

Efeitos das radiações

Toda radiação é invisível, inodora, insípida e inaudível. Quando somos "atingidos" por um feixe de radiação, nenhuma lesão visível ocorre no momento da irradiação. Por isso não podemos perceber ou sentir se estamos sendo irradiados. Os danos das radiações sobre as pessoas ou sobre o ambiente dependem de uma série de fatores, tais como a energia da radiação, o tempo de exposição, a dose absorvida, a parte do corpo atingida e a própria sensibilidade da pessoa. Os seus efeitos podem se manifestar a curto prazo, em dias ou semanas, quando as doses são muito altas, ou a longo prazo, meses, anos, décadas ou gerações, no caso de doses menos elevadas.

É importante enfatizar que a principal consequência dos efeitos tardios é a incidência de um maior número de certas enfermidades em relação ao normal. Um câncer produzido por irradiação, por exemplo, é indistinguível de qualquer outro. Além disso, o intervalo de tempo entre a exposição e o efeito causado pode ser grande, especialmente no caso de doses não muito elevadas.

Por esse motivo, os estudos sobre efeitos são complexos e difíceis de quantificar. As estimativas sobre o número de pessoas afetadas, incidência de certas doenças e casos de morte podem ter muitas incertezas e, assim, ficam sujeitas a diferentes interpretações.

Efeitos Biológicos de Ondas Eletromagnéticas

Quase todas as novas tecnologias trazem associado um risco, real ou não, que depende essencialmente de sua verdadeira natureza e do conhecimento que se possui sobre o assunto. É natural, quando não se conhece precisamente o fenômeno, ou quando se dispõe de dados insuficientes para analisá-lo, ter preocupações sobre os possíveis efeitos danosos aos sistemas biológicos. As radiações eletromagnéticas não fogem à regra. Assim vem sendo desde o aparecimento da luz incandescente. Muitos temiam os prováveis efeitos da luz, outros achavam que era coisa do demônio. Nos hotéis que iniciaram o uso difundido da luz elétrica, era comum avisos afixados aos clientes, visando tranquilizá-los sobre os efeitos da luz. Houve muita preocupação nos primórdios dos *raios X* e o desenvolvimento da Televisão é um dos exemplos marcantes de tecnologias com impacto biológico. Poucas são as estatísticas e estudos, mas certamente muitas doenças e mortes foram decorrentes desta tecnologia. Esta preocupação conduziu a projetos mais aperfeiçoados, minimizando os riscos associados. A radiação emanada nos tubos de raios catódicos dos primeiros aparelhos de TVs era o *Raio X* de baixo comprimento de onda (ditos *raios X* duros), que grande poder de penetração e enorme efeito biológico. A técnica foi gradativamente modificada e os *raios X* emitidos passaram a *raios X* moles, de menor energia e menor poder de penetração. Atualmente, com o aperfeiçoamento nos projetos, muito pouca radiação é emitida nos Tubos, mantendo-a em níveis bastante aceitáveis. Cabe pois uma preocupação natural sobre a tecnologia celular, que envolve a emissão de radiação eletromagnética.

Um Breve Histórico:

- Luz elétrica: Avisos afixados em hotéis há cerca de um século atrás...
- *Raios X* (Roetgen)
- Radioatividade (*raios γ*)
- Introdução da TV comercial
- efeitos biológicos dos *raios X*...
- Radiocomunicação para fins militares
- Raios UV do Sol

É interessante comentar a diferença da reação humana frente a Fenômenos de natureza determinística (e.g., uma linha de 230 kV, contato com material corrosivo ou radioativo...) e Fenômenos de natureza probabilística (e.g., efeito do uso ou não do cinto de segurança; os perigos envolvidos com fumo, álcool ou drogas; transar sem preservativo; a exposição UV nas praias; rachas de automóveis...). No segundo caso, uma reação de JOGO é bastante comum: não vai acontecer comigo! O comportamento depende fundamentalmente de "Qual a probabilidade associada ao evento". Todos evitam quando o perigo é certo. Porém se as chances não são tão altas, muitos aceitam o risco. Se há algum risco no uso de celulares, ele é de natureza incerta e portanto muitos não vão procurar se proteger adequadamente. Porém vale o aviso!

A telefonia celular é um outro caso típico onde a tecnologia também evoluiu rapidamente e as conseqüências biológicas para os usuários só estão sendo conhecidas paulatinamente, a longo prazo, após sua larga utilização. A idéia é identificar os problemas das comunicações sem fio de modo a deliberadamente conduzir a um melhor uso desta tecnologia, em lugar de tentar passivamente um ajuste simples *post facto*, tardio às suas conseqüência.

Os problemas biológicos destas tecnologias envolvem dimensões particularmente grandes, uma vez que atinge cerca de 250 milhões de usuários (*wireless*), existem 400.000 ERBs espalhadas no Globo e 100 milhões de assinantes. Desconhecem-se atualmente os possíveis efeitos sinérgicos da radiação eletromagnética. **O fato é que os usuários de celulares portáteis estão sendo expostos a campos eletromagnéticos em intensidade e por períodos de tempo nunca antes experimentado por nenhum setor significativo da população...**

Apenas a título de fornecer indicativos da problemática envolvendo o uso de celulares, alguns fatos são citados: Nos Anos 90, vários processos foram movidos nos EUA contra fabricantes e operadoras (câncer). A OMS (Organização mundial da Saúde) investiu no período cerca de U\$ 3 milhões em pesquisas e a CTIA (*the Cellular Telecommunication Industry Association*) investiu cerca de U\$ 25 milhões para avaliar os possíveis efeitos biológicos envolvidos no uso de aparelhos celulares.

O espectro eletromagnético é bastante longo, incluindo as seguintes radiações:

...HF, VHF, UHF, microondas, IR, visível, UV, raios X, raios γ , raios cósmicos...

Estas radiações podem ser classificadas em: ionizantes ($E > 10$ eV) e não ionizantes ($E < 10$ eV), o limitante cerca de 10 eV corresponde ao UV curto. As Radiações ionizantes são mais perigosas e comprovadamente causam câncer ... (obviamente dependendo da dosagem e do tempo de exposição). Os efeitos biológicos resultantes dependem de vários fatores, entre eles: a faixa de operação (frequência), o nível de potência irradiada, A distância à fonte emissora, o tempo de exposição à radiação, A parte do corpo afetada, (composição do órgão, tecido, etc.). Particularmente a distância d em que o usuário se encontra da antena (ou fonte do campo eletromagnético) é o fator dominante nos efeitos biológicos. A potência decai sob forma $d^{-\alpha}$, $2 < \alpha < 6$. Daí uma possível classificação dos equipamentos de acordo com sua classe de riscos pode ser feita, como mostrado na tabela abaixo.

Tabela. Equipamentos: classes de risco

EQUIPAMENTO SEM FIO	POTÊNCIA	CLASSE DE RISCO
telefone sem fio doméstico	5 mW	menor risco
telefone veicular	20 W	menor risco
estação rádio-base	30 W	menor risco
celular portátil	600 mW	(?)

Uma classificação dos efeitos das radiações eletromagnéticas inclui:

- Interferência em equipamentos
 - > balanças eletrônicas
 - > marca-passos
 - > equipamentos biomédicos
 - > comunicação/controlado em aeronaves
 - > desmagnetização de cartões eletrônicos
 - > etc.
- Efeitos biológicos
 - > isolados
 - > sinérgicos.

Entre os possíveis efeitos biológicos, uma outra classificação identifica:

1) choques e queimaduras; 2) efeitos térmicos; 3) efeitos atérmicos.

Em particular, os efeitos causados sobre os seres vivos:

- Aquecimento da face exposta ao aparelho
 - > olho: suscetível- aceleração da catarata
- Efeitos biológicos (mencionados na literatura)
 - > efeitos no sistema nervoso
 - > efeitos no sistema cardiovascular
 - > efeitos no sistema imunológico
 - > efeitos no metabolismo
 - > outros: (perturbação do sono, esterilidade, câncer..).

A Exposição em níveis elevados de radiação causa: alteração no fluxo de íons através das membranas; alteração na permeabilidade de íons de Cálcio; alterações na síntese de DNA e transcrição de RNA.

Entre as normas internacionais estabelecidas sobre exposição às ondas eletromagnéticas vale citar:

- Década de 60: A ANSI (*American National Standard Institute*) estabeleceu o limite 100 mW/cm^2
PERIGO! E recomenda manter a radiação abaixo de 10 mW/cm^2
- ANSI/IEEE C-95.1
1992 ANSI
1993 FCC
1995 IEEE
As normas recomendam manter inferior a $0,57 \text{ mW/cm}^2$ na frequência de 840 MHz (faixa de operação dos aparelhos celulares).
- CLC/TC211-B
Um parâmetro dosimétrico largamente adotado é a taxa de absorção específica. Neste caso, a recomendação é **2,0 mW/g para um volume de 10 g de tecido, por um período de 6 minutos.**

Simulações realizadas para o sistema AMPS (analógico) forneceram os seguintes dados:

- 1) $d > 2\text{cm}$, uma SAR aceitável.
- 2) $d = 1\text{ cm}$, uma SAR=4,8 mW/g (o triplo do valor estabelecido nas normas).
- 3) $d = 0,5\text{ cm}$ uma SAR=19,2 mW/g (12× o valor estabelecido nas normas).

O modelo de simulação da cabeça e da mão de um adulto incluiu 141.680 células cúbicas de 5 mm e a análise foi realizada na situação mais desfavorável (i.e., celular irradiando na potência de 600 mW).

A partir de 1996, a FCC exigiu respeito as normas e os fabricantes passaram a modificar seus projetos para garantir um nível aceitável de radiação. De qualquer modo, são de grande valia as seguintes sugestões visando uma *Redução do Risco* quando do uso de aparelhos celulares portáteis:

- 1) Falar sempre com a antena afastada da cabeça ($>2\text{cm}$), posicionada o mais possível para trás,
- 2) Nunca falar com a antena recolhida, evitar conversações dentro de edificações, túneis, etc.
- 3) Reduzir ligações dentro de automóveis, exceto usando viva-voz (além de evitar acidentes!),
- 4) Falar o menor tempo possível: quando a ligação for longa, trocar o aparelho para o outro lado da cabeça a cada 2 minutos.

Como conclusões desta análise preliminar, pode-se afirmar que as perspectivas são bastante otimistas, em particular com:

- 1) A introdução de novos aparelhos (com projetos eficientes, e.g., a posição da antena foi modificada em diversos modelos. Outros adotaram um refletor metálico como elemento de proteção os quais funcionam como blindagem eletromagnética).
- 2) Aplicação da tecnologia digital, o que resulta em menor potência irradiada, com a tecnologia TDMA, CDMA e GSM.
- 3) Pequenos cuidados, tais como os supracitados, podem ser bastante úteis.