foi dada a palavra à ciência. Em 1992, o Congresso dos Estados Unidos aprovou um orçamento de investigação no valor de 65 milhões de dólares por um período de cinco anos. O carácter independente de toda a investigação foi devidamente assegurado pela publicação sistemática de todo o trabalho científico desenvolvido, tendo sido também encorajada a prática regular de auditorias pluridisciplinares de especialistas. Sempre que necessário, foram realizados esclarecimentos públicos onde se deram a conhecer os resultados das investigações.

DEMONSTRAR UMA INOCUIDADE É UMA IMPOSSIBILIDADE CIENTÍFICA

Investigar sobre um determinado risco de saúde pública implica pesquisar os processos que podem ligar uma hipotética causa a um determinado efeito biológico pernicioso para a saúde.

Partindo-se da hipótese de que os campos electromagnéticos de reduzida frequência podem ter efeitos sobre a saúde, a mobilização de recursos e a realização de um programa de investigação não antecipam porém qualquer resultado.

Caso os efeitos a demonstrar sejam inexistentes, estabelecer a demonstração científica dessa inexistência é um contra-senso lógico e uma impossibilidade científica.

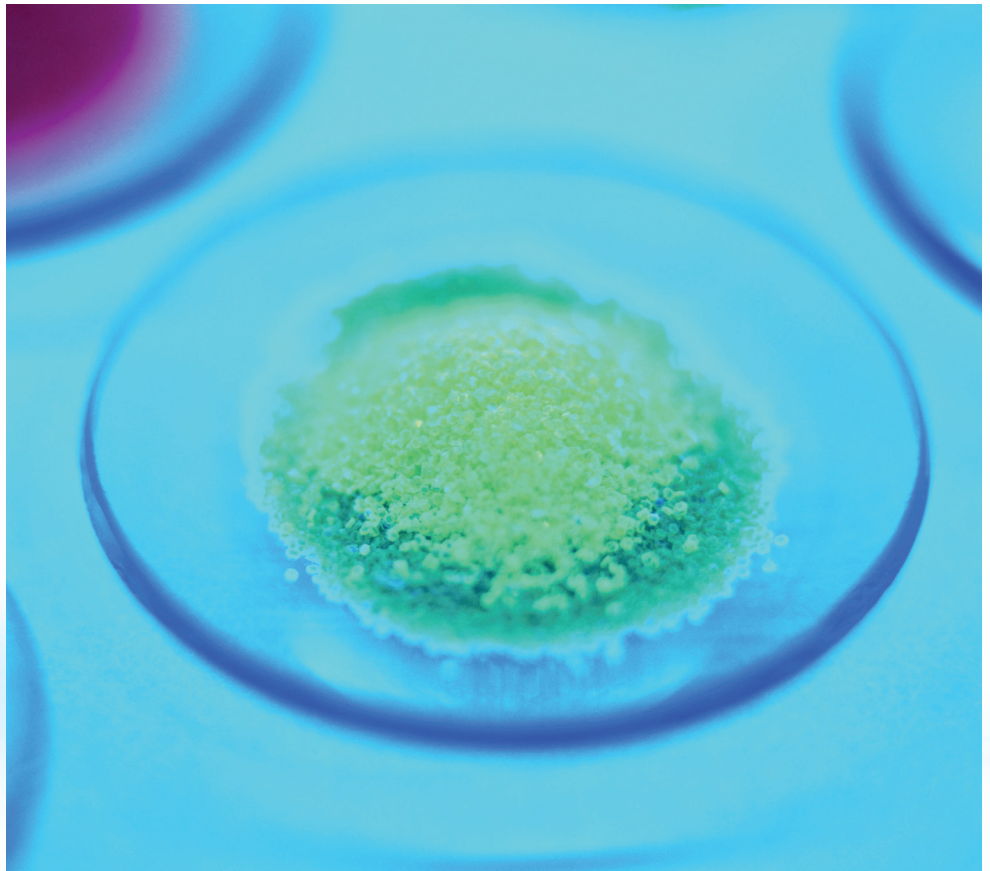
Assim, a garantia da inexistência de qualquer risco para a saúde pública é impossível de provar cientificamente, no tema que nos ocupa ou em qualquer outra hipótese causal.



A NECESSIDADE DE UMA PESQUISA MULTIDISCIPLINAR

O debate científico é pluridisciplinar, visto incluir aspectos da Física e da Biologia. Os tecidos vivos são condutores de electricidade e por conseguinte estão sujeitos aos fenómenos de indução. A investigação envolve então duas vertentes fundamentais:

- A epidemiológica, onde o princípio é identificar correlações entre a exposição aos CEM e a aparição das patologias por meio da recolha de dados;
- A experimentação biológica no modelo animal (estudo *in vivo*) ou em culturas de células (estudo *in vitro*), a fim de tentar observar o efeito e, caso este realmente seja observável, explicar o mecanismo pelo qual tal fenómeno ocorre.



A OBSERVAÇÃO DE POPULAÇÕES ATRAVÉS DE ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS

Tendo inicialmente a questão sido levantada por um estudo epidemiológico, é lógico que outros estudos do género tenham sido realizados, tendo em conta alguns aspectos fundamentais, tais como:

- As exposições profissionais, visto que são as mais intensas e por maiores períodos de tempo. Neste contexto, faz-se referência a um estudo franco - canadiano publicado em 1997, onde foram incluídos mais de 200.000 trabalhadores da EDF, Hydro - Québec e Ontario – Hydro;
- As exposições em áreas residenciais nos adultos;
- As exposições em áreas residenciais nas crianças.

Seguiu-se a linha do primeiro estudo epidemiológico, em que foi investigado o risco de cancro, em especial o de leucemia e de tumor cerebral nas crianças, tendo sido também estudado o risco de outras patologias, como as doenças cardiovasculares, as depressões, suicídios e as doenças neurodegenerativas.

A epidemiologia é a ciência do estudo das epidemias e tem como finalidade estabelecer relações entre o surgimento e a frequência de patologias e os factores do ambiente, comportamentos humanos e modos de vida.

É uma ciência de observação, pelo que tem como principal interesse o trabalho de campo, ou seja, a observação directa de como uma determinada população na realidade vive. A partir dos dados recolhidos, a epidemiologia tenta então estabelecer relações a nível da estatística que deverão ser sempre interpretadas, tendo em conta todos os factores que influenciam o meio a ser estudado, e que são na maioria dos casos muito difíceis de separar do factor que se pretende estudar.

Os investigadores desta especialidade empenham-se particularmente em avaliar de maneira minuciosa todo o historial de exposições a hipotéticos agentes causais.

A interpretação de tais estudos, no sentido de determinar se uma determinada associação corresponde a uma correlação justificando uma relação causal, segue os critérios propostos por Bradford Hill em 1965 (*"The environment and disease: association or causation?" Proc Royal Soc Med, 1965*).

Toda a metodologia e interpretação dos estudos epidemiológicos tem constantemente vindo a ser melhorada.

OS ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS DA EXPOSIÇÃO DAS CRIANÇAS AO CAMPO MAGNÉTICO

Após o primeiro estudo epidemiológico já referido, foram realizados cerca de vinte outros estudos com o objectivo de melhorar a metodologia, particularmente no que concerne à estimativa da exposição. Desta forma, passou-se dos estudos onde a exposição aos campos magnéticos era estimada em função das estruturas eléctricas vizinhas, às medições directas da exposição, mediante aparelhos de medição portáteis.

A METODOLOGIA DOS ESTUDOS EM TRÊS GRANDES ETAPAS

Até aos anos noventa, nos estudos que avaliaram a exposição de uma maneira indirecta a partir da distância às instalações eléctricas, observou-se uma associação estatística fraca com a leucemia. Tal já não se observava nos estudos onde o campo magnético é medido, pelo que não constitui evidência suficiente, sendo necessário um conjunto de critérios adicionais (critérios de Bradford Hill), culminando com a comprovação laboratorial, reflectida em várias investigações.

O estudo mais representativo deste período é o de Feychting e Ahlbom (1993). No seu relatório, em 1997, a Academia das Ciências dos Estados Unidos concluiu que “o factor responsável por tal associação estatística não foi identificado. Nenhum resultado científico associa a leucemia infantil às medições actuais dos campos magnéticos.”

Numa segunda etapa, os estudos dedicaram-se a melhorar a medição directa da exposição, mas continuou a não ser possível demonstrar que o risco de leucemia pudesse ser associado à proximidade com as linhas ou com os níveis do campo magnético.

O estudo britânico UKCCS³ (1999-2000) foi o mais importante pela dimensão da amostra populacional estudada na Grã-Bretanha, que consistiu em 3.838 casos de cancro infantil, dos quais 1.073 leucemias. Os seus resultados não revelam qualquer excesso de risco de cancro associado ao campo magnético medido ou à distância entre a habitação e linhas de transporte de electricidade.

A terceira etapa debruçou-se sobre análises conjuntas (*pooled analysis*), que visam dar mais força à credibilidade estatística, o que se consegue agrupando estudos diferentes e, da mesma forma, o efectivo da população observada. Para esse efeito, os estudos devem ser comparáveis e baseados em metodologias semelhantes.

O trabalho publicado por A. Ahlbom em 2000 junta assim nove estudos epidemiológicos. Nenhum aumento do risco é observado para uma exposição inferior a 0,4 μT medida durante 24 horas, ou seja, para mais de 99 por cento da população. Por outro lado, é observado um risco de leucemia relativo de 2.

O risco relativo permite comparar a frequência da doença estudada entre uma população exposta e uma população não exposta, correspondendo um risco relativo de 1 à ausência de risco aumentado. Quanto maior o risco relativo, mais a hipótese de associação entre o factor em análise e a doença em estudo é reforçada. A maioria dos epidemiologistas considera que só tem significado um limiar de 3 ou superior, sendo os raciocínios com limiares inferiores a 2 considerados sem expressão científica. Por exemplo, no tabagismo activo o risco relativo é da ordem de 20.

Os autores foram prudentes, evocando aspectos como a escolha da população estudada e factores ambientais que não foram tidos em conta, não assumindo uma conclusão sobre a existência de uma relação causal.

Mais recentemente, um estudo britânico (Drapper et al, 2005) descobriu uma associação entre as leucemias inexplicáveis e a distância entre as linhas de transporte e os locais de habitação das crianças. O estudo reporta um patamar de risco relativo acima de 1, sem qualquer relação proporcional à variação, com rápido decréscimo dos valores de campo magnético com a distância. Tal parece indicar a não existência de correlação de causa-efeito com o campo magnético.

No adulto, em exposição habitacional, não foi demonstrada qualquer associação com o risco de cancro.

OS ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS DA EXPOSIÇÃO PROFISSIONAL

No que respeita a estudos sobre a exposição profissional, são conhecidos progressos notáveis. Nos anos 90, um conjunto de estudos centrados no risco de leucemia e de tumores cerebrais teve também em conta factores profissionais reconhecidos como possíveis carcinogénicos e reproduziu uma medição sistemática da exposição no local de trabalho, analisou o historial da carreira e recorreu à utilização de tabelas de correspondência entre os postos de trabalho e as exposições.

Alguns destes estudos mostraram existir um aumento do risco de cancro nos casos de exposição média ou elevada a campos magnéticos de elevada intensidade, mas sem estabelecer uma relação dose-resposta, nem identificar quais as profissões de risco.



ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO A OUTRAS PATOLOGIAS

A possibilidade da exposição a CEM estar associada a um aumento do número de doenças cardiovasculares, depressões ou suicídios tem sido objecto de estudos epidemiológicos envolvendo largas populações, sem que tal facto tenha sido alguma vez demonstrado.

Colocou-se também a hipótese da exposição a CEM estar associada a diversas doenças neurodegenerativas. No caso da doença de Parkinson e da esclerose múltipla, não foi detectada qualquer evidência de existir uma associação da exposição a CEM com estas patologias.

Huss e colaboradores descreveram, em 2008⁴, um risco aumentado da presença de doença de Alzheimer na população suíça localizada na proximidade de linhas de transporte de energia eléctrica. Todavia, a evidência epidemiológica é limitada, como realçam os autores, uma vez que não existe correlação biológica.

Por outro lado, vários estudos que se centram na esclerose lateral amiotrófica (ELA), sugerem que o risco de sofrer de ELA é superior em trabalhadores cujas ocupações estão directamente associadas com a electricidade. No entanto, e até à data, não foi estabelecido qualquer mecanismo biológico que possa explicar esta associação, que poderá antes se encontrar associada a outros factores ambientais e de risco profissional relacionados com o tipo de ocupação na indústria eléctrica, tais como os choques eléctricos.

Na análise do conjunto dos estudos existentes, a OMS conclui que não existe evidência adequada para associar a exposição a CEM com ELA.

A ELECTROSSENSIBILIDADE

Fenómeno descrito nos anos 80, na Noruega, afectando as utilizadoras de ecrãs de computador e tendo-se espalhado por toda a Escandinávia, pondo em causa a proximidade aos mais diversos aparelhos eléctricos. No entanto, este fenómeno não conheceu uma notável expansão noutros países europeus, da mesma forma submetidos às mesmas condições de exposição.

Os sintomas descritos variam de pessoa para pessoa e são principalmente dermatológicos, mas também respiratórios e cardiovasculares. Apresentam a particularidade de não estarem associados a sinais objectivos ou a anomalias reprodutíveis em condições laboratoriais. Estudos realizados em duplo demonstraram que os pacientes eram incapazes de distinguir a diferença entre aparelhos sob tensão e aparelhos desligados da tomada. O síndrome não foi ainda cientificamente reconhecido, não devendo porém os sintomas serem menosprezados, assim como a aplicação de cuidados adequados.

4. "Residence Near Power Lines and Mortality From Neurodegenerative Diseases: Longitudinal Study of the Swiss Population" Anke Huss, Adrian Spoerri, Matthias Egger e Martin Röösli para o *Swiss National Cohort Study*. Submetido inicialmente a 5 de Maio de 2008; aceite para publicação em 25 de Agosto de 2008.

A PESQUISA LABORATORIAL

Os estudos de laboratório têm a vantagem de focar a investigação no parâmetro físico a estudar, mantendo os factores ambientais sob controlo. Tais estudos são complementares aos estudos epidemiológicos, podendo confirmar indirectamente os resultados e descobrir os mecanismos e a causa de uma dada associação estatística constatada por observação.

A pesquisa laboratorial concentrou-se praticamente na carcinogénese e no risco de más-formações.

O MÉTODO CIENTÍFICO

São basicamente dois os tipos de estudos laboratoriais:

As experiências *in vitro*, com culturas de células e que constituem modelos biológicos simplificados, permitindo analisar em detalhe os mecanismos de acção. Tais métodos não têm em conta os mecanismos de regulação permanente presentes nos organismos.



Qualquer resultado alcançado terá de poder ser replicado por outros laboratórios antes que alguma conclusão possa ser tirada sobre o efeito em estudo.

As experiências em animais de laboratório, *in vivo*, investigam os mecanismos do efeito a estudar sobre a saúde dos animais. A extrapolação para o homem de observações feitas em animais tem de ser feita com as devidas precauções.



UMA PALAVRA DE ESCLARECIMENTO DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE

Efeitos biológicos constituem mudanças mensuráveis que decorrem de um estímulo dado ou de uma mudança no meio ambiente. Estes efeitos não são necessariamente prejudiciais para a saúde.

Ouvir música ou ler um documento produz efeitos biológicos, mas, em princípio, nenhuma destas actividades tem um efeito de desequilíbrio sobre a saúde.

O organismo possui mecanismos de compensação ou de ajuste a todos os tipos de mudança. Um efeito biológico pode tornar-se nocivo caso o corpo seja submetido a um *stress* suficientemente intenso e durante longos períodos, de tal maneira que a compensação ou ajuste se torne impossível.

O RESULTADO DAS EXPERIÊNCIAS *IN VITRO*

Ao contrário das radiações ionizantes, os campos de 50 a 60 Hz não transferem à célula energia suficiente para que nela se observe um efeito mutagénico. Em nenhum estudo *in vitro* reproduzível se observaram alterações do ADN ou modificação dos seus mecanismos próprios de reparação.

Os estudos experimentais em células focaram-se sobretudo na fase de formação dos tumores, com vista a entender qual a interferência dos CEM no reconhecimento celular e no sistema imunitário. Outros estudos, baseados em hipóteses electromagnéticas, investigaram os possíveis efeitos nos elementos carregados electricamente, tais como iões e radicais livres, ou em células contendo moléculas supostamente sensíveis aos campos magnéticos, tais como os cristais de magnetite. Tais trabalhos não demonstraram uma relação entre a exposição aos CEM e a ocorrência ou o desenvolvimento de tumores.

Não existe uma evidência clara do efeito dos CEM na activação de genes associados com o ciclo celular. A condução de estudos sistemáticos, onde a resposta do genoma na íntegra seja analisada, apresenta um potencial de esclarecimento muito elevado.

O RESULTADO DAS EXPERIÊNCIAS *IN VIVO*

Tal como com os estudos *in vitro*, os estudos conduzidos em animais focaram-se na hipótese de haver um efeito iniciador ou promotor da carcinogénese. Foi também igualmente estudada a hipótese de existir um efeito co-promotor, ou seja, que a exposição aos CEM pudesse de alguma forma amplificar o efeito negativo dos carcinogénicos já identificados.

Foram conduzidos cinco estudos sobre o aparecimento de cancro em milhares de roedores expostos durante toda a sua vida, sem que fosse demonstrada a indução de tumores ou observado qualquer efeito iniciador.

Nas experiências de averiguação da hipótese de haver um efeito co-promotor, foram utilizados animais com cancros provocados por agentes carcinogénicos, como raios ionizantes ou substâncias químicas. Os animais foram depois separados em diferentes grupos e expostos a diferentes níveis de CEM. Os estudos que se centraram no desenvolvimento de tumores da pele, fígado, mama e sistema nervoso central, assim como em leucemias e linfomas, não tiveram resultados concludentes.

POSSÍVEIS EFEITOS SOBRE A REPRODUÇÃO

Gerações inteiras de roedores foram criadas em campos electromagnéticos intensos a fim de pesquisar o risco de possíveis más-formações ao nível do feto. Tais experiências não demonstraram haver qualquer forma de anomalia da fertilidade ou aumento no número de más-formações.



ESTUDOS EM ANIMAIS DE CRIAÇÃO

Foram conduzidos numerosos estudos em diversos países sobre os efeitos dos CEM em animais de criação como vacas, porcos e cavalos, mas também em cães e abelhas. A observação centrou-se nos aspectos comportamentais e de produção. Não foi observado qualquer efeito sobre a saúde dos animais.

O ESTUDO DE OUTROS EFEITOS BIOLÓGICOS

Diversos estudos focaram-se na secreção diária de melatonina⁴, tanto nos animais como no ser humano. Foram observadas algumas alterações variáveis em roedores, mas não no homem ou em animais de criação. No que concerne a efeitos comportamentais, foram observadas pequenas variações, reversíveis e sem consequências observáveis em electroencefalograma, da electrofisiologia do sono e do coração.

4. Hormona existente em quase todos os animais e no homem, com um papel regulador nos ritmos circadianos e de protecção antioxidante do ADN mitocondrial.

ESPECIALISTAS DE VÁRIAS VERTENTES COLABORAM NA AVALIAÇÃO DOS RISCOS

Tendo em conta a permanente evolução do conhecimento, foi organizada, por iniciativa tanto de agências governamentais como de companhias do sector eléctrico, uma concertação de especialidades pluridisciplinares a fim de avaliar regularmente o ponto de situação da investigação sobre os efeitos dos campos electromagnéticos na saúde.

Desta forma tem havido possibilidade de tornar visível uma complexidade de dados reunidos sobre o assunto ao longo dos tempos. No espaço de vinte anos tem havido mais de uma centena de actividades deste tipo. As mais recentes são as da Organização Mundial de Saúde (OMS), em Genebra, do National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS), nos Estados Unidos, do National Radiological Protection Board (NRPB), no Reino Unido, da IARC (International Agency for Research on Cancer) e do ICNIRP (International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection).

A OMS

A OMS redigiu em Setembro de 1999 um documento onde se podem ler as seguintes conclusões: "... não obstante o esforço de uma pesquisa intensa, não existem provas de que a exposição aos CEM dentro dos limites recomendados apresente risco para a saúde". A actualização dos dados é feita diariamente no sítio da OMS em www.who.int/peh-emf.

Em Outubro de 2004, a OMS submeteu a consulta pública o seu projecto "quadro de precaução", no qual é definido que um limite em redor de 0,4 μ T não é justificável, visto que a este nível os efeitos para a saúde não foram estabelecidos.

A monografia n.º 238 da OMS, publicada no âmbito do Projecto Internacional sobre CEM, em Junho de 2007, que trata dos CEM de extrema baixa frequência, mantém esta apreciação e produz um conjunto de recomendações para a gestão, controlo, mitigação e comunicação do risco, assim como recomendações sobre temas prioritários de investigação.

Nesta publicação, a OMS recomenda a adopção de medidas de precaução, estabelecidas no diálogo com as populações que se sintam afectadas, desde que não ponham em causa os benefícios sociais da electricidade, e tenham custos baixos ou nulos, com o objectivo de garantir a máxima protecção face ao estado actual do conhecimento, tais como:

- Desde que os benefícios sociais, económicos e para a saúde não sejam comprometidos, a adopção de medidas preventivas de baixo custo para reduzir a exposição é razoável e justificável.
- As autoridades e os fabricantes devem pôr em prática medidas de muito baixo custo ao construírem novas infra-estruturas e desenharem novos equipamentos.
- Deverão considerar-se mudanças nas práticas de engenharia para se reduzir a exposição aos CEM de equipamentos e dispositivos, desde que isso produza outros benefícios adicionais, tais como maior segurança ou um custo pequeno ou nulo.
- Quando se contemplarem alterações a fontes de CEM existentes, a redução desses campos deverá ser con-

As medidas adoptadas devem ser:

- Proporcionais ao nível de protecção desejado;
- Não discriminatórias na sua aplicação;
- Consistentes com outras adoptadas em circunstâncias similares;
- Baseadas em análise de custo/benefício;
- Provisórias;
- Capazes de atribuir responsabilidade pela obtenção de evidência científica para uma avaliação compreensiva do risco.

A OMS justifica esta ênfase nos custos “baixos ou nulos” que deverão ter as medidas precaucionais de redução de exposição aos campos magnéticos, da seguinte forma:

“...a energia eléctrica comporta óbvios benefícios para a saúde, sociais e económicos e as medidas precaucionais não deverão comprometer estes benefícios. Mais ainda, considerando quer a fraqueza da evidência de um elo entre a exposição aos campos magnéticos de EBF e a leucemia infantil, quer o limitado impacto sobre a saúde pública se esse elo existir, os benefícios para a saúde da redução da exposição não são claros. Por conseguinte, os custos das medidas precaucionais deverão ser muito baixos.”

THE NATIONAL INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL HEALTH SCIENCES (NIEHS)

Esta organização de investigação americana publicou em 1999 o seu parecer detalhado sobre o assunto, incluindo no relatório as investigações experimentais conduzidas no seio dessa mesma instituição, ou seja o programa EMF-RAPID, que havia sido iniciado em 1992. Incluiu também nesse parecer o conjunto das publicações dos estudos epidemiológicos, concluindo que “a probabilidade dos CEM constituírem um verdadeiro risco para a saúde é presentemente reduzida”.

THE NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD (NRPB)

Em 2001, o NRPB publicou o seu terceiro relatório de concertação de especialidades sobre os CEM e o risco de cancro, concluindo que “as experiências laboratoriais não surtem prova válida de que os CEM abaixo dos valores de referência sejam capazes de gerar cancro; os estudos epidemiológicos humanos também não sugerem que eles causem cancro em geral. Existem, no entanto, dados a favor dum ténue aumento do risco de leucemia na criança, para exposições prolongadas, a níveis elevados de campos magnéticos”.

Em 2004 a mesma organização publicou o seu quarto relatório sobre o assunto, concluindo que “presentemente, os resultados dos estudos sobre os CEM e a saúde (...) são insuficientes (...) para quantificar os limites apropriados de exposição⁵. Esta conclusão vai ao encontro da forma como outros organismos, tais como o ICNIRP (1998), desenvolveram as suas recomendações de exposição aos CEM”.

THE INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC)

Consiste num organismo internacional, no âmbito da OMS, cuja função é avaliar regularmente o potencial carcinogénico de agentes químicos ou físicos, classificando-os em quatro categorias.

A CLASSIFICAÇÃO DO IARC

- 1 Demonstrado como carcinogénico. Estão incluídos neste grupo uma centena de substâncias tais como o amianto, o tabaco e o arsénico.
- 2A Provável carcinogénico. Inclui 70 substâncias, entre as quais os UV e os fumos de escape dos motores a diesel.
- 2B Possível carcinogénico. Inclui perto de 250 substâncias, onde também se encontram o café, o níquel, o chumbo e as pílulas contraceptivas.
- 3 Substâncias sobre as quais não existem dados suficientes para que se possa concluir algo. Inclui uma lista de mais de 500 substâncias incluindo o dióxido de enxofre, as fibras acrílicas e o chá.
- 4 Provavelmente não carcinogénico. Inclui uma única substância, o caprolactame.

Em 2001, o IARC conduziu um estudo especializado sobre o possível efeito carcinogénico dos CEM estáticos e dos de reduzida frequência, particularmente 50 e 60 Hz, concluindo que os estudos conduzidos em animais de laboratório não demonstraram qualquer efeito sobre o aparecimento de cancro, nem tampouco sobre a reprodução, como o aumento das máis-formações e a incidência de abortos. Não foi estabelecido qualquer risco para os adultos em exposição habitacional ou profissional, nem para crianças expostas a menos de 0,4 µT, em média, durante 24 horas.

Contudo, em função dos resultados de alguns estudos epidemiológicos já referenciados, a comissão do IARC entendeu classificar os CEM no grupo 2B. Esta classificação resulta de resultados epidemiológicos limitados e da ausência de dados suficientes a partir dos estudos animais e a comissão aconselha ao aprofundamento da investigação.

5. Tendo em vista eventuais efeitos crónicos, por não estarem comprovados.

THE INTERNATIONAL COMMISSION OF NON-IONIZING RADIATION PROTECTION (ICNIRP)

Esta organização publicou em 2003 uma actualização do seu Livro Azul sobre as consequências da exposição aos campos eléctricos e magnéticos de 0 a 100 kHz para a saúde humana, concluindo que:

“Existe um robusto corpo de dados de grande qualidade, incluindo medições de exposição, boa metodologia e estudos de suficiente envergadura para a leucemia e os tumores cerebrais na criança, e no que concerne à exposição profissional e à sua ligação com a leucemia e os tumores cerebrais nos adultos. Tendo em conta todos os riscos avaliados nos estudos epidemiológicos sobre os CEM, existe evidência de uma associação entre estes e a leucemia nas crianças submetidas a uma exposição pós-natal superior a 0,4 μ T. Esta associação está influenciada por um conjunto de outros factores que a tornam incerta. Na ausência do conhecimento dos mecanismos ou de resultados experimentais reproduzíveis, estes números são difíceis de interpretar.”





O QUADRO REGULAMENTAR



AS DISPOSIÇÕES REGULAMENTARES

É do âmbito das autoridades nacionais e europeias competentes fixar o quadro regulamentar a fim de assegurar a protecção da saúde pública.

A PROTECÇÃO PÚBLICA E DOS TRABALHADORES NO SEIO DO QUADRO COMUNITÁRIO

A União Europeia utiliza dois tipos de actos jurídicos: as Directivas, que se impõem a todos os estados membros, sendo necessária a sua transposição para a legislação nacional, e as Recomendações, cuja transposição para o direito nacional é deixada à apreciação de cada estado membro.

Em Julho de 1999, o Conselho de Ministros de Saúde da Comissão Europeia aprovou a Recomendação 199/519/CE sobre a exposição do público aos CEM, tendo como base as recomendações do ICNIRP. Esta Recomendação cobre toda a gama de radiações não ionizantes de 0 a 300 GHz, tendo como objectivo dar às populações um nível elevado de protecção da saúde contra as exposições aos CEM. Com efeito, e segundo esta Recomendação, ao fixar limites de exposição a reduzidas frequências em níveis 50 vezes inferiores àqueles onde se observou os primeiros efeitos, cobrir-se-á implicitamente os possíveis efeitos a longo prazo. Neste sentido, a Recomendação preconiza aplicar os limites somente aos locais onde a duração da exposição seja significativa, baseando-se na certeza de que uma exposição de 100 μT não resulta numa corrente induzida superior a 2 mA/m^2 na cabeça e tronco.

O ICNIRP recomenda como valores de referência 5 kV para valor máximo de campo eléctrico e 100 μT para valor máximo de campo magnético e salienta a Recomendação da União Europeia (UE) de que os estados membros devem basear-se num quadro comum que assegure a consistência da protecção através de todo o espaço da UE. Esta recomendação salienta ainda que a existência de variações e omissões na regulamentação sobre esta matéria contribui para um sentimento de confusão e insegurança por parte dos cidadãos comunitários e reduz a confiança nas autoridades de saúde.

Em Portugal, esta Recomendação foi transposta integralmente para o direito nacional através da Portaria n.º 1421/2004 de 23 de Novembro.

RECOMENDAÇÃO EUROPEIA PARA A PROTECÇÃO PÚBLICA

Nível	Definição	Unidade de medida	Valor limite
Restrição de base	Densidade da corrente induzida no corpo	Miliampere por m ²	2 mA/m ²
Níveis de referência para 50 Hz	Para o campo eléctrico	Volt por metro	5 000 V/m
	Para o campo magnético	MicroTesla	100 µT

A 29 de Abril de 2004, o Parlamento Europeu adoptou a Directiva 2004/40/CE sobre a exposição dos trabalhadores aos CEM. No seguimento das linhas da recomendação de 1999, esta Directiva adoptou também os valores limites do ICNIRP para exposição ocupacional, cobrindo também ela toda a gama de radiações não ionizantes de 0 a 300GHz, a fim de garantir que os trabalhadores expostos aos campos electromagnéticos estejam protegidos de qualquer efeito nocivo conhecido para a saúde.

DIRECTIVA EUROPEIA PARA A PROTECÇÃO DOS TRABALHADORES SUBMETIDOS À CEM DE 50 HZ

Nível	Definição	Unidade de medida	Valor limite
Valor limite de exposição	Densidade da corrente induzida no corpo	Miliampere por m ²	10 mA/m ²
Níveis desencadeantes da acção	Para o campo eléctrico	Volt por metro	10 000 V/m
	Para o campo magnético	MicroTesla	500 µT







CONCLUSÕES



Vários estudos epidemiológicos têm tentado demonstrar uma associação estatística entre a exposição crônica a campos magnéticos de frequência muito baixa e de baixa intensidade e uma forma muito rara de leucemia infantil, mas têm sempre apresentado uma evidência limitada, a ser complementada por evidência laboratorial.

Até ao presente, a investigação laboratorial não conseguiu provar uma relação causa/efeito entre a leucemia e os campos magnéticos. Por outro lado, as investigações sobre várias outras doenças e a sua associação à exposição a campos magnéticos como câncros em adultos e crianças, depressão, suicídio, disfunção reprodutiva, distúrbios no desenvolvimento, modificações imunológicas e patologias neurológicas apresentaram evidências ainda menores.

Por último, no que diz respeito a patologias como a doença cardiovascular e o cancro da mama, os resultados das investigações são suficientemente conclusivos para assegurar que os campos magnéticos não causam estas doenças.



A FUTURA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

Na avaliação de riscos para a saúde humana, dados fiáveis sobre humanos, sempre que existentes, são geralmente mais informativos do que dados obtidos a partir de estudos em animais. Tais estudos, em conjunto com os estudos *in vitro*, servem para dar mais consistência aos estudos em humanos, ajudando na toma de decisões de risco sempre que não existam estudos em humanos, ou esses estudos sejam inadequados.

Face à globalidade dos resultados que apontam para uma explicação de grande complexidade e face à recomendação da OMS para a continuação de desenvolvimento de novos estudos, conclui-se, a título de recomendação, que é necessário colocar em prática todas as medidas necessárias à criação em Portugal de um núcleo de investigação sobre esta matéria, tendo por base as linhas prioritárias de investigação apontadas pela Organização Mundial de Saúde (cf. Monografia OMS n.º 238, Junho de 2007).

Recomendações da OMS para o prosseguimento da investigação	
<u>Fontes, medições e exposição</u>	<u>Prioridade</u>
Caracterização das habitações com exposição a altos campos magnéticos em diferentes países	Média
Identificar falhas de conhecimento sobre a exposição ocupacional a CEM, como no caso da ressonância magnética	Alta
Fora dos Estados Unidos, verificar a possibilidade dos circuitos habitacionais para induzir correntes de contacto nas crianças	Média
<u>Dosimetria</u>	
Melhorar a dosimetria computadorizada no relacionamento de campos eléctricos e magnéticos exteriores com campos interiores em diferentes orientações	Média
Cálculo dos campos eléctricos e correntes eléctricas induzidos em mulheres grávidas e no feto	Média
Aperfeiçoamento dos modelos microdosimétricos tendo em conta a arquitectura celular dos circuitos neurais e outros sistemas suborgânicos complexos	Média
<u>Mecanismos biofísicos</u>	
Continuação do estudo de mecanismos de pares de radicais em células do sistema imunitário que geram oxigénio reactivo como parte da sua função fenotípica	Média
Continuação do estudo teórico e experimental do possível papel da magnetite na associação à sensibilidade aos campos magnéticos	Baixa
Determinação do limiar das respostas a campos eléctricos induzidos em sistemas multicelulares, tais como redes neurais, utilizando métodos teóricos e <i>in vitro</i>	Alta

Neurocomportamento

Estudos cognitivos do sono e EEG em voluntários, incluindo crianças e indivíduos expostos pelo tipo de ocupação, utilizando um largo espectro de frequências electromagnéticas a altas densidades de fluxo Média

Estudos de exposição pré- e pós-natal na função cognitiva subsequente em animais Média

Continuação do estudo das respostas opióides e colinérgicas em animais Baixa

Perturbações neurodegenerativas

Continuação dos estudos sobre o risco de esclerose amiotrófica lateral em ocupações “eléctricas” e em relação com a exposição a campos magnéticos, e sobre a doença de Alzheimer em relação à exposição a campos magnéticos Alta

Imunologia e hematologia

Estudos sobre as consequências da exposição a campos magnéticos no desenvolvimento dos sistemas imunológico e hematopoético em animais juvenis Baixa

Reprodução e desenvolvimento

Continuação do estudo sobre a possível ligação entre o aborto e a exposição a campos magnéticos Baixa

Cancro

Actualização com nova informação das análises existentes sobre leucemia infantil Alta

Análise dos estudos existentes sobre estudos acerca do tumor cerebral infantil Alta

Actualização dos dados existentes e das metanálises sobre estudos acerca de leucemia nos adultos e em nichos de indivíduos expostos devido à sua ocupação Média

Desenvolvimento de modelos transgénicos de roedores para a leucemia infantil para uso em estudos com campos electromagnéticos Alta

Avaliação dos efeitos co-carcinogénicos utilizando estudos *in vitro* e em animais Alta

Tentativa de replicação de estudos de genotoxicidade *in vitro* Média

Medidas de protecção

Pesquisa sobre o desenvolvimento de medidas de protecção e de implementação de medidas em áreas de incerteza científica Média

Continuação da pesquisa sobre a percepção do risco e comunicação, tendo em foco os campos electromagnéticos Média

Desenvolvimento de uma análise sobre os custo-benefício/custo-efectividade para a mitigação dos campos electromagnéticos Média

REFERÊNCIAS

COMISSÃO EUROPEIA

<http://ec.europa.eu/>

EDP

<http://www.edp.pt>

EMF-LINK

<http://infoventures.com/emf/>

ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA MONOGRAPH N.º 238

http://www.who.int/peh-emf/publications/elf_ehc/en/index.html

HEALTH PROTECTION AGENCY

<http://www.hpa.org.uk/>

INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION

<http://www.icnrp.de/>

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER

<http://www.iarc.fr/>

LES CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES DE TRÈS BASSE FRÉQUENCE

http://www.rte-france.com/htm/fr/mediatheque/telecharge/Brochure_Champs_Electromagnetiques_TBF.pdf

NATIONAL INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL HEALTH SCIENCES

<http://www.niehs.nih.gov/>

REN

<http://www.ren.pt>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (ELECTROMAGNETIC FIELDS)

<http://www.who.int/peh-emf/en/>

