

# ***Estudo Experimental dos Efeitos dos Campos Eletromagnéticos de Baixa Frequência nos Biosubstratos***

**Vívian Munari Dewes**

Mestre em Ciências Ambientais  
UNESC, SC

**Nestor Raul Minhuey Mendez**

Doutor em Física  
UNESC, SC

---

## **Resumo**

Em uma Unidade de Tratamento Intensivo, existem aparelhos emissores de campos eletromagnéticos, onde estão expostos seres humanos e biosubstratos. O local de estudo é uma UTI, onde realizou-se medidas radiométricas, e um estudo experimental dos parâmetros físico-químicos dos biosubstratos diante das radiações eletromagnéticas de baixa frequência, irradiando-se os biosubstratos, e analisando os parâmetros, seguidos de uma análise estatística. Observou-se a existência de poluição eletromagnética na UTI, e que os biosubstratos irradiados tiveram suas características fisiológicas alteradas.

**Palavras-chave:** Poluição Eletromagnética Ambiental, Unidade de Tratamento Intensivo, biosubstratos.

## **Introdução/Justificativa**

A poluição eletromagnética ambiental pode ser caracterizada como uma contaminação do ambiente por ondas eletromagnéticas antrópicas, sendo que esse termo foi utilizado pela primeira vez em 1981, pela Organização Mundial da Saúde.

Este tipo de poluição é invisível, e aumentou muito com a evolução da indústria e da tecnologia nos últimos anos. As pessoas estão cada vez mais em contato com sistemas eletrônicos, em casa, no trabalho, na escola, no transporte, entre outros. Para muitos cientistas essa poluição pode influenciar na atividade celular do organismo humano e interferir o vôo de algumas aves.

A poluição eletromagnética antrópica, gerada por fontes tecnológicas, indústria, medicina, tem provocado um aumento de campos eletromagnéticos no ambiente, como os fios elétricos de residências, ferro de passar roupa, televisão, computadores, transformadores, aparelhos de celular e suas Estações Radio Base (ERB), sendo esses aparelhos emissores de radiação eletromagnética não ionizante.

A evolução tecnológica obtida a partir de século XX, além de provocar aumento destes campos, também provocou mudanças no comportamento das pessoas, levando a um consumismo as vezes sem controle, adquirindo cada vez mais os produtos desta evolução, como por exemplo o uso de fornos de microondas ou aparelhos de celular, entre outros "benefícios" ou facilidades, mas onde isso vai parar é o que ninguém sabe, apenas tem-se a certeza de que os campos eletromagnéticos estão cada vez mais presentes em nossas vidas.

Os campos eletromagnéticos ou radiações eletromagnéticas, como são chamados por alguns pesquisadores, são classificados como radiação não ionizante, e transmitem energia em forma de ondas eletromagnéticas, as quais possuem um componente elétrico e outro magnético.

Conforme o Federal-Provincial-Territorial Radiation Protection Committee (2005 b) os campos magnéticos tem sua intensidade dada por unidades, como o Tesla (T), Microtesla ( $\mu\text{T}$ ), Gauss (G) ou Miligauss (mG), e os campos elétricos em Volt por metro (V/m).

Sendo que:

$$. 1 \text{ G} = 10^3 \text{ mG} = 10^{-4} \text{ T}$$

$$. 1 \text{ mG} = 10^{-7} \text{ T} \text{ ou } 0,1 \mu\text{T}$$

$$. 10 \text{ mT} = 7960 \text{ A/m} = 105 \text{ mG}$$

$$. 1 \text{ mW/cm}^2 = 10 \text{ W/m}^2$$

Independentemente das frequências, os CEM representam uma das influências ambientais mais comuns e que crescem mais rapidamente.

A frequência refere-se ao número das oscilações na onda pelo tempo da unidade, medido nas unidades de Hertz (1 Hertz = 1 ciclo por segundo), e o comprimento da onda está a uma distância viajada pela onda em uma oscilação (ou em ciclo).

Os campos eletromagnéticos estão presentes desde o surgimento do universo, e fazem parte do espectro da radiação eletromagnética, que inclui as radiações ionizantes e não ionizantes.

Conforme Déoux e Déoux (1996) as radiações eletromagnéticas estão distribuídas no espectro eletromagnético, organizadas em classes. Esse engloba as ondas de rádio, microondas, radiação infravermelha, luz, radiação ultravioleta, raio X e gama.

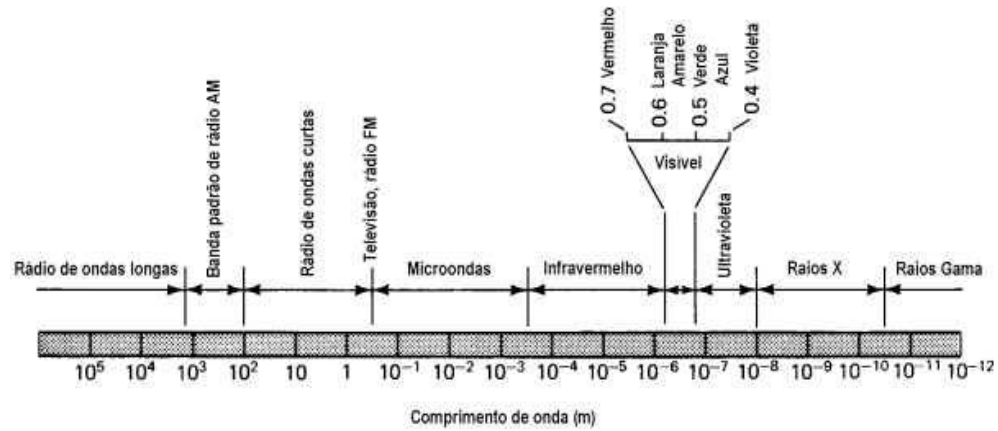


Figura 1: Espectro da radiação eletromagnética (Fonte: FILHO, 2004).

Os campos eletromagnéticos podem transportar informações, como é o caso das telecomunicações onde os campos eletromagnéticos são lançados ao espaço com uma configuração chamada tecnicamente de modulação.

A poluição eletromagnética pode ser de baixa ou alta frequência e quando o organismo humano é exposto a estas frequências por tempo prolongado, podem ocorrer perturbações no mesmo.

Em uma Unidade de Tratamento Intensivo (UTI), encontram-se vários aparelhos eletrônicos, como respiradores, monitores cardíacos, desfibriladores, bombas de infusão, aparelhos de eletrocardiograma, encefalograma, ecografia, ambos emissores de campos eletromagnéticos, os quais estão expostos seres humanos com a saúde em perigo e biosubstratos que são utilizados por estes, como soro fisiológico e ringer lactato.

Esses biosubstratos quando expostos a campos eletromagnéticos de baixa frequência, podem vir a sofrer alterações em suas características físico-químicas, como pH, condutividade, refratometria e espectrofotometria.

Sem contar, que esses campos eletromagnéticos também podem causar efeitos nocivos em seres humanos. Conforme Déoux e Déoux (1996) o sistema nervoso e o sistema imunológico, são muito sensíveis as radiações de alta frequência, podendo esta causar modificações na atividade elétrica do cérebro, perturbações no sono, ansiedade, irritabilidade, perda de memória, cansaço, sonolência, depressões, entre outros efeitos nocivos.

O autor citado acima, ainda reforça que as radiações eletromagnéticas de baixa frequência (linhas de alta tensão, entre outras), são uma das hipóteses levantadas em estudos realizados sobre as causas de leucemia.

De acordo com informações extraídas e Déoux e Déoux (1996),

*o Dr. Jutilainen, do Departamento de Ciências do Ambiente, da Universidade de Kuopio, na Finlândia, salientou que campos magnéticos superiores a 1,3 mG, em habitações, aumentam o risco de abortos com modificações das taxas do hormônio gonadotrofina cariónica que permite indicar abortos*

*espontâneos que passaram despercebidos. As mulheres expostas a mais de 6,3 mG, nas suas casas, apresentam uma taxa de aborto precoce...(pág. 383).*

Resultados que são parecidos com esses foram citados por Bueno (1995), e segundo este autor, tem ocorrido um aumento constante de células cancerosas que estão expostas a ondas eletromagnéticas de baixa frequência, similares as produzidas pelas redes de alta tensão.

A instalação de linhas de alta tensão, próximo a residências podem ter efeitos nocivos a saúde.

Segundo Déoux e Déoux (1996), o aumento de consumo elétrico, fez com que aumentasse também a tensão das linhas de transportes. É de fundamental importância que se crie soluções para que o transporte desta eletricidade não coloque em risco os benefícios trazidos pela energia as populações.

“Os problemas de contaminação ambiental tem efeitos evidentes e em nenhum momento poderemos nos considerar alheios a eles”(Bueno, 1995, p.16).

O próprio corpo humano também irradia ondas eletromagnéticas em baixas frequências, que são produzidas pelo calor do mesmo, composto por células carregadas de átomos e elétrons.

Conforme Susak, Ponomarev e Shigaev (2005) os efeitos dos CEM em sistemas biológicos mudam as taxas das reações químicas em resposta a mudanças das propriedades da água configurada nos CEM.

A emissão de radiação também é resultado do movimento de partículas e sua intensidade está diretamente relacionada ao comprimento da onda, que é classificada segundo o valor de sua frequência. Porém, o seu grau de nocividade depende da frequência e da intensidade das ondas emitidas, do tempo de exposição, e da distancia que a pessoa fica da fonte emissora de campos eletromagnéticos.

Como as ondas eletromagnéticas alteram o funcionamento do organismo humano, é algo ainda não totalmente explicado pelos cientista, apesar disto a Organização Mundial da Saúde alerta sobre os riscos citados por estudos realizados, e diz que o melhor remédio por enquanto é a prevenção.

No que se refere há trabalhos sobre poluição eletromagnética ambiental em ambiente hospitalar, não existe até o devido momento trabalhos publicados, sendo que nesses ambientes existem pacientes em tratamento, é necessário conhecer os possíveis efeitos das radiações eletromagnéticas em organismos vivos, e qual o nível de radiação de determinado ambiente para se ter um controle do mesmo.

Por outro lado, quando se refere aos efeitos destes campos eletromagnéticos não ionizantes em biosubstratos como água e soro fisiológico, existem poucos trabalhos publicados nessa área, que explicam a interação existente entre ambos, por isso, torna-se de fundamental importância nos dias de hoje para a espécie humana conhecer os resultados desta interação, uma vez que esses campos estão cada vez mais presentes no ambiente.

## **Objetivos**

Objetivo Geral:

Realizar estudo laboratorial dos efeitos físico-químicos nos biosubstratos expostos aos campos eletromagnéticos de baixa frequência, em uma UTI.

Objetivos Específicos:

- Avaliar em laboratório os efeitos dos CEM de baixa frequência e intensidade nos biosubstratos como soro fisiológico Na Cl 9%, e soro fisiológico glicosado;
- Realizar estudo radiométrico da Unidade de Tratamento Intensivo (UTI);
- Quantificar a poluição eletromagnética numa UTI e seus possíveis impactos na saúde humana;

## **Metodologia**

A metodologia foi dividida nas seguintes etapas:

Etapa 1: Definição do local de estudo

O local de escolhido para o desenvolvimento da pesquisa, onde foram realizados os testes radiométricos e análise dos possíveis efeitos dos campos eletromagnéticos em biosubstratos distribuídos no mesmo, foi a Unidade de Tratamento Intensivo (UTI), de um Hospital no município de Criciúma, SC. Isto pelo fato de que até o momento, segundo a busca de referências não foi analisada a poluição eletromagnética ambiental em ambiente de UTI.

Foram medidos os campos eletromagnéticos junto aos pacientes, e nos biosubstratos. Porém sendo a UTI um local de Extrema importância esta pesquisa foi desenvolvida sem interferir na rotina de trabalho normal da mesma.

Etapa 2 : Estabelecimento do tipo de biosubstrato para estudo

Nesta foram estabelecidos os tipos de biosubstratos para estudo, entre eles, o soro fisiológico Na Cl 9%, cuja composição é cloreto de sódio 0,9%, e a composição eletrolítica 154 mEq/L em Na<sup>+</sup>, 154 mEq/L em Cl<sup>-</sup>, e 308 mosm/L, e o soro fisiológico glicosado, cuja composição é a cada 100ml: glicose a 5%, dextrose anidra 5.0 g, água para injeção 100ml.

Ambos os soros fisiológicos foram selecionados pelo fato de serem utilizados na UTI para ressuscitação e recuperação de pacientes, e porque verifica-se que os mesmos estão próximos a fontes emissoras de campos eletromagnéticos como, equipamento eletrocardiograma, cabos de força, bomba de infusão, ventilador mecânico, eletroencefalograma, entre outros aparelhos existentes na UTI.

Etapa 3: Realização dos testes radiométricos

Os testes radiométricos foram utilizados para mensurar e localizar as fontes de campos eletromagnéticos na UTI. Estes dados são fundamentais para saber o nível de campos eletromagnéticos em que pacientes, médicos e biosubstratos estão expostos.

Foram realizadas medidas os lugares onde se distribuem as soluções em análise. Para isso foi utilizado o Radiômetro Analógico Tipo Trifield Broadband Meter, com as seguintes características: faixa de medição de 0 – 1000 V/m, 0 – 100 mG, 0 – 3 mG.

Para as realização do estudo radiométrico fez-se visitas de estudo semanais (1 por semana) a UTI, no mês de agosto de 2005. Em cada visita realizada para fazer a radiometria, eram feitas três medições em tempos diferentes, às 13:00, 14:30 e às 16:00 para observar possíveis modificações na intensidade dos campos eletromagnéticos.

Primeiramente estabeleceu-se pontos estratégicos dentro da UTI, pontos 1,2,3,4,5,6,7, e 8 onde fez-se medidas diagonalmente ( dos ângulos do ambiente 1- 8 em forma de X), dos campos elétricos e magnéticos, e pontos 9, 10, 11, 12 e 13 em que realizou-se as mesmas medidas, porém estes pontos são próximos aos biosubstratos utilizados no estudo, para a realização dos testes laboratoriais.

A figura 1, ilustra os pontos de medidas (1-13) dentro da UTI, em que foram realizadas as medidas radiométricas.

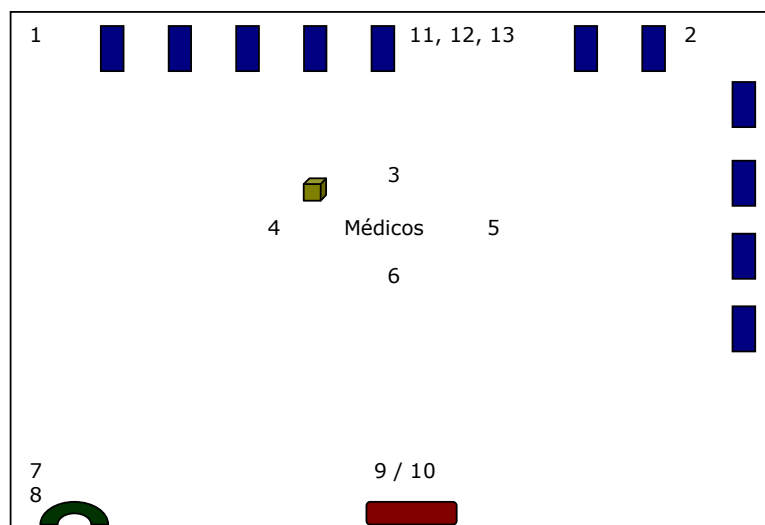






Figura 2: Esquema de representação dos pontos de realização da radiometria dentro da UTI

Legenda:

-  : Entrada da UTI
-  : Balcão onde ficam os biosubstratos antes de serem utilizados pelos pacientes
-  : Leitos de pacientes dentro da UTI
-  : Aparelho de computador

Etapa 4: Estudo experimental dos parâmetros físico-químicos dos biosubstratos diante das radiações eletromagnéticas de baixa frequência:

Levando em consideração os resultados da radiometria e o fato de existir uma impossibilidade de se fazer testes *in situ* na UTI, elaborou-se um modelo de UTI em condições laboratoriais para irradiação dos biosubstratos existentes na mesma.

Durante a realização dos testes, as condições ambientais como luminosidade, umidade relativa e temperatura, foram mantidas sob controle. Na UTI a temperatura era de 260 e a luminosidade de 100 – 150 Lux.

Para a realização dos testes, foram utilizadas embalagens de soro fisiológico Na Cl 9%, e soro fisiológico glicosado. Em cada teste eram utilizadas oito embalagens de 100ml de soro fisiológica cada.

Os testes laboratoriais foram realizados nos meses de setembro a novembro de 2005.

Das oito embalagens de biosubstratos, quatro (controle) eram mantidas longe de qualquer fonte de campos eletromagnéticos, enquanto que a outras quatro (amostra) eram irradiadas. A fonte de radiação vem de um transformador, estabilizador de tensão 220 V, 60 hertz, com intensidade de 100 mG para campos magnéticos e 1000 V/m para campos elétricos, simulando assim as condições de UTI em condições laboratoriais, pois estes foram os valores (aproximados) encontrados na UTI, em torno dos biosubstratos.

Os biosubstratos eram irradiados por um período de 48h, mesmo tempo (aproximado) em que ficam no balão da UTI antes de serem utilizados pelos pacientes. Os biosubstratos foram irradiados no Laboratório de Foto e Radiobiologia da UNESC.

Após a fase de irradiação, os biosubstratos eram levados imediatamente até o laboratório de química da UNESC, onde eram realizadas as medidas dos parâmetros físico-químicos, como pH, condutividade, refratometria e espectrofotometria.

Etapa 5: Teste estatístico

As análises estatísticas dos resultados foram realizadas, com a utilização do Test T de Student para amostras dependentes ou pareadas. As análises foram realizadas com um nível de significância a 5%.

## **Resultados e discussões**

Os testes radiométricos realizados, mostraram que existe realmente uma poluição eletromagnética na UTI é esta encontra-se acima do limite de exposição aos CEM recomendados pela Suíça e Rússia, países que tiveram os limites de exposição tidos como referência para desenvolvimento desta pesquisa e análise dos dados, apesar de os níveis de CEM considerados sanitários estarem em debate mundial.

Os níveis de radiação eletromagnética na sala de UTI também estão além dos recomendados pelos higienistas (especialistas em higiene em campos eletromagnéticos), e as principais fontes são as lâmpadas fluorescentes, equipamentos e rede elétrica.

Pode-se dizer que nos pontos 1, 2 e 8 os valores do campo magnético variaram entre 3 mG e 6 mG, os quais são baixos quando comparados com os pontos 3, 4, 5, 6 e 7, em que o campo magnético variou entre 19,87 mG e 33,07 mG. Com relação ao campo elétrico, este encontra-se acima de 1000 V/m (ou 1KV/m) em ambos os pontos (ver figura 2).

Nos pontos 9 e 10, próximo ao soro fisiológico, o campo magnético variou de 90 a 100 mG, estando muito superior aos encontrados nos pontos 1- 8 e, muito acima dos limites estabelecidos na Suíça (ver figura 2).

No que se refere aos valores do campo elétrico, nos pontos 9 e 10, pode-se ver que o campo elétrico variou de 15 e 16 V/m, valores muito inferiores aos encontrados nos pontos 11,12 e 13. Estes valores estão abaixo dos limites de exposição recomendados internacionalmente (pela Rússia) para o campo elétrico que é de 0,5 kV/m ou 500 V/m.

Já os valores do campo magnético em torno do soro fisiológico no momento em que este estava sendo utilizado pelo paciente, representado nos pontos 11, 12, 13. Os valores variaram de 1 a 3 mG, estando dentro dos limites estabelecidos na Suíça. Porém, deve-se levar em consideração que estes biosubstratos que estão sendo irradiados por campos magnéticos de 1 a 3 mG, antes eram irradiados por campos magnéticos de 90 a 100 mG no balcão da UTI. Assim, houve apenas uma diminuição da intensidade do campo, e o campo elétrico que era de 15 a 16 V/m nos pontos 9 e 10, mostrou-se maior que 1000 V/m, nos pontos 11, 12 e 13, isso pode ser devido à proximidade com a lâmpada fluorescente.

Os resultados dos testes laboratoriais mostram que todos os parâmetros físico-químicos do Soro Fisiológico Na Cl 9% foram alterados significativamente ( $p < 0,05$ ) após a irradiação com a fonte eletromagnética de 60Hz que simulou as condições de conservação do soro fisiológico na UTI.

Tem-se assim que o pH diminuiu em 4,1% ( $\Delta \text{pH} = -0,25$ ), a condutividade diminuiu em 2,8% ( $\Delta \mu\text{S/cm} = -0,46$ ), assim como o coeficiente de refração em 0,12% ( $\Delta n_D = -0,0017$ ) no entanto a absorção aumentou em 13,6% ( $\Delta A = 0,017$ ). Estes dados significativos indicam uma sensível mudança na estrutura das soluções. Isto pode ser devido ao fato que tanto a água sendo um dipolo como o Na Cl 9% ficariam alinhados ao campo eletromagnético exterior iniciando a formação de clusters na água que fixariam os prótons livres. A orientação forçada dos clusters e Na Cl 9% explicariam também a baixa da condutividade e a o aumento da absorção e a pequena mudança das propriedades óticas do meio(refração).

No caso do soro glicosado os resultados indicaram efeitos contrários ao encontrado no Na Cl 9%. Neste tem-se mudanças de todos os parâmetros significativamente ( $p < 0,05$ ) excetuando o pH onde observou-se apenas pequena tendência ao aumento em 1% ( $\Delta \text{pH} = 0,05$ ). Entretanto, a condutividade aumentou significativamente em 13,5% ( $\Delta \mu\text{S/cm} = 1,28$ ). O coeficiente de refração aumentou em 0,03% ( $\Delta n_D = 0,0004$ ) mas a absorção aumentou em 62,06% ( $\Delta A = 0,017$ ). Estes efeitos podem ser compreendidos pelo fato de que a glicose absorve a radiação direta, acontecendo formações de clusters e rompimentos de

pontes de hidrogênio na água liberando anions o que aumentaria a condutividade, um rápido aumento da refração, mas importante aumento da absorção.

Deve-se ressaltar que os campos eletromagnéticos não são homogêneos (modelo de condições reais de trabalho na UTI) e a tensão elétrica da rede poderia não ser estável durante o tempo de exposição das amostras.

Por outro lado o alvo de estudo não é de avaliação sanitária, no entanto as alterações dos parâmetros físico-químicos encontradas poderiam indicar que o soro utilizado poderia, em determinadas condições, apresentar efeito fisiológico alterado.

## **Conclusões**

No ambiente da UTI em estudo observou-se concentrações de CEM, variando de 3 a 6 mG em alguns pontos e de 90 a 100 mG em outros, o que evidencia que existe na UTI uma poluição eletromagnética de baixa frequência relevante.

Esta poluição tem como origem os equipamentos eletro-eletrônicos, biomédicos assim como rede elétrica e lâmpadas fluorescentes.

Os valores obtidos com a radiometria podem sofrer mudanças, pois a quantidade dos aparelhos em funcionamento aumenta ou diminui dependendo da quantidade de leitos ocupados, e a distribuição destes aparelhos também pode variar. Porém a poluição eletromagnética ambiental em ambiente de UTI sempre vai existir, pois neste existem os aparelhos eletro-eletrônicos necessários para os pacientes, além de toda a fiação elétrica e iluminação, cuja distribuição poderia ser otimizada.

Os valores encontrados com a radiometria são superiores aos limites máximos recomendados internacionalmente para pessoas saudáveis, sendo por isso, menos recomendáveis para pacientes UTI.

Para um paciente enfermo que se encontra em uma UTI, os valores encontrados para os campos eletromagnéticos poderiam ser muito prejudiciais pelo fato de esse estar com a saúde fraca, sistema imunológico baixo, precisando de cuidados médicos em tempo integral.

Os biosubstratos em estudo apresentaram mudanças diante dos resultados das análises dos parâmetros físico-químicos. Os mesmos mostraram diferenças significativas após irradiação, principalmente no pH (diminuição no soro fisiológico Na Cl 9%) e fortes variações na absorção em ambos os soros fisiológicos analisados.

A fortes mudanças de absorção verificadas nos testes realizados com os biosubstratos, soro fisiológico Na Cl 9% e soro fisiológico glicosado, indicam que os mesmos, quando submetidos a irradiação no local de trabalho da UTI (perto de um transformador, por exemplo) poderiam, em determinadas condições, apresentar efeito fisiológico alterado.

Portanto, preliminarmente, pode-se observar que os biosubstratos (soro fisiológico Na Cl 9% e soro fisiológico glicosado) que estiveram expostos a níveis de campo elétrico de 1000 V/m e campos magnéticos

entre 90 - 100 mG, apresentam alterações significativas em seus parâmetros físico-químicos, como pH, condutividade, refratometria e espectrofotometria (absorção).

Existe a necessidade de monitoramento e avaliação dos CEM nas UTI devido à importância destas unidades, precisa-se de um controle dos mesmos junto aos biosubstratos permanentemente usados nos hospitais.

---

## Referências

BUENO, M. 1995. *O Grande Livro da Casa Saudável*. São Paulo, Roca.

DEOUX, P.; DEOUX, S. 2000. *Ecologia é a saúde: o impacto da deterioração do ambiente na saúde*. Lisboa, Instituto Piaget.

*Federal-Provincial-Territorial Radiation Protection Committee*. 2005b. Position Statement for the General Public on the Health Effects of Power-Frequency (60 Hz) Electric and Magnetic Fields. Canadá. Disponível em: <http://www.bccdc.org/downloads/pdf/rps/reports/ELF%20position%20statement%20E-050120.pdf>, acesso em: 29/04/2005.

FILHO, A. M. O elétron emissor da radiação eletromagnética. Disponível em: <http://www.ecientificocultural.com/eletron2/emissor08.htm>, acesso em 15/08/2004.

*Organização Mundial da Saúde - OMS*. Campos eletromagnéticos. Disponível em: <http://translate.google.com/translate?hl=pt-BR&sl=en&u=http://www.who.int/em/&prev=/search%3Fq%3Dwww.who.int%26hl%3Dpt-BR%26lr%3D>, acesso em 02/08/2004. Página traduzida de: [www.who.int/en/](http://www.who.int/en/)

SUSAK, I. P., et al. 2005. *Primary Mechanisms of the Biological Effect of Electromagnetic Fields*. *Biofizika*, Mar - Apr, **50**(2):367-370.