

POLUIÇÃO ELETROMAGNÉTICA

**SAÚDE PÚBLICA, MEIO AMBIENTE,
CONSUMIDOR E CIDADANIA:
IMPACTOS DAS RADIAÇÕES DAS ANTENAS
E DOS APARELHOS CELULARES**

São Paulo, 2004

Ano 3 - Volume 6, nº 2, abril/junho 2004

**LOGO
GOV. DO
ESTADO**



**ESCOLA SUPERIOR DO MINISTÉRIO
PÚBLICO DE SÃO PAULO**

Diretor
Assessores

Luís Daniel Pereira Cintra
Edgard Moreira da Silva
Maria Amélia Nardy Pereira
Oswaldo Peregrina Rodrigues
Parisina Lopes Zeigler

Coordenador Editorial
Jornalista Responsável
Capa

Edgard Moreira da Silva
Rosana Sanches (MTb 17.993)
Luís Antônio Alves dos Santos

**LOGO DA
IMESP**

IMPrensa OFICIAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Diretor--presidente
Diretor Vice-presidente
Diretor Industrial
Diretor Financeiro e Administrativo
Núcleo de Projetos institucionais
Projetos Editoriais

Hubert Alquéres
Luiz Carlos Frigerio
Teiji Tomioka
Richard Vainberg
Emerson Bento Pereira
Vera Lúcia Wey

POLUIÇÃO ELETROMAGNÉTICA



LOGO DA
IMESP

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca da Imprensa Oficial do Estado de São Paulo

Caderno Jurídico. São Paulo: Escola Superior do Ministério Público de São Paulo, 2001 -

Trimestral

Não circulou em 2003.

ISBN: 85-7060-206-5 (Imprensa Oficial do estado de São Paulo)

A partir de 2004 os fascículos serão numerados continuamente e recomeçam a cada novo volume

1. Direito - periódicos I. Escola Superior do Ministério Público. de São Paulo

Escola Superior do Ministério
Público do Estado de São Paulo
R. Minas Gerais, 316 - Higienópolis
01244-010 - São Paulo - SP - Brasil
Tel.: (0xx11) 3017-7776/3017-7777
Fax: (0xx11) 3017-7754
www.mp.sp.gov.br/escolasuperior
e-mail: esmp@mp.sp.gov.br

Imprensa Oficial do Estado de São Paulo
R. da Mooca, 1.921 - Mooca
03103-902 - São Paulo - SP - Brasil
Tel. (0xx11) 6099-9800
Fax.: (0xx11) 6699-9674
www.imprensaoficial.com.br
livros@imprensaoficial.com.br
SAC 0800-123401

ÍNDICE

1. Apresentação.....	7
<i>Luís Daniel Pereira Cintra</i>	
2. Introdução.....	9
<i>Edgard Moreira da Silva</i>	
3. Participantes da obra.....	13
4. O impacto das radiações não ionizantes da telefonia móvel e o Princípio da Precaução.....	17
<i>A. A. de Salles e C. R. Fernández</i>	
5. Campos Eletromagnéticos e Câncer:	
Contribuições da Epidemiologia.....	47
Contribuições das Ciências Biológicas.....	73
Contribuições para a discussão sobre o estabelecimento de limites de exposição populacional e ocupacional a CEM de baixa frequência.....	99
<i>Ines Mattos e Sérgio Koifman</i>	
6. Poluição Ambiental e exposição humana a campos eletromagnéticos: ênfase nas estações rádio-base de telefonia celular.....	119
<i>Adilza Condessa Dode e Mônica Maria Diniz Leão</i>	
7. As estações de rádio-base de telefonia celular no contexto de uma sociedade de riscos.....	139
<i>Ana Maria Moreira Marchesan</i>	
8. Impacto dos campos eletromagnéticos ambientais sobre a saúde e a necessidade de adotar-se o Princípio da Precaução.....	157
<i>Francisco de Assis Ferreira Tejo</i>	

8. Saude, Ecologia, Vigilância Sanitária e Direito.....197
Geila Radünz Vieira
9. Análise Comparativa dos critérios de normatização das radiações eletromagnéticas não ionizantes no Leste Europeu (Rússia) e países ocidentais.....
203
Nestor Raul Minhuey Mendez
10. Fenomenologia do desastre tecnológico: Risco e precaução em saúde..... 215
Renato Rocha Lieber e Nicolina Silvana Romano-Lieber
11. CEM – Campos eletromagnéticos - aspectos legais e impactos sobre a saúde. Perspectivas e sugestões.....227
Ivens Drumond, Guilherme Franco Netto e André Fenner
12. Efeitos das radiações eletromagnéticas emitidas pela telefonia celular na saúde humana..... 245
Vitor Baranauskas
13. O Direito ambiental face à telefonia móvel: aplicação concreta do Princípio da Precaução.....257
Gisele Borghi Büller e Guilherme José Purvin de Figueiredo
14. Parecer técnico do ponto de vista da saúde ambiental.....271

APRESENTAÇÃO

A espantosa evolução da humanidade nos últimos anos trouxe incontestáveis benefícios para a vida moderna no sistema de comunicação mundial. Todavia, em contrapartida ensejou enorme impacto sobre o meio ambiente e sobre a saúde pública, ante a constante radiação não ionizante dela decorrente, com efeitos comprovadamente nocivos.

Atenta a esta realidade, nossa Escola Superior preocupou-se no estudo mais aprofundado e técnico da questão, não apenas em seus desdobramentos jurídicos, mas em seus aspectos científicos e biológicos, porque inquestionável a atuação do Ministério Público nesta seara, para salvaguarda dos interesses sociais e individuais indisponíveis, protegendo o meio ambiente e outros interesses difusos e coletivos.

Desse modo, com vistas ao aperfeiçoamento funcional e cultural dos Membros do Ministério Público, atividade precípua desta Escola Superior, publica-se o presente Caderno Jurídico, versando sobre a questão da radiação não ionizante decorrente da telefonia celular móvel, como forma de auxiliar e fornecer maiores subsídios ao Promotor para o seu enfrentamento.

Luís Daniel Pereira Cintra,
procurador de Justiça,
diretor da Escola Superior do Ministério Público de São Paulo

INTRODUÇÃO

O aperfeiçoamento e o desenvolvimento de novas tecnologias, notadamente no campo das comunicações por meio da telefonia móvel, têm suscitado, junto à opinião pública, ao meio científico e à comunidade médica, interessantes e intrincados debates, particularmente em virtude dos riscos à saúde e das incertezas científicas decorrentes da poluição eletromagnética.

O ser humano moderno, principalmente em virtude do mercado de massa gerado pelo poder do marketing, dos meios de indução ao consumo de novos serviços e produtos, pelo avanço das técnicas de publicidade, encontra-se cada vez mais dependente das facilidades trazidas pelos novos produtos eletrônicos e pelas novas tecnologias de produção e de fornecimento de serviços. O automóvel está aí, ele é indissociável da vida de boa parte da população. E a febre pelas facilidades das novas tecnologias seduz e hipnotiza, mais do que isso, domina a maioria dos seres humanos, mormente as crianças e adolescentes. Estamos no apogeu da telefonia celular. A publicidade e a oferta do momento são os telefones celulares. No Dia das Mães deste ano de 2004, o aparelho de telefonia celular era a grande coqueluche na oferta mercadológica dos presentes em homenagem à deusa geradora da vida terrena, figura divina encetada em Maria, genitora do filho de Deus.

Todavia, essas comodidades e facilidades decorrentes das novas tecnologias e do avanço dos meios de comunicação à distância trouxeram custos à saúde, vida humana, ao meio ambiente, patrimônio urbanístico, consumidor e à cidadania.

Mutatis mutandis, o dilema se aproxima do que ocorreu com os veículos automotores, que necessitaram passar por verdadeira revolução no campo da segurança para salvar a incolumidade dos condutores e dos pedestres, bem como a imposição de equipamentos de controle de tráfego, de poluição do ar e de velocidade.

A telefonia celular, na cidade de São Paulo, em dez anos, passou por crescimento inimaginável no início da última década do século XX. O número de aparelhos de telefonia móvel é praticamente incalculável, correspondendo, aproximadamente, a um telefone celular por pessoa. Nos tempos atuais, o aparelho de telefonia celular transformou-se em verdadeiro brinquedo de luxo nas mãos de crianças, que “detonam milhares de torpedos” para amiguinhos, amiguinhas, namorados, namoradas, familiares etc. Muitos condutores de automotores não conseguem dirigir sem aquele aparelhinho ao pé do ouvido.

Para permitir toda essa comunicação, as empresas de telefonia móvel brindaram os consumidores e moradores da paulicéia com mais de cinco mil antenas de telefonia móvel e outras centenas de estações de comunicações. O lucro econômico compensou tamanho investimento.

Mas todo esse fenômeno tecnológico veio, infelizmente, acompanhado de riscos e males à humanidade, à população paulistana e brasileira. Nos últimos anos, a poluição eletromagnética cresceu assustadoramente, evidenciando que o custo-benefício não estaria a compensar os enormes avanços tecnológicos obtidos no campo da telefonia móvel. Assim, a exemplo do que se verificou no caso do automóvel, particularmente em virtude do princípio da precaução e dos interesses das gerações futuras, a sociedade civil organizada e a comunidade científica dotada de visão mais ampliada dessa problemática procuram trazer novas reflexões e buscar debates científicos e doutrinários para salvaguardar o ser humano e sua qualidade de vida em harmonia com o meio ambiente.

Nesse diapasão, a participação do Ministério Público – órgão constitucionalmente responsável pela defesa da sociedade, do regime democrático e dos interesses sociais -, é essencial.

Estudos de cientistas nacionais e estrangeiros indicam elevados riscos para o meio ambiente, o paisagismo, a segurança das edificações, a saúde do trabalhador, em resumo, a própria qualidade de vida da pessoa humana.

Assim, a sociedade civil não pode permanecer inerte, esperando a catástrofe para depois socorrer os feridos e sepultar os mortos. Primeiro é essencial precaver e, depois, prevenir os riscos e combater os malefícios advindos da poluição eletromagnética.

O princípio da precaução, em vista desses riscos, cujos malefícios ainda não possam ser, ao que alegariam alguns, comprovados cientificamente, ou meramente “fantasiosos” para os detentores do poder econômico da telefonia móvel, ou mesmo evidenciados em vários casos concretos, com a ocorrência de câncer na região craniana de alguns pacientes, determina que sejam tomadas medidas para regular a produção e comercialização de equipamentos de telefonia celular, bem como proibir a instalação de antenas de telefonia celular sem prévio estudo de impacto ambiental e urbanístico, além de respectivo licenciamento, sempre considerando os direitos do consumidor, o direito constitucional ao meio ambiente sadio e sustentável, a preservação do paisagismo e prevenção da poluição visual sob o prisma do valor urbanístico cultural e qualitativo de vida das grandes cidades e metrópoles. Não havendo certeza absoluta quanto à inexistência de riscos à saúde e ao meio ambiente, impõe-se obediência estrita ao princípio da precaução para a preservação da vida com um mínimo de dignidade e de qualidade.

O tema em epígrafe, poluição eletromagnética, mostra-se tão relevante para a sociedade no momento em que vivemos que motivou a Escola Superior do Ministério Público, em parceria com a ABRADCECEL, a debater todas as temáticas relacionadas a essa questão em seminário a ser promovido no final do mês de julho de 2004. Como corolário dessa importante e inolvidável seminário, o presente Caderno Jurídico busca marcar indelevelmente os estudos e as reflexões da maioria dos professores, cientistas e profissionais da área jurídica que participaram do evento. A edição da

presente obra tem como objetivo abrir horizontes e apresentar informações consistentes acerca da temática poluição eletromagnética causada por equipamentos e aparelhos de telefonia móvel.

Dessa forma, os profissionais da área do Direito, particularmente os membros do Ministério Público e da Magistratura, bem como cientistas e profissionais da área de saúde, poderão dispor de material doutrinário e de proeminente qualidade científica, elaborado por profissionais de mais elevada respeitabilidade e envergadura na comunidade científica brasileira e na própria comunidade mundial.

O presente Caderno Jurídico traz uma interessante coletânea de estudos atuais relacionados à área de saúde, do direito, da física, da engenharia elétrica e da engenharia de comunicações, que servirá, inegavelmente, como valiosa fonte de consulta para todos os profissionais do direito que se interessam pelo tema nele tratado, razão pela qual tais estudos mostram-se aptos a determinar a interpretação de situações concretas com que os operadores do direito se defrontam na labuta diária.

Os trabalhos ora publicados entremostam uma preocupação constante com os valores fundamentais da pessoa humana, o que evidencia a base constitucional norteadora da tutela da saúde, do meio ambiente, do consumidor e da cidadania em nosso país.

Assim, a Escola Superior do Ministério Público, em vista da importância do Ministério Público para o Direito Ambiental – nele incluído o meio ambiente artificial (ambiente urbanístico e ambiente do trabalho) -, e do Consumidor brasileiro e para as conquistas alcançadas pela cidadania brasileira, particularmente pelo reconhecimento de seus direitos na Carta Magna de 1988, na legislação ambiental e no próprio Código de Defesa do Consumidor, procura levar aos membros do Parquet paulista e aos demais operadores do direito essa coletânea de estudos sobre a temática relacionada à poluição eletromagnética, sempre considerando as transformações que o início de um novo século proporciona no mundo jurídico, no campo econômico e nas relações humanas.

A Escola Superior agradece ao Doutor João Carlos Rodrigues Peres. Coordenador Executivo da ABRADCEL, cujo trabalho hercúleo no contato efetivo com os autores e na compilação dos artigos doutrinários contidos no presente Caderno Jurídico possibilitou concretamente a sua edição e publicação.

Por fim, agradecemos a todos os autores que escreveram os valiosos trabalhos científicos que deram geração à presente obra, abrindo mão da respectiva contraprestação aos seus direitos autorais.

Que esta coletânea provoque a aprendizagem, a reflexão e o debate recíproco de argumentações ricas e diversas, ensejadores da capacitação e aperfeiçoamento dos operadores do direito encarregados da preservação da vida e da justiça.

Com o presente trabalho, dentro da filosofia de ensino e de atuação da Escola Superior do Ministério Público de São Paulo, calcada na oferta de material que tenha

efetiva utilidade ao desempenho da atividade funcional dos membros do Ministério Público de São Paulo, em particular, e Ministério Público do Brasil, como fonte de pesquisa e reflexão, esperamos contribuir para uma compreensão mais adequada dos efeitos e riscos da poluição eletromagnética para a vida humana e dos reflexos das transformações que se verificam na saúde, no meio ambiente, no consumo e na qualidade de vida nas metrópoles brasileiras, no limiar deste século no mundo do Direito.

Edgard Moreira da Silva,
promotor de Justiça,
assessor da Escola Superior do Ministério Público de São Paulo

PARTICIPANTES DA OBRA

Adilza Condessa Dode, eng.^a eletricista PUC-MG, pós -Graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho PUC- MG, mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG, profa. da Fundação de Ensino de Contagem, (FUNEC), e do Centro Universitário Izabela Hendrix - BH, e do Curso de Pós-Graduação da FELUMA- Faculdade de Ciências Médicas e do Centro Educacional São Camilo, engenheira de Segurança da Secretaria Municipal da Saúde de Belo Horizonte.

Ana Maria Moreira Marchesan, promotora de Justiça de Defesa do Meio Ambiente de Porto Alegre, professora de Direito Ambiental e de Crimes Ambientais - ESMP/RS.

André Fenner, Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde e Ministério da Saúde.

Álvaro A. de A. Salles, professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS; doutorado em Engenharia Elétrica pela University of London, UL, Inglaterra, Mestrado em Engenharia Elétrica na PUC RJ, Brasil; Graduação em Engenharia Elétrica pela UFRGS, Brasil.

Cláudio Rodriguez Fernández, engenheiro eletricista pela UNICAMP, mestre e doutorando pela UFRGS em Engenharia Elétrica, professor na UFRGS e no CEFET/RS (Centro Federal de Educação Tecnológica do RS).

Francisco de Assis Ferreira Tejo, engenheiro eletricista pela UFPE, professor e coordenador da Área de Microondas e Eletromagnetismo Aplicados do Depto. de Engenharia Elétrica - Centro de Ciências e Tecnologia da UFCG; doutorado em Engenharia Elétrica UFCG e M. A.Sc. em Electrical Engineering, University of Waterloo, U.W., Canadá.

Geila Radüzn Vieira, médica da Secretaria Municipal de Saúde de Porto Alegre, Coordenadora da Equipe de Controle e Vigilância Sanitária dos Serviços de Saúde de Porto Alegre (ECVSSS), assessora técnica da Gerência de Regulação dos Serviços de Saúde da Secretaria Municipal de Saúde de Porto Alegre (GRSS); membro dos GTs na elaboração da legislação sobre ERBs no município de Porto Alegre; titular da Câmara Técnica das ERBs, no Conselho Municipal de Meio Ambiente de Porto Alegre; professora colaboradora do Curso de Pós-Graduação em Medicina do Trabalho da FFFCMPA/ABRASS; médica auditora da Secretaria da Saúde do Estado do Rio Grande do Sul; médica perita da Justiça Federal da 4ª região na área de Saúde Ocupacional.

Gisele Borghi Büller, advogada, sócia do Escritório Morais e Büller Advogados.

Guilherme Franco Netto, coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde, da Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde; Médico da Fundação Nacional de Saúde, do Ministério da Saúde do Brasil, coordenador-geral de Vigilância Ambiental em Saúde do Centro Nacional de Epidemiologia da FUNASA; doutor (Ph.D.) pela Escola de Graduação da Universidade Tulane, Nova Orleans, EUA; mestre em Saúde Pública pela Escola de Saúde Pública e Medicina Tropical da Universidade Tulane, Nova Orleans, EUA; Especialização, Residência Médica em Medicina Preventiva e Social, Universidade Federal Fluminense, RJ; Especialização em Saúde Pública, Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, RJ; médico, Faculdade de Medicina, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

Guilherme José Purvin de Figueiredo, procurador do Estado de São Paulo, professor do Curso de Pós-Graduação em Direito Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e do Curso de Graduação da Universidade São Francisco – Campus de São Paulo, presidente do Instituto Brasileiro de Advocacia Pública, secretário-geral do Instituto O Direito Por Um Planeta Verde.

Ines Mattos, médica e pesquisadora titular da Fundação Oswaldo Cruz FIOCRUZ–RJ.

Ivens Lucio do Amaral Drumond, consultor jurídico de Saúde Ambiental da Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde – CGVAM Secretaria de Vigilância em Saúde - SVS, Ministério da Saúde.

Mônica Maria Diniz Leão, professora doutora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG - Belo Horizonte, doutora pelo INSA - Instituto de Ciências Aplicadas - Toulouse – França.

Nestor Raul Minhuey Mendez, Ph.D., Universidade do Extremo Sul Catarinense UNESC, Laboratório de Foto e Radiobiologia

Renato Rocha Lieber, professor doutor do Departamento de Produção da Faculdade de Engenharia da UNESP (campus de Guaratinguetá).

Vitor Baranauskas, professor da Faculdade de Engenharia Elétrica e Computação Departamento de Semicondutores Instrumentos e Fotônica - UNICAMP.

Sérgio Koifman, médico e pesquisador titular da Fundação Oswaldo Cruz FIOCRUZ–RJ.

**O IMPACTO DAS RADIAÇÕES
NÃO IONIZANTES DA
TELEFONIA MÓVEL E O
PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO**

A. A. de Salles e C. R. Fernández

O IMPACTO DAS RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES DA TELEFONIA MÓVEL E O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

A. A. de Salles e C. R. Fernández

Resumo: Neste trabalho são revisados os principais efeitos biológicos das radiações não ionizantes (RNI) incluindo os efeitos térmicos e os não térmicos, e são discutidas sucintamente as principais normas nacionais e internacionais disponíveis que limitam a exposição dos seres humanos (trabalhadores e população em geral) a estas radiações. A seguir são resumidas as estimativas teóricas e as medidas para os campos eletromagnéticos irradiados por Estações de Rádio Base (ERBs) típicas, e estes resultados são comparados com aquelas normas. São também simuladas as taxas de absorção específicas (SAR) na cabeça dos usuários de telefones móveis quando antenas convencionais (tipo monopolo) e quando antenas diretivas (planares) são utilizadas. Finalmente, observa-se que mesmo as normas mais restritivas (considerando o Princípio da Precaução), podem ser obedecidas pelas ERBs mantendo-se boa qualidade no sistema, e que as antenas diretivas podem ser utilizadas em uma nova geração de telefones móveis, constituindo-se em uma alternativa conveniente para melhorar o desempenho destes transceptores, diminuindo também os riscos à saúde dos usuários.

17

I. INTRODUÇÃO

A humanidade tem presenciado um crescimento admirável na utilização de sistemas de comunicações móveis, com benefícios incontestáveis em diferentes atividades profissionais e privadas.

Nos primeiros meses de 2004 as estimativas oficiais mostravam que existiam mais de 1,3 bilhões de terminais móveis em utilização em todo o mundo, e mais que 49 milhões no Brasil. Em paralelo com o vertiginoso crescimento da utilização dos sistemas móveis por uma parcela substancial da população, tem crescido também a preocupação da população, dos usuários, das autoridades governamentais e da comunidade científica em relação aos riscos à saúde que esta tecnologia pode representar. Esta preocupação é motivada essencialmente pelas incertezas científicas, especialmente em relação aos “efeitos não térmicos” da absorção das radiações não ionizantes (RNI) nos seres humanos. Os “efeitos térmicos” já são há muitas décadas bem conhecidos, e são os considerados nas normas mais difundidas que limitam a exposição aos campos eletromagnéticos não ionizantes. Entretanto, sobre os efeitos

não térmicos ainda existem certas polêmicas na comunidade científica, ainda que muitos destes já tenham sido repetidamente comprovados em experimentos com cobaias e “in vitro” .

No caso das comunicações móveis, em virtude de sua grande disseminação nas últimas décadas, as preocupações têm se concentrado especialmente em relação aos dois tipos de transmissores, tanto os fixos (frequentemente chamados de Estações de Rádio Base – ERBs), bem como os móveis (p.ex., os telefones celulares). Ambos os aspectos merecem a maior atenção e consideração. Via de regra as ERBs emitem potências substancialmente maiores que os telefones móveis, mas como normalmente as pessoas estão razoavelmente afastadas das antenas das ERBs (p. ex., mais que 50 ou 100 metros, em sua direção de maior irradiação), a taxa de absorção específica (SAR - “*Specific Absorption Rate*”) calculada em qualquer região do corpo em situações típicas, resulta em valores substancialmente abaixo dos limites das normas mais difundidas, especialmente aquelas que consideram somente os efeitos térmicos. Entretanto, na maioria dos casos práticos, também são respeitados os limites de normas mais restritivas, que consideram em parte o Princípio da Precaução (PP). Por outro lado, para o caso dos telefones móveis, observa-se que a SAR calculada na cabeça dos usuários dos aparelhos que utilizam as antenas tipo monopolo convencionais, na condição normal de uso, é significativamente maior que os limites das normas, mesmo daquelas que consideram somente os efeitos térmicos [Bernardi *et al.*, 2001; Iskander *et al.*, 2000; Jensen and Rahmat-Samii, 1995; Salles *et al.*, 2001].

Obviamente, se fossem considerados também os efeitos não térmicos, a situação então seria muito mais crítica para os usuários destes telefones móveis. O problema é que a antena convencional (tipo monopolo) irradia de forma quase simétrica em um plano perpendicular a elas. Então, na condição normal de uso, quando estas antenas são operadas muito próximas à cabeça (p.ex., 2,5 cm ou menos), a maior parte da energia irradiada é absorvida na cabeça (p.ex., nos tecidos do cérebro, etc.), e uma parcela menor de potência é irradiada no sentido da ERB com a qual está se comunicando. Esta situação é indesejável, uma vez que se perde em qualidade de comunicação e o risco à saúde dos usuários torna-se então maior. Além disto, aumenta também o consumo da bateria.

Uma alternativa eficaz para contornar este problema é o uso de antenas planares de moderada diretividade. A utilização destas antenas em transceptores móveis (como nos telefones celulares) foi proposta há algum tempo atrás por alguns autores [Jensen and Rahmat-Samii, 1995; Salles *et al.* 2001]. Estas antenas emitem mais no sentido oposto à cabeça, melhorando a qualidade da comunicação, reduzindo os riscos à saúde dos usuários e o consumo da bateria. Elas podem ser fabricadas com pequenas dimensões e de forma compacta, integrada à própria caixa dos celulares, e são de baixo custo, representando então uma opção interessante para esta utilização.

Neste trabalho serão resumidos os principais efeitos térmicos e não térmicos das radiações não ionizantes, são mencionadas as principais normas que limitam a exposição das pessoas (ocupacional e não ocupacional) a estas radiações, são apresentadas

estimativas teóricas e resultados medidos para os campos irradiados por Estações de Rádio Base (ERBs) tipicamente utilizadas em sistemas móveis no Brasil, e estes resultados são comparados com as principais normas disponíveis. É também resumido o método das Diferenças Finitas no Domínio do Tempo (FDTD) usado para o cálculo da taxa de absorção específica (SAR) na cabeça do usuário de transceptores móveis com antenas tipo monopolo convencional e com antenas planares tipo *patch* retangular. São mostrados resumidamente o projeto, simulação do desempenho e os principais resultados medidos com estas antenas, para as regiões de campo próximo (distâncias da mesma ordem de grandeza ou menores que o comprimento de onda) e de campo distante (distâncias maiores que alguns comprimentos de onda).

Os resultados apresentados são discutidos em presença do Princípio da Precaução, observando-se que para o caso das ERBs tipicamente utilizadas, mesmo as normas mais restritivas são respeitadas mantendo-se boa qualidade no sistema. Finalmente, são discutidos os principais benefícios da utilização das antenas diretivas em novas gerações de transceptores móveis.

II. PRINCIPAIS EFEITOS TÉRMICOS E NÃO TÉRMICOS

Em frequências típicas de sistemas de comunicações, p.ex., em RF (Rádio Frequências) ou em microondas, os principais efeitos da absorção da radiação não ionizante podem ser divididos em dois tipos basicamente, que são denominados efeitos “térmicos” e “não térmicos”, que serão considerados a seguir.

II.1. Efeitos térmicos

Os efeitos térmicos são aqueles causados por um aquecimento direto dos tecidos biológicos como resultado da absorção da energia eletromagnética num meio dissipativo ou com perdas, isto é, nos meios dielétricos onde a permissividade (ou constante dielétrica) apresenta uma parte imaginária maior que zero. A parte imaginária (ϵ_r'') da permissividade relativa de um dielétrico dissipativo pode ser relacionada a uma condutividade equivalente:

$$\sigma = 2\pi f \epsilon_0 \epsilon_r'' [S/m], \quad (1)$$

onde f é a frequência e ϵ_0 é a permissividade do vácuo. Tanto os valores das partes real (ϵ_r') e imaginária (ϵ_r'') da permissividade relativa ($\epsilon_r = \epsilon_r' + j \cdot \epsilon_r''$), bem como da condutividade equivalente σ variam substancialmente com a frequência e com o tipo de tecido [Fischetti, 1993]. Ao contrário das radiações não ionizantes em comprimentos de onda menores (p.ex., no infravermelho, ou no visível etc.), as radiações

em microondas e em rádio frequência (RF) não são somente absorvidas pela pele, mas dependendo da frequência, em camadas mais profundas de tecidos também. Uma vez que os sensores de temperatura do corpo humano estão localizados somente na periferia do corpo, efeitos prejudiciais aos tecidos podem ocorrer devido a aquecimentos excessivos em regiões mais profundas (p. ex., nos tecidos do cérebro), sem serem percebidos pelas pessoas.

Então, genericamente, todos os efeitos que podem ser devidos a um aumento de temperatura nos tecidos são chamados efeitos térmicos. Estes efeitos térmicos têm sido estudados há muitas décadas [Bernhart, 1992; Bronzino, 1995; Grant, 1981], e os resultados da absorção dos campos eletromagnéticos por diferentes tipos de tecidos são relativamente bem conhecidos, existindo mesmo normas internacionalmente aceitas que estabelecem limites de exposição em função da frequência de operação, do tempo de exposição, do tipo de usuário, etc.. Entre estas, pode-se citar p.ex., as normas IEEE/ANSI e ICNIRP/CENELEC [ICNIRP, 1998; IEEE, 1991]. Recentemente a ANATEL, através da sua Resolução nº 303 [ANATEL, 2002], recomendou níveis comparáveis aos da norma ICNIRP.

Os limites de exposição são variáveis com a frequência, em parte por considerar ressonâncias e também por considerar a menor profundidade de penetração dos campos eletromagnéticos em frequências mais elevadas. A ressonância é importante, pois quando este fenômeno ocorre, resulta em maior absorção de energia. Por exemplo, o corpo humano de um adulto apresenta tipicamente ressonâncias na faixa de 40 a 80 MHz, enquanto o corpo de uma criança pode apresentar ressonâncias na faixa de 200 a 300 MHz. Por outro lado, a cabeça de um adulto pode apresentar ressonâncias na faixa de 400 a 500 MHz, e na cabeça de uma criança a ressonância pode ocorrer na faixa de 700 a 800 MHz [ICNIRP, 1998]. Ressonâncias em tecidos e estruturas menores do corpo podem ocorrer em frequências mais elevadas.

Os limites de exposição podem ser estabelecidos em intensidade de campo elétrico (V/m) ou de campo magnético (A/m), ambos mais utilizados em frequências mais baixas, p.ex., até algumas centenas de MHz, ou em densidade de potência (mW/cm² ou W/m²), normalmente mais utilizada acima de algumas centenas de MHz.. Por outro lado, um parâmetro dosimétrico largamente utilizado é a “Taxa de Absorção Específica” (SAR), que é definida como “a derivada no tempo do aumento de energia “ ∂W ” absorvida ou dissipada num elemento de massa “ ∂m ” contida num elemento de volume “ ∂V ” cuja massa específica é “ ρ ”” [Salles, 1996; Stuchly, 1995], e que analiticamente pode ser expressa por:

$$SAR = \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial W}{\partial m} = \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial W}{\partial(\partial V)} [mW / g], \quad (2)$$

daí é possível, em outras palavras, dizer-se que a SAR quantifica a potência absorvida por unidade de massa. Utilizando o teorema do *Vetor de Poynting* para campos

eletromagnéticos com excitação senoidal no domínio da frequência, a SAR pode ser também expressa por [Salles, 1996; Stuchly, 1995]:

$$SAR = \frac{\sigma}{2\rho} |E_i|^2 = \frac{\omega \varepsilon_0 \varepsilon_r''}{2\rho} |E_i|^2 = \frac{|J_i|^2}{2\rho\sigma} [mW / g], \quad (3)$$

onde E_i e J_i são os valores de pico do campo elétrico e da densidade de corrente no local considerado. Observa-se que a SAR é diretamente proporcional ao aumento local de temperatura que é responsável pelos efeitos térmicos:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{SAR}{C_p} [^{\circ}C / s], \quad (4)$$

onde T é a temperatura em graus Celsius, e C_p é o calor específico do tecido [J/kg °C].

Um critério básico utilizado pelas normas que consideram exclusivamente os efeitos térmicos é que até um nível de SAR de 4 W/kg o acréscimo de temperatura dos tecidos não ultrapassa 1 °C, o que foi considerado um limite para não haver dano por efeito térmico [ICNIRP, 1998; IEEE, 1991]. A exposição a campos mais intensos, produzindo valores de SAR acima de 4 W/kg, pode comprometer a capacidade termo-regulatória do corpo e resultar em níveis danosos de aquecimento dos tecidos [Bernhardt, 1992; ICNIRP, 1998]. Então a partir daí são atribuídos fatores de segurança, dependendo se a exposição ocorrer em: (a) ambientes “controlados”, ou “ocupacionais”, (p.ex., trabalhadores que estão instruídos e treinados em relação aos riscos potenciais e alertados a tomar as devidas precauções, e tem condições de avaliar os níveis de campo, identificar situações de maior risco e se proteger adequadamente, ou em (b) ambientes “não controlados”, ou “público em geral”, quando pessoas de diferentes idades e com situações de saúde variáveis estão envolvidas, podendo incluir grupos ou indivíduos mais suscetíveis, e que via de regra não estão conscientes ou prevenidos dos riscos de exposição à radiação não ionizante.

Também, o limite em SAR depende do tipo de exposição. Para exposição do corpo inteiro, por exemplo, pode-se considerar a SAR média, que será então a relação entre a potência total absorvida pelo corpo e sua massa. Entretanto, para aquecimentos localizados, como os produzidos pelos telefones celulares emitindo muito próximos da cabeça do usuário (a 2,5 cm ou menos), deve ser usada a SAR local, que é definida como a potência absorvida por unidade de massa de tecido (p.ex. em mW/g ou em W/kg). Pela norma IEEE/ANSI [IEEE, 1991] o valor médio de SAR, para um grama de tecido contínuo, de 1,6 mW/g não deve ser ultrapassado. Pela norma ICNIRP/CENELEC [ICNIRP, 1998] o nível máximo da SAR (valor médio para 10 g de tecido contínuo) deve ser 2 mW/g, o que coincide com o valor adotado pela ANATEL.

II.2 Efeitos não-térmicos

Os efeitos “não térmicos” são, por exemplo, efeitos bioquímicos ou eletrofísicos causados diretamente pelos campos eletromagnéticos induzidos, e não indiretamente por um aumento localizado ou distribuído de temperatura. Estes efeitos ainda estão sendo estudados, havendo atualmente resultados conflitantes na literatura científica internacional. Alguns resultados de experiências com cobaias e “in vitro” mostraram que estes efeitos podem ocorrer em níveis de energia substancialmente inferiores (p.ex., dezenas ou centenas de vezes abaixo) àqueles correspondentes aos efeitos térmicos.

Alguns efeitos “não térmicos” reportados na literatura incluem efeitos nos sistemas nervoso, cardiovascular e imunológico, bem como no metabolismo e em fatores hereditários [Bernhart, 1992; Bronzino, 1995]. Entretanto, nestas áreas os resultados ainda são polêmicos, não existindo conclusões definitivas, o que poderá ainda demorar muitos anos. Alguns resultados são mesmo conflitantes, especialmente devido a técnicas experimentais não muito confiáveis. Por exemplo, (a) os métodos utilizados para caracterizar os sintomas em estudos epidemiológicos; (b) dosimetria em RF e microondas, especialmente em campo próximo; e (c) a presença de influências estranhas não consideradas na interpretação dos resultados.

Efeitos que foram claramente demonstrados incluem a alteração no fluxo de íons através das membranas das células (afetando particularmente as propriedades eletro-fisiológicas das células nervosas), alteração na mobilidade dos íons de cálcio (particularmente nos tecidos do cérebro), alterações na síntese de DNA e na transcrição de RNA e efeitos na resposta de células normais a moléculas sinalizantes (incluindo hormônios, neurotransmissores e fatores de crescimento) [Bernhart, 1992]. Alterações no fluxo de cálcio em células, na barreira hemato-encefálica (“*blood-brain barrier*”- BBB, que protege o cérebro de certas toxinas) e no desenvolvimento de tumores cerebrais foram também reportados [Fischetti, 1993].

Entre outras, uma incerteza importante que está para ser confirmada é se estes efeitos não térmicos podem ou não ocorrer em taxas de absorção específicas bem abaixo daquelas observadas para os efeitos térmicos. Efeitos no sistema imunológico foram constatados em cobaias quando a SAR era maior que 0,4 mW/g, as células nervosas eram influenciadas quando os valores de SAR eram superiores a 2 mW/g e exposição a SAR entre 2 e 3 mW/g promoveu a ocorrência de câncer ou carcinomas em ratos [Bernhart, 1992]. Além disto, alterações no sistema endócrino e na química sanguínea foram relatados quando a SAR é maior que 1 mW/g e alterações nos sistemas hematológicos e imunológicos ocorrem quando a SAR é igual ou maior que 0,5 mW/g para exposições prolongadas [Stuchly, 1995]. Alguns autores resumem os dados experimentais em cobaias sugerindo que os efeitos aparecem em SAR médias entre 1 e 4 mW/g, e isto tem sido um critério adotado nas normas mais recentes [Stuchly, 1995].

Recentemente, os Drs. L. Salford (neurocirurgião) e B. Persson (biofísico) da Universidade de Lund na Suécia mostraram que níveis muito baixos de exposição (SAR = 0,002 W/Kg, durante somente 2 horas) podem alterar a barreira hemato-encefálica (*Blood Brain Barrier- BBB*), permitindo que substâncias químicas penetrem em neurônios no córtex, no hipocampo e em gânglios basais do cérebro. Esta alteração permanecia ainda evidente 4 semanas após uma única exposição de 2 horas, mesmo naqueles níveis baixíssimos de SAR [NIEHS, 2003].

Também recentemente, foi reportada a indução de proteínas de choque térmico (HSP- "*Heat-Shock Proteins*") em vermes do tipo nematóides ("*Caenorhabditis Elegans*") com exposição prolongada a campos eletromagnéticos de baixa intensidade (SAR de 0,001 W/Kg, em 750 MHz), o que foi atribuído a mecanismos não térmicos que podem também ocorrer em tecidos humanos [De Pomerai *et al.*, 2000]. Isto sugere então que os limites atuais de exposição devem ser reconsiderados, por exemplo com a adoção do Princípio da Precaução (PP).

Revendo a literatura, observa-se que, à medida que as pesquisas avançam e novos resultados aparecem, as normas são atualizadas e novos limites mais restritivos são sugeridos. Entre as muitas dúvidas que ainda estão por ser esclarecidas é possível ressaltar, por exemplo, como o campo eletromagnético atua em determinadas estruturas, como: (a) nos cromossomos ou nas moléculas de DNA que constituem os genes [Fischetti, 1993], e (b) na alteração da mobilidade dos íons (p.ex., de cálcio), particularmente em tecidos do cérebro e nas propriedades eletro-fisiológicas das células nervosas [Bernhart, 1995].

A própria OMS - Organização Mundial da Saúde, está coordenando um projeto multinacional visando maior conhecimento dos efeitos não térmicos. Entre outros, reconhece que:

“...existem “brechas no conhecimento” (“*gaps in knowledge*”) que foram identificadas para pesquisas subseqüentes, para se ter melhor avaliação dos riscos à saúde”. “Deve demorar cerca de 3 a 4 anos para que a necessária pesquisa em RF seja concluída, avaliada e que os resultados de quaisquer riscos sejam publicados” [WHO, 1996].

Por exemplo, em relação à utilização dos telefones móveis por crianças, a Dra. Gro Harlem Brundtland, Diretora Geral da OMS, declarou “Eu evitaria deixar crianças utilizar telefones móveis por horas todos os dias, porque nós não conhecemos o suficiente sobre os danos” [Brundtland, 2002].

Por outro lado, em reunião realizada no início de 2003, a OMS decidiu que já existem “evidências científicas suficientes” para a aplicação do “Princípio da Precaução - PP” [WHO, 2003].

Segundo entendimento da OMS, “o Princípio de Precaução (PP) é um critério de abordagem de riscos aplicado em circunstâncias com um alto grau de incerteza científica, refletindo a necessidade de tomar atitudes em face de riscos potencialmente

sérios, sem esperar os resultados da pesquisa científica”. A OMS declara também que... “Não basta obedecer às normas atuais. Os sistemas irradiantes devem usar níveis de radiação eletromagnética tão baixos quanto possível” [WHO, 1996].

Este conceito é representado pelas siglas ALARA (As Low As Reasonably Achievable) e ALATA (As Low As Technically Achievable) e está por trás dos níveis mais restritivos alcançados por um consenso maduro entre empresas prestadoras de serviços e os legisladores, garantido-se também boa qualidade do serviço p.ex., [Suíça, 1999].

III. PRINCIPAIS NORMAS DISPONÍVEIS LIMITANDO AS RNI

As normas disponíveis mais utilizadas podem, genericamente, ser divididas em dois grupos: a) as que consideram somente os efeitos térmicos das RNI, que estão bem estabelecidos, entendendo que não há conhecimento científico suficiente para a adoção de limites mais restritivos; e b) aquelas que adotam níveis mais restritivos, considerando em parte os efeitos não térmicos das RNI e incorporando em parte o Princípio da Precaução (PP).

Entre as primeiras estão as normas IEEE/ANSI e ICNIRP/CENELEC, sendo que os limites desta última foram também adotados pela ANATEL em sua Resolução 303, como já mencionado anteriormente.

Entre as normas que consideram em parte os efeitos não térmicos podem ser mencionadas as da Suíça, Itália, Luxemburgo, Bélgica, Rússia, China, etc.

A título de exemplo, na tabela I abaixo estão resumidos alguns dos limites estabelecidos (em frequências próximas a 850 MHz), pelas normas mais difundidas, . Os valores em SAR (para exposição localizada e para exposição de corpo inteiro) especificados pelas normas IEEE/ANSI e ICNIRP/CENELEC (mencionados na seção anterior) estão também incluídos nesta tabela.

TABELA I - NORMAS DE EXPOSIÇÃO (EM 850 MHz)

Normas de exposição humana	Número	Valores máximos de exposição			
		<i>Campo Elétrico</i> E [V/m]	<i>Densidade de Potência</i> $U_{max} [W/m^2]$	SAR localizada (W/Kg)	SAR corpo inteiro (w/kg)
ANSI/IEEE (1991/92)	C.95.1	46	5,7	1,6	0,08
ICNIRP (1998)	ENV 50166-2	40	4,3	2	0,08
ANATEL (2002)	Resolução 303	40	4,3	2	0,08
Porto Alegre (jan. 2000)	8.463	40	4,3	-	-
Itália (1998)	381	6	0,1	-	-
Porto Alegre (abr. 2002)	8.896	4	0,043	-	-
Suíça (1999)	814.710	4	0,043	-	-
Normas de Compatibilidade Eletromagnética		<i>E</i> [V/m]	$U_{max} [W/m^2]$		
IEC/ABNT (out. 1997)	NBR IEC 60601-1-2	3	0,024	-	-

Em relação aos telefones móveis, o IEEE estabeleceu um procedimento de medidas destes aparelhos (IEEE P 1528) que foi recomendado pela FCC nos EUA [FCC, 2001]. Na Comunidade Européia, o CENELEC também estabeleceu em meados 2000 um procedimento de medidas (EN 50360). No Brasil, em 2003 o CPqD – Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, em Campinas, SP, recebeu um equipamento para medidas de SAR. Também o INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais em São Jose dos Campos, SP, deverá receber em breve. Em 25/10/2001 foi sancionada no município de Porto Alegre, RS, a Lei Municipal N° 8.797 (publicada no D. O. de Porto Alegre em 1/11/2001, pág. 2), que ...“Dispõe sobre a obrigatoriedade de confecção e distribuição de material explicativo dos efeitos das radiações emitidas pelos aparelhos celulares e sobre a sua correta utilização, e dá outras providências”.

Entre outros, determina que ...Art. 1º - Ficam as empresas que comercializam aparelhos de telefonia celular no Município de Porto Alegre, obrigadas a confeccionar e a distribuir, no ato da venda, material explicativo contendo informações acerca das radiações emitidas pelos aparelhos celulares e sobre as precauções necessárias à sua correta utilização. Esta Lei foi regulamentada pelo Decreto Municipal N° 14.285 de 10/9/2003 (publicado no D. O. de P. Alegre em 22/9/2003, págs. 2 e 3), que entre outros determina que:Art. 3º - O material explicativo de que trata o Art. 1º da Lei N° 8.797/01 deverá conter, no mínimo, as informações constantes no anexo deste Decreto. Então, no Anexo estão as “Orientações aos Usuários de Telefones Celulares”, onde entre outros se lê: ... “O telefone celular é um receptor e emissor de ondas de rádio frequência (radiação eletromagnética), razão pela qual recomenda-se a observância das seguintes orientações:

- Uso indevido do telefone celular pode causar danos à saúde, logo a prevenção é uma estratégia de saúde pública.
- Telefone celular não é brinquedo infantil, portanto, evite que as crianças o utilizem como brinquedo
- Evite o uso prolongado do celular.”

Esta legislação ainda que necessite melhorias, é considerada importante pois é a primeira no Brasil a tratar deste assunto de forma preventiva.

IV. CÁLCULO DAS DISTÂNCIAS A PARTIR DAS QUAIS AS NORMAS SÃO OBEDECIDAS EM ERBS TÍPICAS

Para as ERBs tipicamente utilizadas em sistemas de telefonia celular no Brasil, foram efetuadas estimativas teóricas e medidas dos campos irradiados, obtendo-se boa concordância entre ambos. Os aspectos teóricos dos cálculos dos campos para as ERBs foram mostrados em [Salles *et al.*, 2000]. Uma forma relativamente simples e prática para visualizar os limites a partir das quais as normas são atendidas em cada caso, é a representação através das “Zonas de Exclusão”, que são os locais onde as

normas são superadas, o que será visto adiante. Inicialmente, as distâncias a partir das quais as normas são obedecidas, são calculadas a partir da equação de Friis [Friis, 1946] para espaço livre:

$$R(\theta, \phi) = \sqrt{\sum_{m=1}^3 \frac{P_m D_m (\theta - \theta_m, \phi - \phi_m) N_m}{4\pi U_{\max}}}, \quad (5)$$

onde $R(\theta, \phi)$ é a distância da antena para um azimute ϕ e altura θ , P_m é a potência efetivamente irradiada pela antena por canal, D_m é a função de diretividade da antena, θ_m é o *tilt* ou ângulo de orientação vertical da antena, ϕ_m o azimute ou ângulo de orientação horizontal da antena, N_m o número de canais (“canais rádio”) por setor e U_{\max} é o limite máximo de densidade de potência para o qual se quer calcular a região no qual este limite é observado. Pode ser acrescentado um fator que leve em conta as reflexões, e margens de segurança, por exemplo, 2,51 e 2/3 respectivamente, de acordo com a Consulta Pública 296/01 que deu origem à Resolução 303/2002 – ANATEL [ANATEL, 2002]. Alternativamente, na norma da Suíça [Suíça, 1999], uma forma de tratamento de incertezas é sugerida, o que está ilustrado na Figura 1. onde o diagrama de irradiação vertical de uma antena é corrigido para efeitos de cálculo, considerando uma margem de erro no *tilt* de 5° e -30 dB como ganho mínimo em qualquer direção.

IV.1 Parâmetros da ERB usada nos cálculos

Todos os cálculos foram realizados para a pior situação, para uma ERB típica. Esta ERB possui 3 setores simétricos de azimute 0°, 120° e 240° (para efeitos de cálculo se assume que as antenas estão localizadas no mesmo ponto). As antenas não têm *tilt* (0°), e a ERB opera na faixa de 850 MHz. A potência equivalente isotropicamente irradiada por canal (EiRP) é de 150 W (52 dBm), sendo 12 canais por setor. O diagrama de irradiação vertical, e os diagramas de irradiação horizontais, de cada antena e do conjunto, encontram-se nas Figuras 1 e 2 respectivamente. O ganho das antenas é de 15 dBi.

IV.2 Regiões de Exclusão

Nesta seção são mostradas as regiões do espaço para as quais as normas são superadas ou não. A região externa à superfície representa situações de atendimento à norma enquanto a região interna representa os pontos onde a norma é superada (“região de exclusão”). Para tanto, são mostrados diagramas em perspectivas tridimensionais bem como projeções horizontais e verticais.

Na Tabela 2 estão resumidas as distâncias de atendimento às diferentes normas. Observa-se que para a ERB estudada, as normas mais restritivas são atendidas a

distâncias horizontais a partir de cerca de 90 m e a distâncias verticais a partir de cerca de 20 m.

Nos exemplos a seguir, são calculadas as superfícies de contorno a partir das quais as normas são obedecidas, para uma ERB de média capacidade e média potência:

freqüência de operação: Bandas A e B (~850MHz)

número de canais por setor: 12

potência por canal: 10 W

ganho das antenas: 2 dBi

TABELA II - DISTÂNCIAS DE ATENDIMENTO ÀS NORMAS

Normas	Distância horizontal [m]	Distância vertical [m]
ANSI/IEEE (Nº C 95.1, 1991/ 92)	5,7	1,3
ICNIRP (Nº ENV 50.166-2,1998)	6,3	1,5
ANATEL (Resol. Nº 303, jul. 2002)	6,3	1,5
Porto Alegre (Nº 8.463, jan. 2000)	6,3	1,5
Itália (Nº 381, 1998)	42,8	9,9
Porto Alegre (Nº. 8.896, abril 2002)	63,3	15,1
Suíça (Nº 814.710, 1999)	63,3	15,1
IEC/ABNT (NBR 60601-1-2,1997)	87,3	20,2

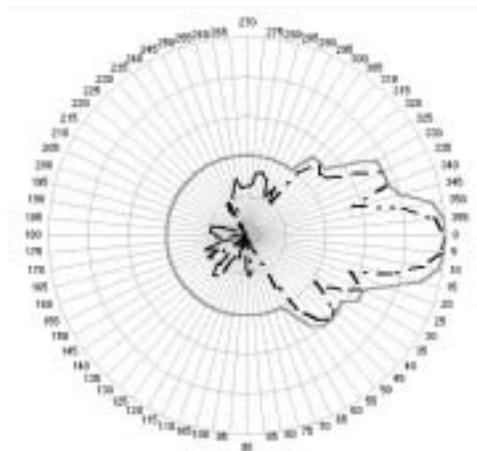


Fig. 1. Diagrama de irradiação vertical da antena (linha tracejada) e seu valor corrigido para efeitos de cálculo (linha contínua) de acordo com a norma da Suíça.

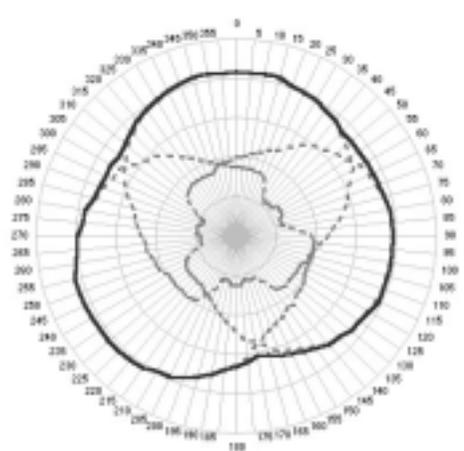


Fig. 2. Diagrama de irradiação horizontal de cada uma das antenas (linhas tracejadas) e o valor do somatório obtido (linha contínua).

A Figura 3 mostra os limites de atendimento da norma ICNIRP/CENELEC, que tem os limites análogos aos da recomendação adotada pela ANATEL [ANATEL, 2002]. Para esta ERB, a partir de uma distância de 6,3 m na horizontal ou de 1,5 m na vertical os valores limites da recomendação da ANATEL são atendidos.

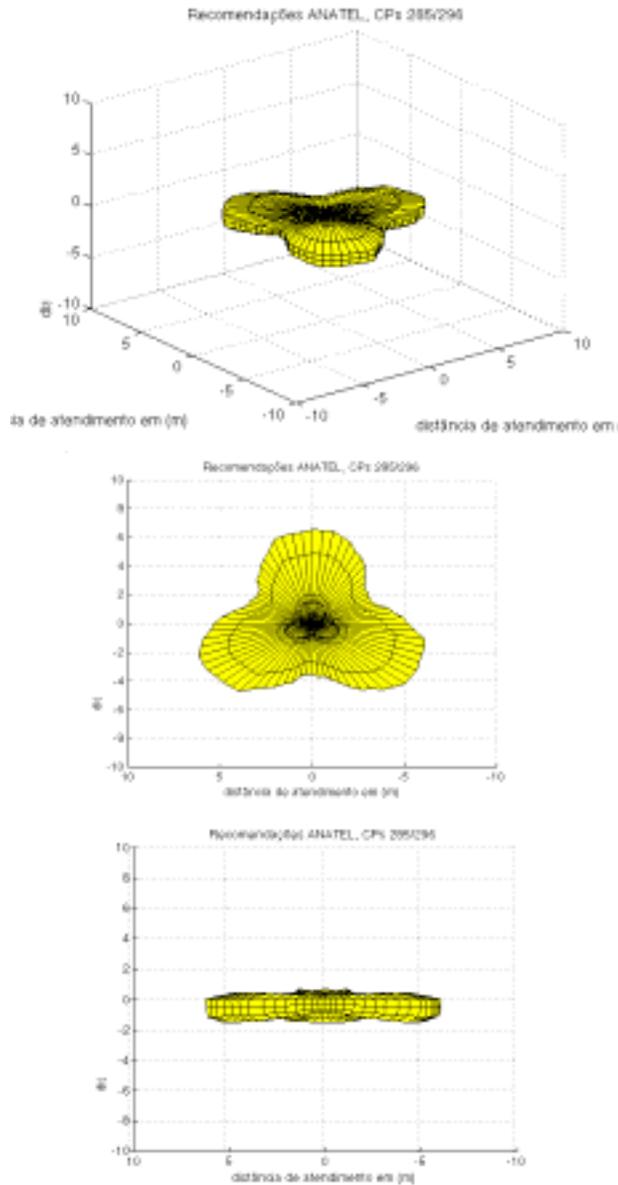


Fig. 3. Zonas de exclusão conforme a recomendação adotada pela ANATEL. Escala = 10 m. (a) perspectiva; (b) projeção horizontal; (c) projeção vertical.

Na Figura 4 são mostradas as zonas de exclusão referentes à norma IEEE/ANSI [IEEE, 1991]. Observa-se que para esta ERB, a partir de uma distância de 5,7 m na horizontal ou de 1,3 m na vertical os valores limites da norma IEEE/ANSI são atendidos. Nesta figura a escala foi alterada para 100 m, para comparar com as figuras seguintes que correspondem a normas que adotam em parte o Princípio de Precaução

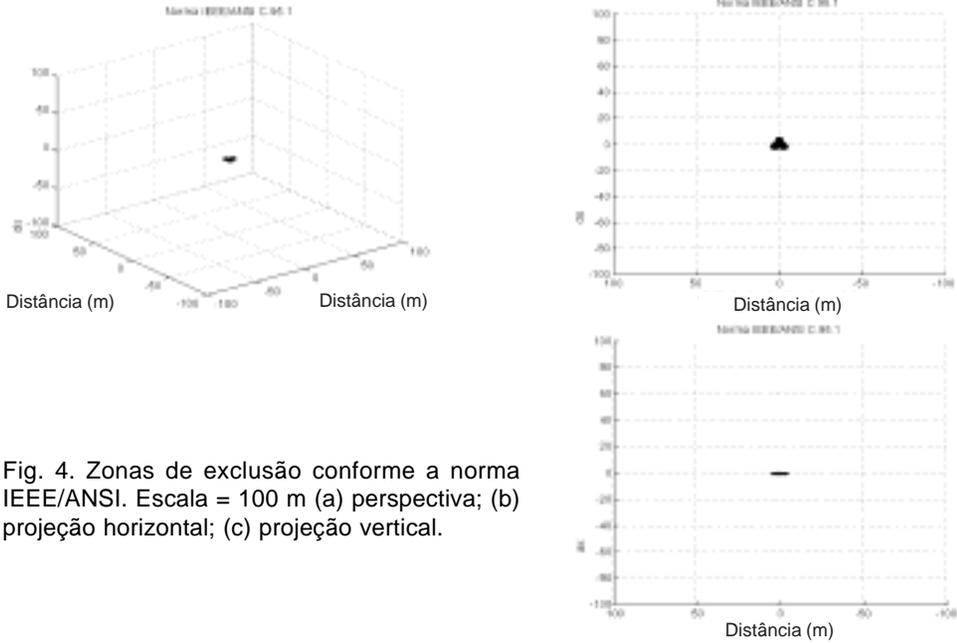


Fig. 4. Zonas de exclusão conforme a norma IEEE/ANSI. Escala = 100 m (a) perspectiva; (b) projeção horizontal; (c) projeção vertical.

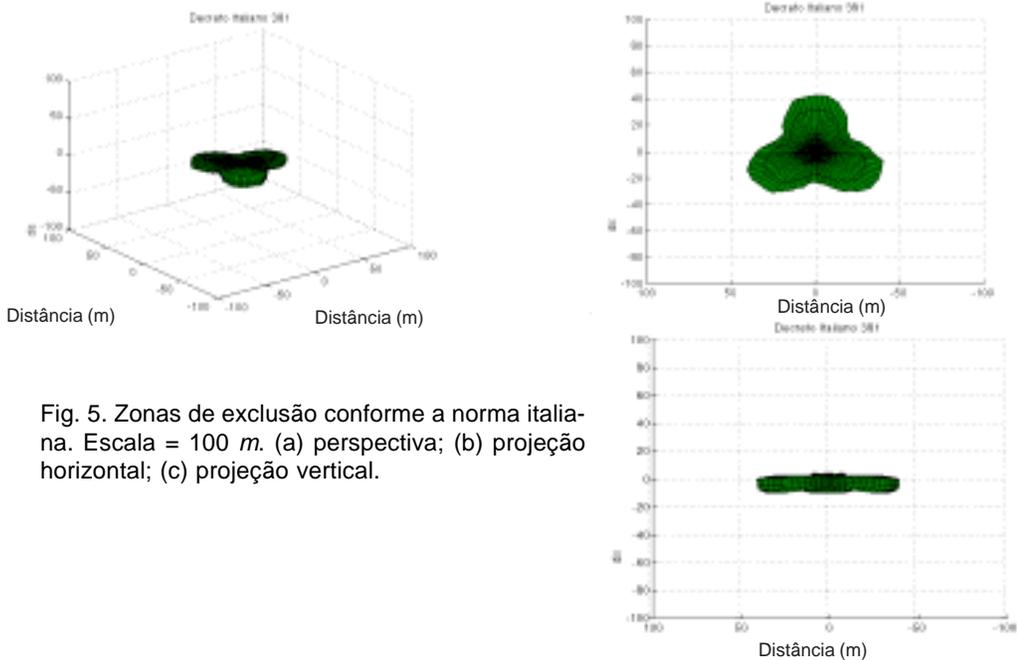


Fig. 5. Zonas de exclusão conforme a norma italiana. Escala = 100 m. (a) perspectiva; (b) projeção horizontal; (c) projeção vertical.

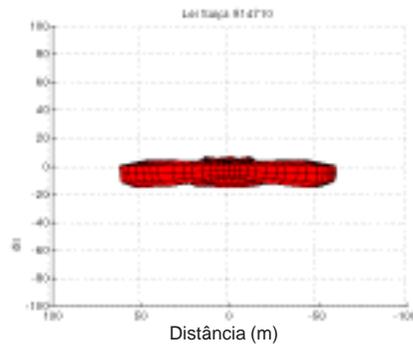
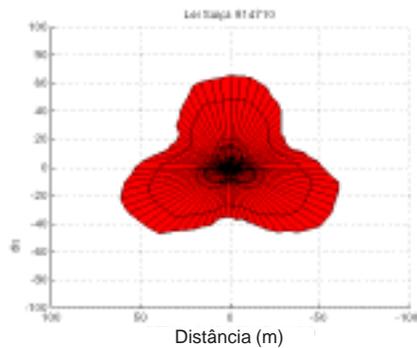
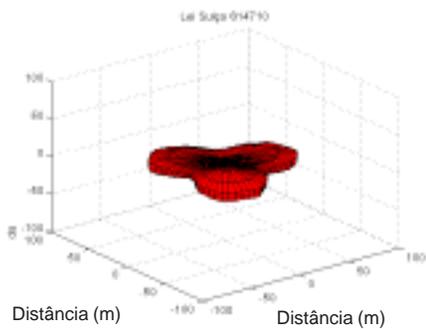


Fig. 6. Zonas de exclusão conforme a norma suíça. Escala = 100 m. (a) perspectiva; (b) projeção horizontal; (c) projeção vertical.

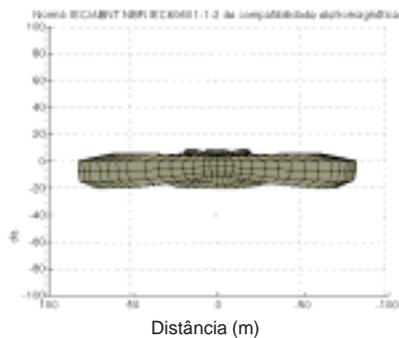
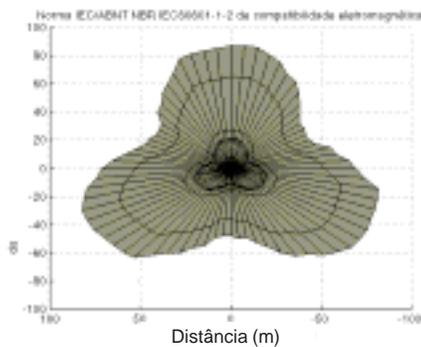
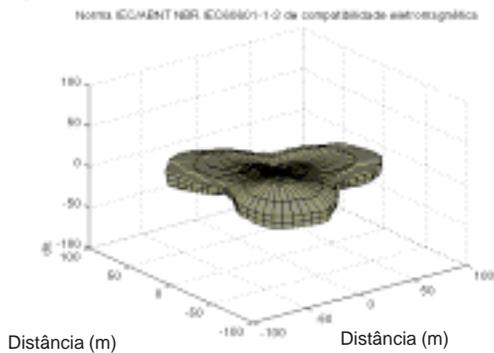


Fig. 7. Zonas de exclusão conforme a norma de compatibilidade eletromagnética. Escala = 100 m. (a) perspectiva; (b) projeção horizontal; (c) projeção vertical.

Na Figura 5 são mostradas as zonas de exclusão referentes à norma da Itália [Itália, 1998]. Observa-se que para esta ERB, a partir de uma distância de 42,8 m na horizontal ou de 9,9 m na vertical os valores limites da norma italiana são atendidos.

Na Figura 6 são mostradas as zonas de exclusão referentes à norma da Suíça [Suíça, 1999]. Observa-se que para esta ERB, a partir de uma distância de 63,3 m na horizontal ou de 15,1 m na vertical os valores limites da norma suíça são atendidos.

Na Figura 7 são mostradas as zonas de exclusão referentes à norma de compatibilidade eletromagnética do IEC/ABNT [ABNT, 1997]. Observa-se que para esta ERB, a partir de uma distância de 87,3 m na horizontal ou de 20,2 m na vertical os valores limites da norma IEC são atendidos.

Na Tabela III estão resumidos os valores limites (em frequências próximas a 850 MHz) em campo elétrico e em densidade de potência nas normas mais difundidas, e as distâncias (horizontal e vertical) a partir das quais estes limites são respeitados.

TABELA III - COMPARAÇÕES ENTRE DIFERENTES NORMAS

Normas de exposição humana	Número	Valores máximos de exposição		Distância para uma ERB típica	
		E [V/m]	U_{max} [W/m^2]	Horiz. [m]	Vert. [m]
ANSI/IEEE (1991/92)	C.95.1	46	5,7	5,7	1,3
ICNIRP (1998/96)	ENV 50166-2	40	4,3	6,3	1,5
ANATEL (jul. 2002)	Resolução 303	40	4,3	6,3	1,5
Porto Alegre (jan. 2000)	8.463	40	4,3	6,3	1,5
Itália (decreto set. 1998)	381	6	0,1	42,8	9,9
Porto Alegre (abr. 2002)	8.896	4	0,043	63,3	15,1
Suíça (norma dez. 1999)	814.710	4	0,043	63,3	15,1
Salzburg, Áustria		~0,6	0,001	~430	~100
Normas de Compatibilidade Eletromagnética		E [V/m]	U_{max} [W/m^2]	E [V/m]	U_{max} [W/m^2]
IEC/ABNT (out. 1997)	NBR IEC 60601-1-2	3	0,024	87,3	20,2

Genericamente pode-se mencionar então, que no caso das ERBs típicas consideradas, desde que as antenas sejam instaladas em torres elevadas (p.ex., 20 ou 30 metros de altura, ou mais), mesmo os limites das normas mais restritivas consideradas (p.ex., norma da Suíça) são atendidos em distâncias maiores que cerca de 60 m na direção de máxima irradiação (i.é a norma é atendida desde que a antena esteja 15 m acima do ponto mais elevado num raio de 60 m, considerando *tilt* 0°). Estes valores devem ser ajustados e calculados caso a caso. Assim, para ERBs de grande capacidade (i.é. com um número maior de canais) e/ou grande potência as distâncias serão maiores que as da Tabela III. Inversamente, para ERB de menor capacidade e/ou potência, p.ex. mini-ERB, as normas serão atendidas em distâncias menores.

V. MODELAMENTO DA SAR NA CABEÇA E DO DIAGRAMA DE IRRADIAÇÃO EM TELEFONES MÓVEIS COM ANTENAS CONVENCIONAIS E PLANARES

Para o modelamento do problema foram desenvolvidos algoritmos baseados no método das Diferenças Finitas no Domínio do Tempo (FDTD), representados no diagrama em blocos da Figura 8, e com as características resumidas a seguir.

Diagrama de Blocos do Solver FDTD

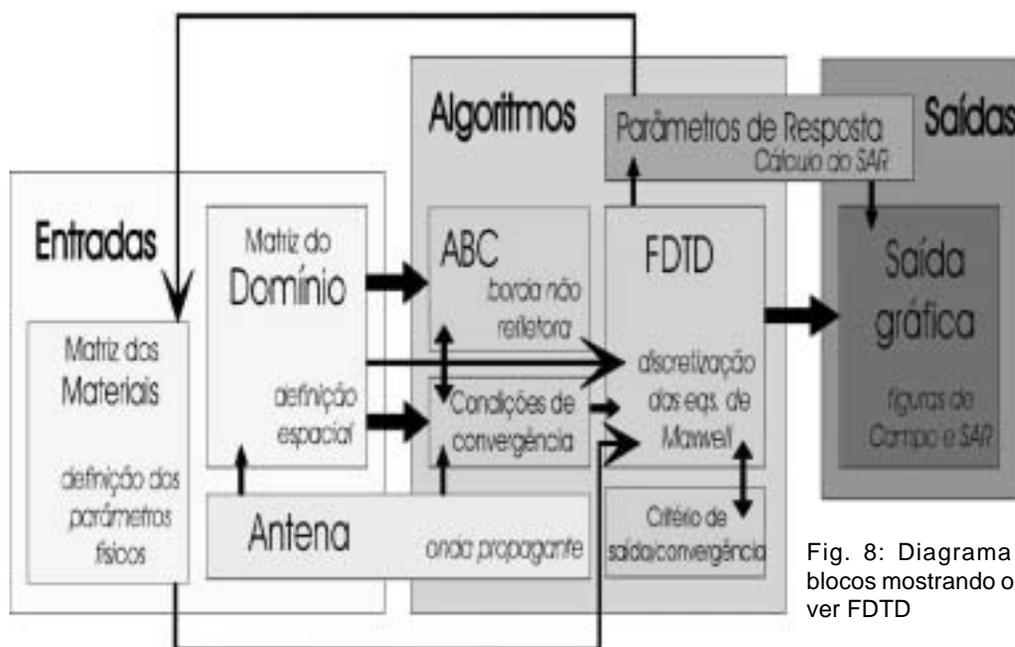


Fig. 8: Diagrama em blocos mostrando o solver FDTD

V.1 O Domínio do Problema

Quando se desejam processar simulações numéricas de um dado problema é necessário contar com um modelo que represente adequadamente o espaço físico do mesmo. Modelos unidimensionais ou bidimensionais são possíveis, tendo como vantagens a correspondente redução na capacidade de memória, nos tempos de processamento e na complexidade necessária do equacionamento e dos algoritmos. Graças à maior capacidade computacional disponível, cada vez mais modelos tridimensionais, embora mais exigentes, são usados. Estes modelos tridimensionais podem ter geometria simples, de relativamente fácil implementação, como uma representação de cabeça humana por camadas de elipsóides de revolução, ou modelos mais complexos. Para o presente estudo optou-se por um domínio tridimensional o mais aproximado possível da realidade.

V.1.1 O domínio no campo próximo.

O modelo da cabeça usado foi desenvolvido especificamente para este trabalho. Neste modelo, os diferentes tecidos que compõem a cabeça são tratados como materiais homogêneos e invariantes definidos a partir de imagens médicas disponíveis: imagens de cortes (Figura 9a), Raios-X e ressonâncias magnéticas (Figura 9b). Estas imagens, num total de 128, com espaçamento $D = 1,8$ mm entre cortes contíguos, foram tratadas individualmente usando técnicas de reconhecimento de padrões, automáticas e manuais (p. ex., máscaras de cores do software CorelDraw com correção individual do reconhecimento de estruturas) para a conformação de um conjunto de arquivos de imagens *bitmap* (Figura 9c) dos quais foi extraída a malha do domínio: uma matriz tridimensional de $128 \times 170 \times 130$ pontos ou pixels, totalizando aproximadamente 3 milhões de pontos (Figura 9d).

Os diferentes tecidos ou materiais identificados correspondem a pele/gordura, músculos, ossos, cérebro, olhos e o ar. Então, uma vez que estes tecidos são considerados homogêneos, as estruturas menores, como vasos capilares, não são levadas em consideração.

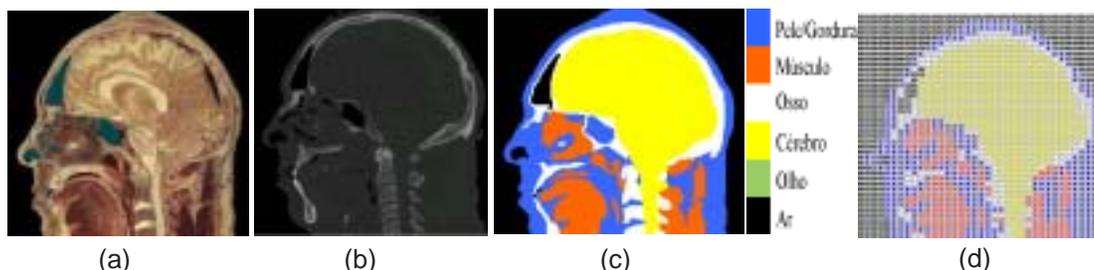


Figura 9. Imagens médicas originais: (a) corte sagital da cabeça, e (b) imagem de ressonância magnética do mesmo corte. (c) Imagem simplificada de um corte sagital da cabeça com seus tecidos identificados por cores. (d) Ilustração de um plano da matriz de domínio, onde cada índice corresponde a um tecido.

Os parâmetros eletromagnéticos médios dos diferentes tecidos presentes foram definidos de acordo com [Jensen and Rahmat-Samii, 1995] e com [Iskander *et al.*, 2000] para a frequência de 1900 MHz e constam na Tabela IV. Estes valores são próximos dos valores recomendados pelo FCC e IEEE [IEEE, 2001].

TABELA IV - PARÂMETROS DOS TECIDOS USADOS NA SIMULAÇÃO

Tecido	ϵ_r	σ [S/m]	ρ [kg/1]
Pele/Gordura	36,5	0,700	1,10
Músculo	55,3	2,000	1,04
Osso	7,75	0,105	1,85
Cérebro	46,0	1,650	1,03
Olho	80,0	1,900	1,02

Dos valores na página anterior se observa que deverá ocorrer uma elevada densidade de fluxo elétrico devido às constantes dielétricas elevadas, o que associado aos altos valores de condutividade, irá resultar em SAR elevada para alguns tecidos de acordo com a equação (3).

V.1.2 O domínio no campo distante: Malha multidimensional

A malha fina de $\Delta = 1,8$ mm permite uma adequada representação dos diferentes tecidos biológicos e dos detalhes da antena e do aparelho celular. Porém, para obter os diagramas de irradiação das antenas simuladas, foi implementada uma segunda malha, de menor detalhamento, com células de $\Delta_g = 27$ mm, onde foram obtidos os valores de campo para uma distância 10λ para garantir que se está na região de campo distante, que é mais homogênea. A figura 10 abaixo ilustra um domínio composto de duas malhas com células de dimensões diferentes [Iskander *et al.*, 2001].

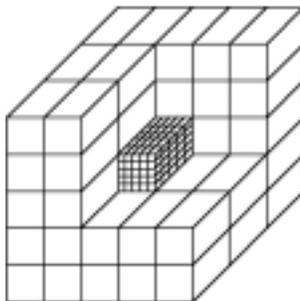


Fig. 10 Representação de uma malha com células de duas dimensões como a implementada.

A malha fina foi implementada com $23,04 \times 30,60 \times 32,40$ cm³, ($128\Delta \times 170\Delta \times 180\Delta$), enquanto a malha grossa tem $3,51 \times 3,645 \times 4,59$ m³ ($130\Delta_g \times 135\Delta_g \times 170\Delta_g$). O acoplamento dos problemas nas duas malhas se dá quando os valores calculados nos pontos extremos da malha fina são usados como valores de fonte para os pontos coincidentes da malha grossa [Salles *et al.*, 2002].

V.2 Limitação do domínio, Estabilidade e Dispersão Numérica.

A condição de contorno utilizada neste trabalho foi uma parede absorvedora, como a descrita por Mur (de 2^{da} ordem) [Mur, 1981] dado que esta solução exige menos recursos computacionais que outras soluções como a PML, *Perfect Matching Layer* [Bérenger, 1996; Taflove, 1998] e mantém uma boa atenuação da onda refletida na parede, suficiente para este tipo de simulação [Lazzi, 97]. Esta condição é necessária para simular uma propagação em espaço livre num domínio numérico que necessariamente deve ser truncado.

Além das reflexões nas bordas do domínio, as simulações poderão divergir dependendo da relação entre o comprimento da onda propagada e as dimensões das células de discretização, e também do número de iterações. Neste caso, como o cálculo de SAR não é sensível à fase, pode ser tolerado certo grau de dispersão na região próxima. Na região de campo distante (malha grossa) o número de pontos por comprimento de onda é relativamente pequeno e o intervalo de convergência da simulação fica, portanto, reduzido. Isto não comprometeria a obtenção dos diagramas de irradiação desde que os mesmos podem ser determinados como medidas relativas de campo nas diferentes direções. Para contornar estas dificuldades soluções baseadas nos potenciais vetoriais, em integrais do campo distante [Sullivan and Young, 2001] e outras variantes do método FDTD como o método Pseudo Espectral no Domínio do Tempo (PSTD), que requer apenas dois pontos de cálculo por comprimento de onda [Liu and He, 2001], e alternativas incondicionalmente estáveis (p.ex. *Alternating Direction-Implicit-FDTD* ou ADI-FDTD [Chung *et al.*, 2003]) foram propostas.

V.3 O Algoritmo

O método FDTD resolve, num domínio de cálculo previamente discretizado, as equações diferenciais de Maxwell, numa forma explícita de diferenças finitas [Taflove, 1998]. Desta forma os cálculos são realizados localmente, considerando apenas a vizinhança do ponto calculado e as soluções avançam no tempo a cada iteração o que permite resolver problemas transientes e outros, como neste caso, nos quais a adequada representação do domínio de cálculo exige matrizes de grandes dimensões. O algoritmo implementa equações semelhantes à (6), que diferem das equações originalmente propostas, pelo fato de calcular ambos os campos, elétrico e magnético numa única malha e não em malhas intercaladas, evitando a duplicação da malha.

$$\mathbf{Ez}_{i,j,k}^{n+1} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{\sigma_{i,j,k} \Delta t}{2\varepsilon_{i,j,h}} \\ \frac{\sigma_{i,j,k} \Delta t}{2\varepsilon_{i,j,h}} \end{pmatrix} \mathbf{Ez}_{i,j,k}^n + \begin{pmatrix} \frac{\Delta t}{\varepsilon_{i,j,k}} \\ 1 + \frac{\sigma_{i,j,k} \Delta t}{2\varepsilon_{i,j,k}} \end{pmatrix} \times \left(\frac{\mathbf{Hy}_{i,j,k}^{n+1} - \mathbf{Hy}_{i-1,j,k}^{n+1}}{\Delta x} - \frac{\mathbf{Hx}_{i,j,k}^{n+1} - \mathbf{Hx}_{i,j-1,k}^{n+1}}{\Delta y} \right) \quad (6)$$

VI. PROJETO E SIMULAÇÃO DE ANTENAS PLANARES

Uma vez que as células da digitalização da cabeça possuem um tamanho definido (Δ), tanto as dimensões dos elementos presentes na simulação (telefone celular, antena etc) quanto o posicionamento relativo dos mesmos são múltiplos inteiros deste valor. Por exemplo, a distância do telefone celular à cabeça é 0,54 cm (3Δ), ou seja, próxima a uma distância típica de utilização.

O tempo total de cada simulação no supercomputador Cray T94 foi em torno de 2 horas (incluindo o tempo de espera) utilizando para tanto, uma memória de 820 MB para um total de 2400 iterações na malha fina com $\Delta t \approx 3$ ps correspondendo a um tempo total de 7,205 ns. Este número de iterações corresponde a 160 iterações na malha grossa para um $\Delta t_g \approx 45$ ps, pois a relação entre Δt e Δt_g corresponde àquela entre as dimensões das malhas, fina e grossa Δ e Δ_g , garantindo a mesma velocidade de propagação em ambas as malhas, para um mesmo meio.

VI.1 Modelamento da Antena tipo Monopolo de $\frac{1}{4}$ de Onda

O modelo do aparelho celular portátil consiste numa caixa metálica, coberta com uma camada dielétrica ($\epsilon_v = 2,1$) de 1,8 mm, com dimensões totais de 45 x 19,8 x 117 mm ($25\Delta \times 11\Delta \times 65\Delta$). A antena foi modelada por uma haste metálica de 39,6 mm (22Δ) de comprimento fixada na parte superior da caixa metálica. A frequência de operação definida foi de 1,8926 GHz para que estas dimensões correspondam a $\lambda/4$.

A alimentação é feita através de um cabo coaxial que conecta a antena a uma *softsource* colocada numa célula imediatamente acima da parede absorvedora, onde é forçado o campo E_y (Figura 11a).

VI.2 Projeto e Modelamento da Antena Planar

Diferentes antenas planares foram propostas [Kaneda *et al.*, 2002; Nakano *et al.*, 2002; Romeu and Soler, 2002; Yang *et al.*, 2001]. Aqui será apresentada uma antena em *microstrip* do tipo *patch* retangular simples porque suas características são adequadas para esta aplicação e seu projeto já é bastante estabelecido [Balanis, 1997; Garg *et al.*, 2001].

Nas simulações foram utilizados os parâmetros do substrato *RT/duroid 5880* de baixas perdas, que foi usado na implementação da antena ($\epsilon_r = 2,2$, $\text{tg}d = 0,0009$ e $h = 3,6$ mm).

A largura da antena deve ser compatível com a largura do aparelho (45 mm = 25 Δ) e com as dimensões das células (*voxels*) da malha utilizada nas simulações FDTD. Com esta limitação de largura, o plano de terra fica pequeno, os métodos analíticos clássicos usados para o projeto (bem como em algumas simulações) apresentam então resultados aproximados, sendo necessárias medidas ou simulações mais adequadas (p.ex., FDTD) para uma caracterização mais precisa.

A antena foi projetada para ter uma largura $W_1 = 34,2$ mm (19Δ) e comprimento $L_1 = 54$ mm (30Δ), de forma que, usando as equações para o modelo de cavidade [Garg *et al.*, 2001], verifica-se que a ressonância ocorre em 1,893 GHz (Figura 11b).

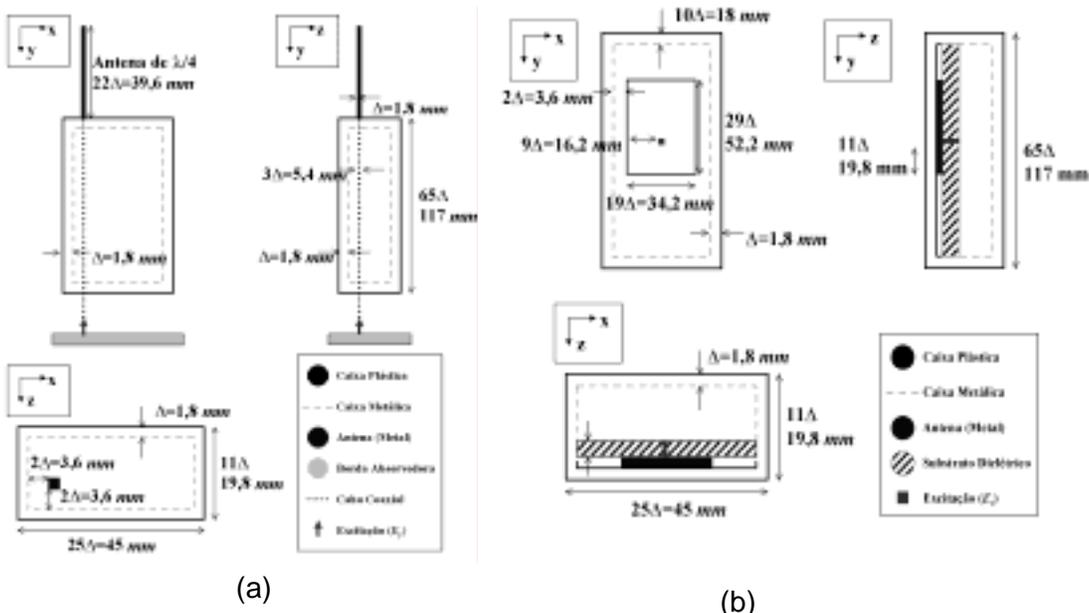


Fig. 11. (a) Representação do aparelho celular portátil modelado com antena tipo monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda alimentada por cabo coaxial, e (b) com antena planar com alimentador coaxial.

VI.2.1. Parâmetros da Antena Patch Simulados no Ensemble®

A antena projetada foi simulada também utilizando o programa para simulação de estruturas planares *Ensemble*® (SV v. 2.0.57) [Ansoft, 2002], obtendo-se, para os parâmetros acima listados, uma taxa de onda estacionária de 1,014. A largura de banda calculada [Balanis, 1997] para uma taxa de onda estacionária (VSWR) = 3 foi de 11 MHz, e a simulada foi de cerca de 60 MHz de acordo com a Figura 16. Esta largura de banda pode ser melhorada com um projeto otimizado para este fim. Outros dados obtidos de cálculos são os fatores de qualidade: de perdas no condutor, $Q_c = 6,61 \times 10^3$, de perdas no dielétrico, $Q_d = 1,20506 \times 10^3$, de irradiação, $Q_i = 211,83401$, e total, $Q_t = 175,38344$. Com isso a eficiência estimada é de $\eta = 82,79\%$.

Observa-se que este modo de alimentação não é tão adequado quanto a sonda coaxial utilizada em [Salles *et al.*, 2002], obtendo-se maior eficiência e largura de banda ($\eta = 86,17\%$ e $BW = 13$ MHz), pois aqui a linha de transmissão de alimentação contribui também para a irradiação como se observa em [Salles *et al.*, 2002]

VI.3. Simulações FDTD do campo próximo

de Naesimulação) efetuadas a partir de antenas com os dois valores de SAR angular. O objetivo desta análise telefônica é avaliar a distribuição das situações de utilização de antena observando se ocorre diferença na SAR dos tecidos da cabeça devido à utilização destes dois diferentes tipos de antenas.

Na Figura 12 estão mostradas, respectivamente, as distribuições de campo elétrico ($20 \times \log|E|$) em cortes frontais (no plano da antena monopolo) e coronais (na base da antena monopolo). É possível observar-se que os níveis de campo no cérebro são substancialmente inferiores (mais que 10 dB) quando a antena diretiva é usada.

Nas Figura 13 estão mostradas as distribuições em escala logarítmica (em dB) para facilidade de leitura, da SAR ($10 \times \log[\text{SAR}]$) na cabeça para os mesmos cortes frontais e coronais, respectivamente. Esses valores de SAR são normalizados para uma potência entregue à antena de $P_{del} = 600 \text{ mW}$ (pior situação: potência máxima irradiada por um telefone celular analógico ou um digital operando em *roaming*), onde 0 dB corresponde à SAR = 1 mW/g. Da mesma forma, observa-se que os valores de SAR na cabeça obtidos com a antena diretiva são pelo menos 10 dB inferiores aos obtidos com a antena convencional. É possível estimar nas Figura 13, o valor médio de SAR para 10 g de tecido contínuo, a partir do cálculo em volumes cúbicos com cerca de 2,2 cm de aresta. Uma vez que a norma recomendada pela ANATEL [ANATEL, 2002] para o Brasil estabelece um limite máximo de SAR = 2 mW/g, observa-se nas Figura 13a e 13c que a antena convencional supera por muitas vezes aquela norma, nas condições mencionadas. Estes resultados são comparáveis aos obtidos por outros autores [Bernardi *et al.*, 2001; Dimbylow and Gandhi, 1991; Iskander *et al.*, 2000; Jensen and Rahmat-Samii, 1995; Okoniewski and Stuchly, 1996; Watanabe *et al.*, 1996]. Por outro lado, conforme mostrado em trabalhos anteriores [Salles *et al.*, 2000, 2001] o maior afastamento entre a antena e a cabeça pode levar ao atendimento da norma mesmo quando a antena convencional é utilizada.

No caso da antena diretiva, a redução dos valores do campo e da SAR na cabeça é considerável, levando, via de regra, ao atendimento à norma. Resultados análogos também foram obtidos por outros autores [Bernardi *et al.*, 2001; Jensen and Rahmat-Samii, 1995].

Uma vez que a potência absorvida na cabeça (que é parte da potência absorvida total, P_{abs}) é menor, observa-se uma melhoria na eficiência de irradiação, $\eta = (P_{del} - P_{abs})/P_{del}$, das antenas diretivas (em comparação com o monopolo), o que já havia sido assinalado por outros autores.

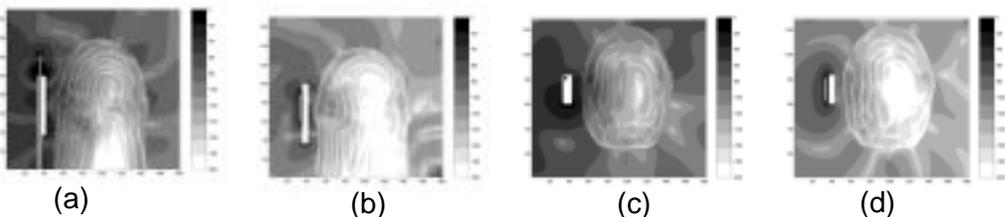


Figura 12. Imagens frontais (xy) da intensidade de campo elétrico ($20 \times \log|E|$) obtidas ao final das simulações, onde utiliza-se: a) o monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda e b) a antena diretiva, e imagens coronais (xz) para c) o monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda e d) a antena diretiva.

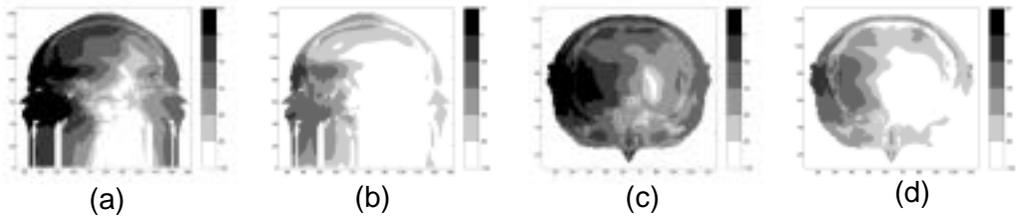


Figura. 13. Imagens frontais (xy) da distribuição da SAR ($10 \cdot \log(\text{SAR})$) obtidas ao final das simulações, onde utiliza-se: a) o monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda e b) a antena diretiva. Imagens coronais (xz) da distribuição da SAR ($10 \times \log(\text{SAR})$) para c) o monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda e d) a antena diretiva.

VI.4. Simulações FDTD do campo distante

O método FDTD com a malha grossa foi utilizado para obter os resultados em campo distante ($d \geq 10l$), com e sem a presença da cabeça, tanto para a antena monopolo como para a antena diretiva, em cerca de 1,9 GHz. Os diagramas de irradiação obtidos, na forma polar no plano horizontal, estão apresentados na Figura 14, tanto da antena monopolo como da antena diretiva. Estes têm escala radial de 5 dB e, para efeitos de simplicidade na comparação, os campos estão normalizados na direção oposta à cabeça. Nas simulações, a metalização posterior da antena (ou seja, o plano terra) não está efetivamente aterrada, configurando uma situação mais próxima à situação realmente encontrada no caso dos telefones portáteis onde não existe um plano terra efetivo. Nesta situação, obteve-se um diagrama de irradiação horizontal com uma relação frente – costas de cerca de 10 dB, como mostra a Figura 14b. Resultado semelhante foi obtido por [Iskander *et al.*, 2000]. Também os resultados medidos e apresentados a seguir, são próximos deste valor e podem ser considerados adequados para a aplicação em antenas de transceptores móveis operados muito próximos à cabeça do usuário.

Na Figura 14a aparecem os diagramas de irradiação no plano horizontal para a antena monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda com (linha pontilhada) e sem (linha contínua) a cabeça. Observa-se uma diminuição de cerca de 5 dB na direção do usuário devido à presença da cabeça, como têm sido usado no projeto de enlaces (*Body Loss*) [Holma and Toskala, 2000; Nielsen *et al.*, 2002].

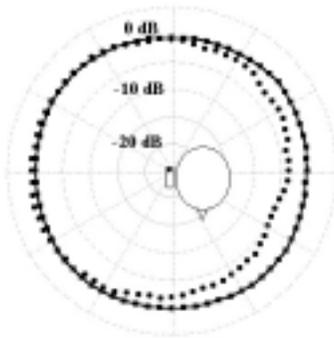


Fig. 14a. Diagrama de irradiação horizontal para a antena monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda: Linha contínua → sem a cabeça, Linha pontilhada → com a cabeça.

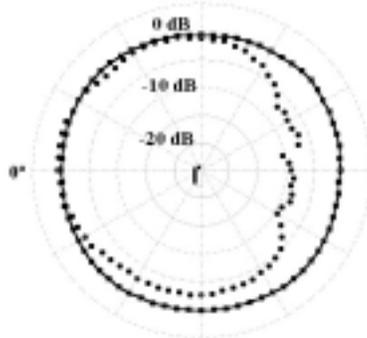


Fig. 14b. Diagrama de irradiação horizontal em espaço livre (sem a cabeça): Linha contínua → monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda, Linha pontilhada → antena diretiva.

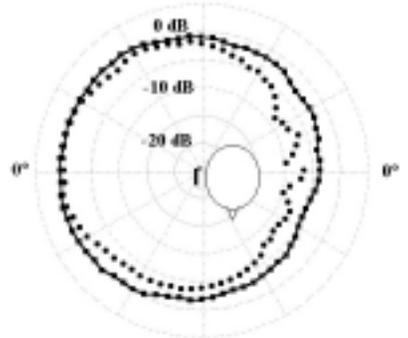


Fig. 14c. Diagrama de irradiação horizontal na situação de uso (com a cabeça): Linha contínua → monopolo de $\frac{1}{4}$ de onda, Linha pontilhada → antena diretiva.

Na Figura 14c ambas antenas são comparadas quando operam na presença da cabeça. Aí se observa então, que no caso da antena diretiva (linha pontilhada) a relação frente – costas se mantém pouco menor que 10 dB. Então, para o caso de uma antena diretiva com baixas perdas e baixa taxa de onda estacionária, naturalmente a energia emitida na direção oposta à cabeça (direção preferencial de comunicação) é maior do que no caso da antena convencional, o que seria benéfico em termos de cálculo do enlace (*Power Budget*).

VII. RESULTADOS MEDIDOS EM ANTENAS PLANARES

Dois protótipos da antena projetada foram realizados sobre substratos *RT/duroid*[®] 5880 de 1,8 mm de largura e utilizando conectores SMA.



Figura 15. Antena em microstrip tipo "patch" retangular medida.

A taxa de onda estacionária simulada está mostrada na Figura 16a, e a medida (com o analisador de espectro S331A Wiltron) na Figura 16b. A frequência de ressonância medida foi de 1.828 MHz e a largura de banda para VSWR = 2 foi de 15 MHz.

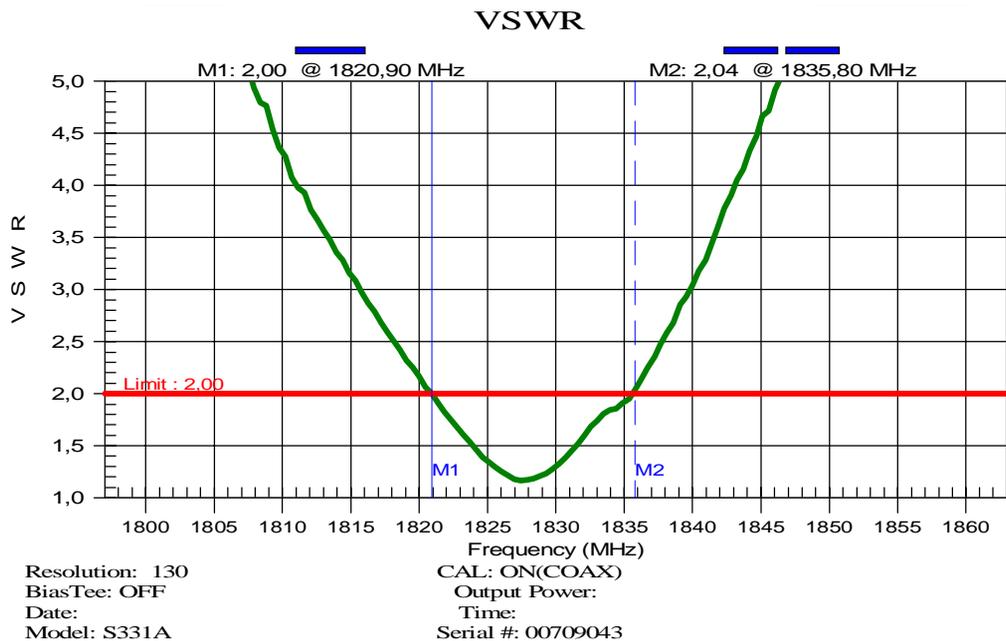
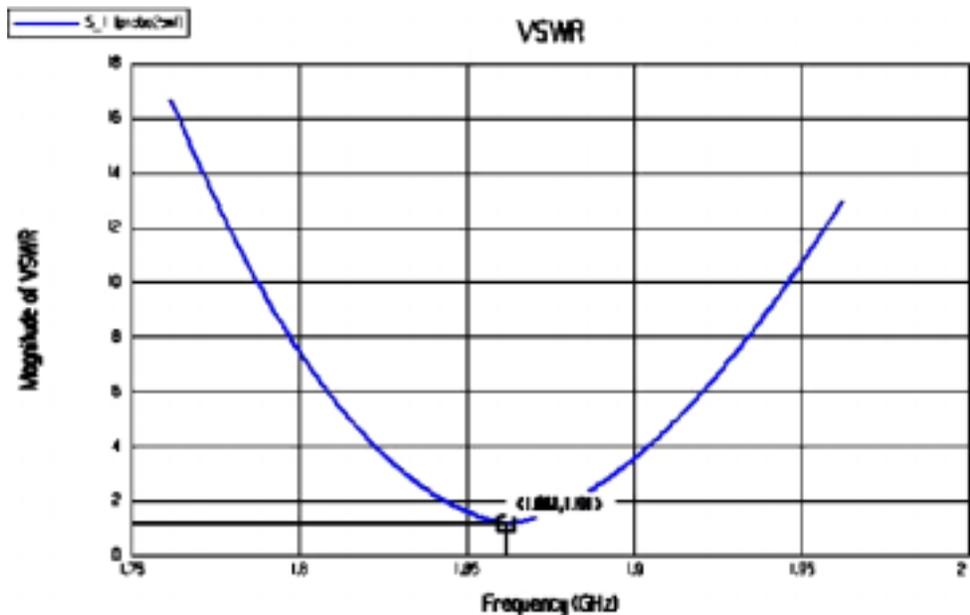


Figura 16. Taxa de onda estacionária para a antena *patch*: (a) simulada no Ensemble® e (b) medida com o S331A.

Em seqüência foram realizadas medidas em câmara anecoica de $5 \times 5 \times 5 \text{ m}^3$, usando como receptor um Analisador de Interferência superheterodino EMC-60, Electro-Metrics, acoplado à antena sob teste, e, como gerador, um Sintetizador de Freqüências 6745B, Wiltron, com um amplificador VZL6041-K1, Varian, e antena corneta padrão.

Desta forma foram realizados dois tipos de medidas: (a) medidas em que o plano terra da antena *patch* foi desconectado da malha de terra dos cabos do receptor para simular a situação de uso de um telefone celular (ou seja, sem plano de terra efetivo) e, (b) medidas com o conector normalmente soldado ao plano terra.

Observa-se que quando o plano de terra não está efetivamente aterrado, tem-se uma relação frente – costas de aproximadamente 10 dB e ângulo de meia potência de 150° , que são valores próximos aos obtidos nas simulações FDTD. Já com o plano terra efetivamente aterrado, verifica-se uma relação frente – costas maior que 20 dB e ângulo de meia potência de cerca de 110° .

As comparações dos diagramas de irradiação no plano horizontal medidos para os dois tipos de aterramento e o diagrama obtido na simulação FDTD estão na Figura 17.

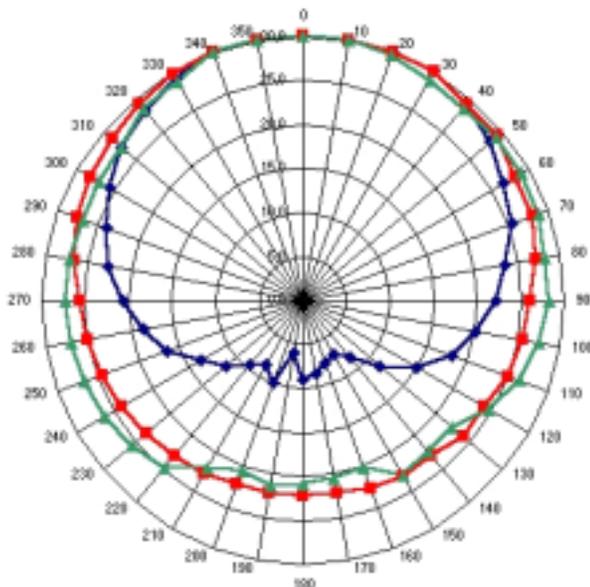


Fig. 17. Diagramas de irradiação no plano horizontal medidos para antena *patch* com o plano terra efetivamente aterrado [azul], não aterrado [vermelho] e calculado com o FDTD [verde] (5 dB por divisão na escala radial).

VIII. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Neste trabalho inicialmente são revisados os principais efeitos térmicos e não térmicos das radiações não ionizantes, e as normas mais difundidas que limitam a exposição das pessoas a estas radiações. A seguir, os valores obtidos de campo elétrico irradiado por uma Estação de Rádio Base (ERB) típica são comparados com os limi-

tes de exposição estabelecidos por algumas destas normas. Os resultados são apresentados na forma de regiões de exclusão, no interior das quais os limites das normas são superados, e fora delas estes limites são respeitados.

Algumas normas utilizadas para comparação consideram somente os efeitos térmicos da absorção da energia eletromagnética não ionizante (p.ex., normas IEEE/ANSI, ICNIRP e ANATEL), e outras consideram em parte os efeitos não térmicos (p.ex., normas da Itália e da Suíça), adotando então o Princípio da Precaução.

Os resultados obtidos indicam que, para as situações tipicamente encontradas nas ERB localizadas em torres elevadas (p.ex., cerca de 30 ou 40 m, ou mais) e sendo desobstruídas as direções de maior irradiação, as zonas de exclusão normalmente estão substancialmente afastadas dos locais onde possam haver pessoas.

Isto se verifica mesmo em comparação com as normas mais restritivas, indicando então que estas podem ser adotadas sem inviabilizar a operação dos sistemas. Desta forma são resguardados os requisitos de adequada cobertura e qualidade de sinal, e, ao mesmo tempo, são contempladas as preocupações de precaução quanto aos possíveis riscos à saúde devidos as radiações não ionizantes.

Foram também resumidos a simulação da SAR absorvida na cabeça do usuário de telefones móveis, dos campos irradiados nas regiões próxima e distante com antenas convencionais e com antenas planares, bem como o projeto, as estimativas teóricas e as medidas em uma antena planar simples em *microstrip*, tipo *patch* retangular, para a faixa de 1,9 GHz. O software *Ensemble*[®] foi utilizado para simular a taxa de onda estacionária em sua entrada e sua largura de banda. O método FDTD foi utilizado para determinar o diagrama de irradiação no plano horizontal e os valores dos campos irradiados na região de campo próximo. Observa-se que quando não existe efetivo aterramento do plano de terra (situação análoga à da operação típica de um telefone celular), os resultados para o diagrama de irradiação medidos foram bastante próximos aos simulados usando o método FDTD. Observa-se, p.ex., relação frente – costas da ordem de 10 dB, e abertura de feixe de meia potência da ordem de 150°. Isto resulta numa redução da SAR na cabeça a um valor que pode ser suficiente para o atendimento das normas mais difundidas [ICNIRP, 1995; IEEE, 1991]. A largura de faixa obtida (cerca de 15 MHz, ver Figura 16b) ainda poderá ser melhorada com um projeto otimizado. Outros valores estimados e medidos, p.ex., para a taxa de onda estacionária na entrada (menor que 2) e para a eficiência de irradiação da antena também se mostraram adequados para aplicações em transceptores móveis.

As antenas planares, apresentando moderada diretividade, sendo pequenas, compactas, integráveis na caixa do transceptor e de baixo custo, poderão se constituir em alternativa desejada para utilização em futuras gerações de transceptores móveis, com uma melhoria na qualidade do sinal, redução no consumo da bateria, e redução do risco à saúde dos usuários. Isto torna-se importante, especialmente porque as normas internacionais mais difundidas consideram unicamente os efeitos térmicos. Daí, caso os efeitos não térmicos sejam efetivamente reconhecidos, então os limites de exposição deverão se tornar substancialmente mais restritivos, tornando

ainda mais recomendável a utilização de antenas diretivas. Isto deverá ser acompanhado de outras providências objetivando a redução dos níveis irradiados na direção da cabeça do usuário, e visando o atendimento ao Princípio da Precaução.

A. A. de Salles e C. R. Fernández,
Depto. de Eng. Elétrica, UFRGS

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos engs. Mateus Bonadiman e Paulo Serafini, aos professores Jorge Amoretti Lisbôa e Francisco de Assis Tejo, e ao aluno Gabriel Fernando Lamas Sosa, por suas importantes colaborações em diferentes etapas deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, *NBR IEC 60601-1-2: Equipamento Eletromédico – Norma Colateral: Compatibilidade Eletromagnética – Prescrições e Ensaios*, Out 1997.
- ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). *Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz*. Brasília 2002 Jun 2; anexo à Resolução nº 303.
- Ansoft. *Ensemble: 3D, electromagnetic, Method of Moments simulation tool for high-frequency design*. Available from: http://www.ansoft.com/news/press_release/ensemble_sv_11_00.cfm
- Balanis C. *Antenna Theory Analysis and Design*. N.York: John Wiley & Sons; 1997, ISBN 0-471-59268-4.
- Bérenger JP. Improved PML for the FDTD Solution of Wave-Structure Interaction Problems. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 1997 Mar; v. 45, n. 3, p. 466-473.
- Bernardi P, Cavagnaro M, Pisa S and Piuze E. Power absorption and temperature elevation induced in the human head by a dual-band monopole-helix antenna phone. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 2001 Dec; v. 49, n. 12, p. 2539-46.
- Bernhart JH. *Non-Ionizing Radiation Safety: Radiofrequency Radiation, Electric and Magnetic Fields*. *Physics on Medicine and Biology* 1992; v. 37, n. 4, p. 807-844.
- Bronzino JD, editor. *The Biomedical Engineering Handbook*. New York: CRC Press & IEEE Press; 1995. p.1380-1440.
- Bruntland GH. *WHO's Bruntland Backs Repacholi's EMF Project*. Em *Microwave News*, v. XXII, n. 4, July/August 2002, p. 8.
- CENELEC (Comité Européen de Normalisation en Électronique et en Électrotechnique). *Basic Standard for the Measurement of Specific Absorption Rate Related to Human Exposure to Electromagnetic Fields from Mobile Phones (300 MHz - 3 GHz)*. Brussels:CENELEC 2000 Apr; Rev. Final Draft, TC-211.

- Chung YS, Sarkar TK, Jung BH and Salazar-Palma M. An Unconditionally Stable Scheme for the Finite-Difference Time-Domain Method. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 2003 Mar; v. 51, n. 3, p. 697-704.
- de Pomerai D, Daniells C, David H, Allan J, Duce I, Mutwakil M, Thomas D, Sewell P, Tattersall J, Jones D and Candido P. Non-Thermal Heat-Shock Response to Microwaves. *Nature* 2000 May; v. 405, n. 25, p. 417-8.
- de Pomerai D, Daniells C, David H, Allan J, Duce I, Mutwakil M, Thomas D, Sewell P, Tattersall J, Jones D and Candido P. Microwave Radiation Induces a Heat-Shock Response and Enhances Growth in the Nematode *Caenorhabditis Elegans*. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 2000 Nov; v. 48, n. 11, p. 2076-2081.
- Dimbylow PJ and Gandhi OP. Finite-Difference Time-Domain Calculations of SAR in a Realistic Heterogeneous Model of the Head for Plane-Wave Exposure from 600 MHz to 3 GHz. *Physics in Medicine and Biology*.1991 Aug; v. 36, n. 1, p.1075-89.
- FCC (Federal Communications Commission). OET (Office of Engineering & Technology) Bulletin 65 2001 Jun Available from: www.fcc.gov/oet/
- Fischetti M. The Cellular Phone Scare. *IEEE Spectrum* 1993 Jun; v.30 n.6, p. 43-47.
- Friis HT. *A Note on a Simple Transmission Formula* Proceedings of *IRE*, v. 34, May 1946.
- Garg R, Bhartia P, Bahl I and Ittipiboon A. *Microstrip Antenna Design Handbook*. London: Artech House; 2001, ISBN: 0-890-06513-6
- Grant LJ. *Practical Aspects of Non-Ionizing Radiation Protection*. Leeds, UK: The Hospital 'Physicists' Association; 1981.
- Holma H and Toskala A, editors. *WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications*. New York: John Wiley & Sons; 2000, ASIN: 0471720518
- ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (Up to 300 GHz). *Health Physics* 1998 Apr; v. 74, n. 4, p. 494-522.
- IEEE/ANSI (The Institute of Electrical and Electronics Engineers/American National Standards Institute). *IEEE C95.1-1991: IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz*. New York: The IEEE Inc.; 1992.
- IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers). *IEEE P.1528: IEEE Recommend Practice for Methods for Testing Specific Absorption Rate (SAR) of Wireless Handsets*. (Draft) New York: The IEEE Inc.; 2001.
- Iskander MF, Yun Z and Quintero-Illera R. Polarization and human body effects on the microwave absorption in a human head exposed to radiation from hand held devices. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 2000 Nov; v. 48, n. 11, p. 1979-87.
- Itália 1998 - Ministerio dell' Ambiente, *Decreto 10 settembre 1998, n° 381 -Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana pubblicato sulla G.U. n° 257, 03 Nov 1998*.
- Jensen MA and Rahmat-Samii Y. EM interaction of handset antennas and a human in personal communications. Proceedings of the IEEE 1995 Jan; v. 83, n. 1, p. 7-17.
- Kaneda N, Deal WR, Qian Y, Waterhouse R and Itoh T. A Broad Band Planar Quasi Yagi Antenna *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 2002 Aug; v. 50, n. 8, p. 1158-60.
- Lazzi G, Furse CM and Gandhi OP. Optimization and Design of Conductivity Profiles for the PML Boundary Condition and Its Application to Bioelectromagnetic Problems. *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium* 1997 Jul 13-18; Montreal (Canada); v.1 p.486-489

Liu QH and He JQ. An efficient PSTD Algorithm for Cylindrical Coordinates. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 2001 Sept; v. 49, n. 9, p. 1349-51.

Mur G. Absorbing boundary conditions for the finite-difference approximation of the time-domain electromagnetic field equations. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility* 1981 Nov; v.23, n.4, p. 377-382.

Nakano H, Yasui H and Yamauchi J. Numerical Analysis of Two Arm Spiral Antennas Printed on a Finite Size Dielectric Substrate. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 2002 Mar; v. 50, n. 3, p. 362-370.

NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences) *Environmental Health Perspectives*, 2003 Apr. Available from: www.ehponline.org (Salford).

Nielsen J, Pedersen G, Olesen K and Kóvacs I. Statistics of Measured Body Loss for Mobile Phones. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 2001 Sept; v. 49, n. 9, p. 1351-3.

Okoniewski M and Stuchly MA. A study of the handset antenna and human body interaction. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 1996 Oct; v. 44, n. 10, p.1855-64.

Romeu J and Soler J. Generalized Sierpinski Fractal Multiband Antenna. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 2001 Aug; v. 49, n. 8, p. 1237-9.

Salles AAA. Efeitos Biológicos dos Telefones Celulares Portáteis. *Revista da Sociedade Brasileira de Telecomunicações* 1996 Dez; v. 11, n. 1, p. 71-80.

Salles AAA, Lisboa JA, Fernández C e Neves ES. Estimativas Teóricas e medidas dos Campos Irradiados por Estações Rádio Base. In: Gomes A editor. SBMO2000. Anais do IX Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica; 2000 Ago 07-11; João Pessoa (PB); 2000: v.1 p.473-477.

Salles AAA, Fernández C e Bonadiman M. Distância da Antena e Potência Absorvida na Cabeça do Usuário de Telefone Celular Portátil. *Revista da Sociedade Brasileira de Telecomunicações* 2001 Jun; v. 16, n. 1, p. 16-28.

Salles AAA, Fernández C e Bonadiman M. Simulação do Campo Distante e da SAR na Cabeça do Usuário do Telefone Celular para Antenas Convencionais e Planares. In: Fontana E and de Oliveira AJB, editors. SBMO2002. Anais do X Simpósio Brasileiro de Microondas e Optoeletrônica; 2002 Ago 12-16; Recife (PE); 2002: v.1 p.347-351.

Salles AAA, Fernández C and Bonadiman M. Far Field, Near Field and SAR Simulation for Cell Phones Operating Close to the Head. In: Fernandes HCC, editors. ITS2002. Proceedings of the IEEE – COMSOC International Telecommunications Symposium; 2002 Sept 8-12; Natal (RN), Brazil; 2002: v.1.

Stuchly MA. Mobile Communication Systems and Biological Effects on their Users. *The Radio Science Bulletin* 1995 Dec; n. 275, p. 7-13.

Suíça 1999 - Switzerland Federal Agency for Environment, Forests and Landscape, *Ordinance on Non-Ionizing Radiation Protection n° 814.710*, December 23, 1999, Art. 64.a.p. 14.

Sullivan D and Young JL. Far Field Time Domain Calculations from Aperture Radiators Using the FDTD Method. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 2001 Mar; v. 49, n.3, p. 464-9.

Taflove A. *Advances in Computational Electrodynamics – the Finite Difference Time Domain Method*. London: Artech House; 1998, ISBN 0-89006-834-8.

Watanabe S, Taki M, Nojima T and Fujiwara O. Characteristics of the SAR Distributions in a Head Exposed to Electromagnetic Fields Radiated by a Hand-Held Portable Radio. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 1996 Oct; v. 44, n. 10, p. 1874-83.

WHO (World Health Organization). *Electromagnetic Fields*. Available from: <http://www.who.int/peh-emf/en/index.html>

WHO (World Health Organization). *Application of the Precautionary Principle to EMF*. European Commission Meeting, 2003, Feb 24-26, Luxembourg Available from: <http://www.who.int/peh-emf/>

**CAPÍTULO I: CAMPOS
ELETROMAGNÉTICOS E CÂNCER:
CONTRIBUIÇÕES DA
EPIDEMIOLOGIA**

Ines Mattos e Sergio Koifman

CAPÍTULO I: CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS E CÂNCER: CONTRIBUIÇÕES DA EPIDEMIOLOGIA

Ines Mattos e Sergio Koifman

RESUMO: A possibilidade de uma associação entre exposição a campos eletromagnéticos de baixa frequência e ocorrência de câncer, em grupos populacionais e de trabalhadores, vem chamando a atenção de grande número de pesquisadores em diferentes países.

Desde a publicação do primeiro estudo que mencionava a possibilidade de tal associação (Wertheimer e Leeper, 1979), têm sido realizadas inúmeras pesquisas sobre este tema, travando-se uma grande discussão, no meio científico, sobre a veracidade, ou não, dos resultados obtidos.

Decorridas mais de duas décadas de intensa investigação e debate, ainda não foi possível chegar a conclusões definitivas sobre essa associação, mas pontos importantes têm emergido dos diferentes estudos realizados.

A discussão deste e dos dois capítulos seguintes pretende familiarizar profissionais de áreas do conhecimento diferentes das ciências biológicas e da saúde, e o público em geral, com a discussão ora travada sobre o estudo da associação entre a exposição aos campos eletromagnéticos e a ocorrência de câncer.

Com essa finalidade, é necessário, inicialmente, introduzir alguns dos conceitos técnicos mais freqüentemente empregados por epidemiologistas e cancerologistas, na investigação desse tema.

Neste capítulo, serão apresentados, inicialmente, conceitos utilizados na análise de estudos epidemiológicos, com o objetivo de introduzir o não especialista na linguagem técnica empregada na segunda parte, onde se faz, à luz da Epidemiologia, uma revisão crítica dessas investigações.

1. EPIDEMIOLOGIA

A Epidemiologia é o campo do conhecimento voltado para a análise das causas e mecanismos relacionados à distribuição das condições de saúde em grupos populacionais humanos e animais (Lilienfeld et al., 1967).

O raciocínio clínico, empregado na Medicina, busca associar sinais e sintomas (ex.: palidez, dor torácica súbita e intensa irradiando-se para o braço esquerdo, suor abundante) com características pessoais (pessoa obesa, sedentária, grande fumante), conduzindo à formulação de um diagnóstico clínico (ataque cardíaco - infarto). A

Epidemiologia, por sua vez, analisa características individuais ou coletivas de grupos populacionais, tentando estabelecer os mecanismos causais das doenças, e dessa forma, propor intervenções que melhorem as condições de saúde das coletividades.

Vários exemplos ilustram as contribuições da Epidemiologia para o conhecimento, como as associações entre hábito de fumar e vários tipos de câncer; entre infecção por rubéola no início da gravidez e o aparecimento de malformações no recém-nascido; entre a presença de níveis elevados de colesterol no sangue e a ocorrência de doenças cardíacas; entre muitos outros. (Gordis, 1997)

A importância da Epidemiologia para o conhecimento em saúde, através da identificação das causas de ocorrência das doenças, tornou-se tão preponderante que, atualmente, qualquer associação de causa-efeito só é considerada como verdadeira quando sustentada por evidências obtidas através de estudos epidemiológicos. É por esta razão que o debate atual, no âmbito epidemiológico, sobre a associação entre a exposição aos campos eletromagnéticos de baixa frequência (CEM) e a ocorrência de câncer assumiu uma importância fundamental para a compreensão aprofundada deste tema.

1.1. O raciocínio epidemiológico

O método epidemiológico é uma aplicação do método científico na análise da distribuição populacional das condições de saúde, e nesse sentido, utiliza modernamente, um conjunto de conhecimentos originários de vários campos do conhecimento, sobretudo da Biologia (Genética, Biologia Molecular, Imunologia, entre outros), da Estatística e das Ciências Sociais.

A ocorrência de eventos (casos de câncer, mortes etc.) é analisada em função de sua frequência relativa nos grupos populacionais de onde se originaram, sendo, para tanto, construídos coeficientes ou taxas específicas dos mesmos.

Os coeficientes mais utilizados em Epidemiologia são os de: **incidência** (razão de casos novos de uma doença pela população exposta ao risco, isto é, passível de adoecer); **prevalência** (total de casos, novos e antigos, de uma doença em relação ao total de expostos ao risco); **mortalidade** (total de óbitos por uma causa de morte em relação aos expostos ao risco); e **letalidade** (razão entre óbitos e o total de casos de uma certa patologia). Esses coeficientes, quando construídos para grupos humanos específicos, tomando em consideração variáveis relacionadas a características: da **pessoa** (sexo, idade, classe social); do **tempo** (variações ao longo dos anos, no sentido de configurarem tendências temporais); e de **lugar** (variações dos coeficientes entre diferentes regiões ou países), permitem a realização de uma análise descritiva da dinâmica, da situação atual e da gravidade de uma doença (Pereira, 2000).

Através da análise descritiva sistemática das variações entre os diferentes coeficientes, os epidemiologistas formulam hipóteses de associação de natureza causal, cuja veracidade será testada em outros estudos, que serão posteriormente abordados. Foi através da observação meramente descritiva de um grande número de casos de

câncer em crianças no Colorado, vivendo em residências com aparente “excesso” de fiação elétrica visível em suas proximidades, que Wertheimer (Wertheimer & Leeper, 1979) suspeitou, inicialmente, da existência de uma associação entre a exposição a CEM e a ocorrência de câncer.

1.2. Estudos descritivos

A influência de certas variáveis demográficas, como o sexo e a idade, é, muitas vezes, tão marcada na distribuição de certas doenças, que a simples comparação de coeficientes entre grupos com perfis heterogêneos para as mesmas torna-se enganosa. Assim, a comparação imediata entre os coeficientes de incidência de arteriosclerose no Brasil e na Suécia poderia conduzir a falsas conclusões, uma vez que a população do país escandinavo é mais idosa que a nossa. Para resolver esse problema, uma alternativa é a comparação entre coeficientes de incidência de doença de grupos populacionais similares (por exemplo, mulheres de 65-74 anos), controlando, dessa maneira, as diferenças demográficas. Uma outra alternativa consiste na construção dos chamados indicadores padronizados (por idade, por sexo ou por qualquer outra variável cujo efeito no cálculo dos indicadores se deseje controlar). Através dos coeficientes ajustados ou padronizados é possível criar indicadores onde a heterogeneidade da variável ajustada (ex., idade) entre os grupos de comparação é controlada, tornando, assim, viável a realização de comparações. (Hennekens & Buring, 1987)

A padronização de coeficientes tem grande aplicabilidade em epidemiologia, através de estudos descritivos com as seguintes denominações e características:

- **Estudos de “SMR”** (*Standardized Mortality Ratio*) - as taxas de mortalidade por certa patologia são padronizadas, com a finalidade de controlar o efeito da idade e/ou sexo sobre essas. Através da padronização, estima-se o número de mortes que seriam esperadas em cada faixa etária, caso aquela população apresentasse as mesmas taxas de mortalidade por idade verificadas num segundo grupo, considerado como padrão. A SMR consiste na razão entre o número de óbitos reais (*observados*) e o número de óbitos estimados (*esperados*).

- **Estudos de “SIR”** (*Standardized Incidence Ratio*) - são similares aos estudos de SMR, porém são utilizadas taxas de incidência, no lugar de taxas de mortalidade.

- **Estudos de “PMR”** (*Proportional Mortality Ratio*) - o número de óbitos esperados pela doença, em cada faixa etária, é estimado através das *proporções* de óbitos por essa mesma doença no grupo padrão, e não através de taxas de mortalidade.

- **Estudos de “PIR”** (*Proportional Incidence Ratio*) - ao invés de taxas de incidência, são utilizadas as *proporções* de incidência da doença em cada faixa etária.

Após o estudo pioneiro de Wertheimer e Leeper (1979), sugerindo uma associação entre exposição a CEM e ocorrência de câncer, foram realizados vários estudos descritivos com as características acima mencionadas, apresentando resultados, por vezes contraditórios, sobre uma ocorrência de óbitos maior do que a esperada, em diferentes grupos ocupacionais expostos (ref).

1.3. Formulando uma Hipótese de Associação Causal

Na Epidemiologia, ao ser levantada uma hipótese de associação de natureza causal entre um determinado fator de exposição e um agravo à saúde, costuma-se considerar algumas condições que, se presentes, sugerem que possa se tratar de uma associação verdadeira, e não apenas fortuita (Hennekens & Buring, 1987). As condições consideradas mais relevantes são:

a. Repetibilidade

As associações de natureza causal costumam ser comprováveis por diferentes estudos, ou seja, os resultados sugestivos da presença de associação são passíveis de serem reproduzidos em outras investigações. Assim, uma associação causal entre exposição a CEM e câncer deveria ser comprovada por diferentes estudos epidemiológicos, metodologicamente bem desenhados e que controlassem possíveis tendências nos grupos de análise.

b. Plausibilidade biológica

O conhecimento científico nem sempre progride na mesma velocidade, nas diferentes áreas de investigação científica, porém uma associação causal, na medida do possível, deve ser sustentada por evidências obtidas em outros campos do conhecimento. Desta maneira, para se conjecturar sobre uma hipótese de associação epidemiológica entre a exposição aos CEM e a ocorrência de câncer é preciso analisar o suporte da Biologia molecular, da Imunologia, da Biofísica, entre outras áreas, para que a mesma ganhe consistência teórica. Nesse sentido, por exemplo, a observação da existência de um maior risco de linfomas em cães cujos donos viviam em residências nas proximidades de fontes de alta tensão elétrica (Reif et al., 1995) reforça a plausibilidade biológica da hipótese de associação entre a exposição aos CEM e a ocorrência de tumores malignos.

c. Magnitude da associação

As estimativas do risco de ocorrência de uma doença devem ser suficientemente elevadas para que se possa acreditar que não tenham sido obtidas devido a fenômenos aleatórios, não relacionados de forma causal à associação de interesse (Gordis, 1996). Quanto mais elevadas forem as estimativas de risco encontradas para a associação em questão, é mais improvável que elas sejam devidas ao acaso.

d. Robustez da associação

A observação de associações causais tende a persistir com distintas metodologias de análise, o que também reforça a opinião de que os resultados encontrados não se devem a artifícios introduzidos pela metodologia empregada ou a características das amostras populacionais estudadas (Hennekens & Buring, 1987). Em resumo, a existência de um conjunto de observações similares qualifica uma associação como sugestiva de apresentar uma natureza causal, ou seja, sugere que o fator de exposição em estudo esteja implicado como causa da doença ou do agravo analisado. Isso não significa que se trate da causa única e isolada do problema, uma vez que os fenômenos biológicos apresentam, freqüentemente, uma relação de multicausalidade. Assim,

existem “*causas suficientes*” (por exemplo, o contato direto com o vírus selvagem da raiva, através de um animal infectado, pode desencadear a doença) e “*causas necessárias*”, que são observada com uma maior freqüência (Rothman, 1998). Em relação aos CEM, o debate sobre sua associação com o desenvolvimento de câncer em determinadas localizações prende-se à veracidade desta associação e, em caso positivo, sobre a sua natureza, como causa necessária e/ou suficiente.

1.4. Testando a veracidade de uma hipótese de associação

Uma vez fortalecida a hipótese de associação causal entre determinado fator de exposição e uma doença, outros tipos de estudos epidemiológicos, especificamente desenhados com o intuito de avaliar a magnitude de associações, costumam ser utilizados. Entre esses, os estudos caso-controle, os estudos de coortes e variações dessas modalidades (estudos caso-controle aninhados numa coorte, estudos caso-coorte etc.)

1.5. Estudos caso-controle

Nesse desenho de estudo, compara-se a freqüência de exposição a um fator de risco de interesse em dois grupos, construídos segundo a presença ou ausência de determinada doença (Hennekens & Buring, 1987). Essa modalidade de estudo é muito útil para a análise de doenças relativamente pouco freqüentes, pois permite a obtenção de informações a partir de grupos de indivíduos que já adoeceram. Caso tivéssemos que acompanhar uma grande quantidade de pessoas sadias até que alguns dentre eles adoessem seria necessário um longo período de tempo. Através de um estudo caso-controle, podemos, por exemplo, comparar a ocorrência de várias exposições ocupacionais (incluindo aquela aos CEM) em um grupo de homens com câncer de mama e outro sem esta doença. Como o câncer masculino de mama é raro, a abordagem desse problema em um estudo caso-controle permite a obtenção de resultados de forma relativamente rápida e pouco custosa. O estudo caso-controle não permite a medição direta da razão de riscos ou risco relativo (RR), mas sim de uma estimativa desse, a “odds ratio” (OR), que compara a ocorrência diferencial de certo fator de exposição em casos e controles (Hennekens & Buring, 1987) A OR estima, portanto, o grau de associação entre o fator de risco de interesse (exposição aos CEM) e a ocorrência do efeito em questão (desenvolvimento de câncer masculino de mama). Embora a magnitude de uma associação possa ser inferida através dos valores das OR, é necessário que ela seja demonstrada em estudos similares, para ser aceita como tal. De forma não conservadora, acredita-se que OR menores que 1,5 sejam muito pequenas, podendo sua observação ser conseqüência de flutuações amostrais. Quando os valores das OR situam-se na faixa $1,5 < OR < 1,9$, são consideradas de pequena magnitude; se contida no intervalo $2,0 < OR < 2,9$, a associação é vista como moderada; na faixa de $3,0 < OR < 3,9$, como elevada; são caracterizadas como muito elevadas aquelas superiores a 4.0 (Pereira, 1996). Como exemplo, em estudos sobre a associação entre o hábito de fumar e a ocorrência de câncer em determinadas localizações, foram observadas OR muito elevadas, da ordem de 20,0 ou mais, para grandes fumantes.

Dois outros aspectos, além da estimação de medidas de associação, são comumente procurados nos estudos caso-controle, bem como em outras modalidades de desenhos epidemiológicos. O primeiro diz respeito ao intervalo de confiança estatística da medida de associação, ou seja, dado o tamanho amostral do estudo, qual seria a distribuição estatística da OR, para um dado nível de significância (geralmente é escolhido um erro de tipo I de 5 %). Assim, associações estatisticamente significativas não incluem a unidade em seu intervalo de confiança, o que fortalece nossa apreciação sobre a magnitude da OR num dado estudo caso-controle, ou do RR num estudo de coortes. Um outro aspecto importante seria observar a existência de um gradiente crescente na magnitude das ORs, à medida em que aumenta o nível de exposição ao fator estudado. Por exemplo, em um estudo realizado na Suécia (Feychting & Ahlbom, 1993), foi observada uma OR de 2,7 para leucemias na infância, no grupo de crianças com exposição residencial a CEM da ordem de 2,0 a 3,0 mG; e uma OR de 3,6 para aquelas com exposição superior a 3,0 mG. Esse gradiente é denominado de “efeito dose-resposta” pelos epidemiologistas, sendo sugestivo da especificidade de uma associação.

Os estudos caso-controle têm como principal limitação metodológica o fato de não ser possível obter, diretamente, RRs, e sim, sua estimativa, através das ORs. Outras limitações, embora não inerentes a este tipo de desenho de estudo, dizem respeito aos vieses ou tendenciosidades (“*bias*” em língua inglesa), introduzidos de forma sistemática na constituição dos grupos de comparação. Os principais vieses que podem acarretar erros sistemáticos na comparação entre casos e controles são aqueles relacionados ao processo de seleção de casos (viés de seleção), de obtenção desigual de informações dos casos e dos controles (viés de informação) e aquele relacionado a níveis heterogêneos de recordação de exposições pregressas entre casos e controles (viés de lembrança ou “*recall bias*”) (Hennekens & Buring, 1987). Entretanto, devido à relativa facilidade para sua organização, baixo custo, e rapidez de execução, os estudos caso-controle vêm tendo grande difusão e contribuíram para o estabelecimento de várias associações causais. Como comentado em relação aos demais modelos de estudos, quaisquer associações levantadas por estudos caso-controle necessitam ser confirmadas por várias investigações que analisem a mesma associação.

1.6. Estudos de coortes

O termo coorte é derivado da denominação dada aos contingentes do exército romano, agrupando soldados, de forma homogênea, em suas legiões. Em epidemiologia, o termo coorte é empregado de duas formas: efeito coorte e estudos de coortes, de significados distintos. Denomina-se *efeito coorte*, a observação de uma certa característica numa população que sofreu uma exposição específica, tornando-a distinta das demais que lhe antecederam (ou sucederam) no tempo (Gordis, 1996). Assim, por exemplo, a incidência de leucemias na população que sobreviveu à bomba atômica lançada em Hiroshima e Nagasaki, em decorrência da intensa exposição à radiação ionizante, é muito maior em qualquer faixa etária considerada, comparativamente à incidência dessa neoplasia em pessoas de mesma idade nascidas anteriormente. Essa “marca” em grupos populacionais, que se mantém ao longo do tempo, consiste no chamado efeito coorte.

Os *estudos de coorte* são uma modalidade de desenho de investigações epidemiológicas, onde a incidência de uma certa doença, ou causa de morte (por exemplo, infarto) é comparada em dois grupos diferenciados pela presença ou ausência do fator de exposição (por exemplo, fumantes e não fumantes), cuja associação causal com a doença seja considerada plausível (Hennekens & Buring, 1987). Ambos os grupos são acompanhados ao longo do tempo, medindo-se a frequência de um determinado efeito (por exemplo, casos de infarto após 30 anos de seguimento). Neste tipo de estudo, a razão de riscos ou risco relativo (RR), que consiste na razão entre a incidência do efeito nos expostos e a incidência do efeito em não expostos (por exemplo, incidência de infarto em fumantes e incidência de infarto em não-fumantes) é obtida diretamente, não sendo necessário estimá-la através da OR, como nos estudos caso-controle. Em estudo realizado com 138.000 trabalhadores do setor elétrico de diferentes companhias americanas (Savitz e Loomis, 1995), acompanhados entre 1970 e 1986, foram identificados todos os casos de câncer em trabalhadores com diferentes níveis de exposição aos CEM, formando, dessa maneira, coortes segundo a exposição ocupacional acumulada. Ao final do seguimento, analisou-se o RR de câncer em diferentes órgãos, de acordo com a exposição, sendo verificada a presença de efeito dose-resposta para câncer de cérebro, segundo níveis crescentes de exposição a CEM em cada coorte.

O RR deve ser diferenciado do risco atribuível (RA), obtido com a diferença das taxas de incidência em expostos e não expostos. O RA é uma medida de associação que informa sobre o efeito absoluto da exposição, ou o excesso de risco de uma doença nos expostos, comparados com os não expostos (Hennekens & Buring, 1987). Assim, embora o RR de câncer de pulmão em relação ao tabagismo seja da ordem de 20 a 25 e o RR de doença coronariana, também em relação ao tabagismo, seja da ordem de 2 a 3 (ambos obtidos através de razões entre taxas de incidência em grande fumantes vs. taxas de incidência em não fumantes), o RA da doença coronariana é maior que o da câncer de pulmão (ambos obtidos através de diferenças de taxas). Com base na análise dessas duas medidas, podemos afirmar que, embora a força de associação entre câncer de pulmão e fumo seja dez vezes maior que aquela entre doença coronariana e fumo, o impacto do controle do tabagismo, na ótica da saúde pública, será maior na redução do número de novos casos de infarto do que na redução dos tumores pulmonares. Deve-se levar em conta essa observação, na análise da associação entre exposição aos CEM e a ocorrência de câncer, pois, embora os RR observados na imensa maioria dos estudos sejam pequenos ou moderados, a difusão dessa forma de exposição leva a um cenário de RA elevado. Caso seja confirmada a existência de uma relação causal, o controle da exposição poderia se traduzir numa importante diminuição de casos novos de câncer.

1.7. Estudos caso-controle aninhados em uma coorte (Nested Case-Control Studies)

Trata-se de uma modalidade híbrida de desenho, entre estudos caso-controle e estudos de coorte (Szklo & Nieto, 2000). O desenho inicial é o de um estudo de coortes, onde dois ou mais grupos são acompanhados ao longo do tempo. Uma vez

concluído o período de seguimento, realiza-se um estudo caso-controle, com todos os casos surgidos ao longo daquele período. Apresenta como vantagem ser possível a certeza de que todos os controles são originários da mesma população de onde se originaram os casos, evitando viés de seleção. Em uma investigação com trabalhadores canadenses e franceses (Theriault et al., 1994), cerca de 20 mil trabalhadores foram acompanhados durante o período de 1970-86, sendo determinadas as exposições ocupacionais a CEM, bem como identificados os casos novos de câncer. Dessa maneira, foi possível realizar um estudo caso controle aninhado, sendo observadas ORs elevadas para leucemias, nos estratos de trabalhadores com maiores níveis de exposição a CEM.

1.8. Estudos de meta-análise

Uma das limitações freqüentemente apontadas em estudos epidemiológicos é a possibilidade de que seus resultados possam estar refletindo a insuficiência do tamanho da amostra de estudo, para detectar a associação de interesse. Os estudos de meta-análise buscam contornar essa dificuldade, através da análise conjunta de vários estudos relativamente similares, dessa maneira ampliando o tamanho da amostra, e, conseqüentemente, diminuindo a variabilidade dos resultados (Rothman, 1998). Embora existam certas restrições conceituais a tais tipos de estudos, uma vez que as condições de cada pesquisa costumam diferir entre si, o seu emprego em Epidemiologia é crescente, permitindo delinear resultados que dificilmente seriam obtidos a partir de uma única investigação epidemiológica em particular. Como exemplo, a meta-análise de Washburn e colaboradores (Washburn et al., 1994), realizada a partir dos dados de 13 estudos epidemiológicos sobre o risco de câncer na infância, associado à proximidade das residências aos equipamentos de transmissão e distribuição da energia elétrica, pode obter as seguintes estimativas de risco: leucemias 1,5 (1,1-2,0); linfomas 1,6 (0,9-2,8); tumores do sistema nervoso 1,9 (1,3-2,7). Em outro estudo de meta-análise sobre a ocorrência de câncer de cérebro em trabalhadores com exposição ocupacional aos CEM, Kheifets e colaboradores (Kheifets et al., 1995) revisaram 29 estudos epidemiológicos, observando um aumento do risco daquele tumor da ordem de 10 a 20%.

Uma vez delineadas as características metodológicas de alguns dos principais modelos de estudos epidemiológicos, passaremos, em seguida, à revisão dos estudos que investigaram as relações entre exposição a CEM e desenvolvimento de câncer.

2. ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS SOBRE CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS DE BAIXA FREQUÊNCIA E CÂNCER

Um dos principais objetivos dos estudos epidemiológicos é determinar a existência de uma associação estatística, possivelmente causal, entre uma exposição, que se acredita possa ter efeitos nocivos em seres humanos e a ocorrência de doença. Poucas associações epidemiológicas têm sido estudadas de forma tão exaustiva,

nas últimas décadas, como a possível associação entre exposição aos campos eletromagnéticos de frequências extremamente baixas (50-60 Hz) sobre o desenvolvimento de algumas localizações de neoplasia.

Esta revisão pretende delimitar os principais rumos que tem assumido a produção científica na área de Epidemiologia, seus principais obstáculos e as conclusões possíveis, à luz dos conhecimentos atuais, assim como as perspectivas de futuras investigações, segundo o meio acadêmico internacional.

2.1. Antecedentes

A ocorrência de efeitos biológicos decorrentes da exposição à eletricidade originou-se em estudos realizados na antiga União Soviética, na década de 60 (Asanova e Rakov, 1966), porém a primeira menção quanto a uma possível associação entre esta exposição e o desenvolvimento de câncer surgiu uma década após (Wertheimer e Leeper, 1979).

A suspeita sobre essa possível associação surgiu relativamente ao acaso, a partir de um trabalho minucioso e sistemático de coleta de dados sobre as características de crianças que haviam desenvolvido câncer em Denver, Colorado. Entre as informações compiladas, encontravam-se várias características ambientais relativas aos domicílios das crianças, sendo observada uma frequência inusitada de fiação elétrica nas proximidades dos mesmos. A partir dessa constatação, Wertheimer e Leeper desenharam um engenhoso sistema de estratificação da configuração elétrica exterior às residências, com base na distância dos domicílios às fontes de energia elétrica (linhas de transmissão, subestações, transformadores, etc.) bem como na provável densidade de campo magnético no ambiente peridomiciliar. Essa classificação, até hoje conhecida como *código de configuração elétrica*, permitiu a realização de um estudo caso-controle, onde foi observado um excesso de casos de câncer em crianças que viviam em domicílios próximos ao que os pesquisadores denominaram de áreas de “configuração elétrica elevada” (Wertheimer e Leeper, 1979). Comparando a ocorrência de câncer entre os estratos de maior/menor configuração elétrica, verificaram uma odds ratio (OR) de 2,2 (IC 95% 1,6-3,1) para o conjunto de localizações de câncer, uma OR de 3,0 (1,8-4,9) para leucemias e de 2,4 (1,2-5,0) para tumores de cérebro.

Estes resultados foram recebidos com ceticismo no meio científico, uma vez que a radiação nos níveis de 50-60 Hz sempre fora considerada como segura (Thériault, 1992). A primeira vista, não parecia que os campos eletromagnéticos (CEM) pudessem causar qualquer efeito nocivo à saúde humana, particularmente porque essa radiação não tem energia suficiente para lesar diretamente o DNA e, portanto, em princípio, não poderia iniciar um processo de carcinogênese (ICNIRP, 2001). Por outro lado, foram apontadas algumas falhas metodológicas no estudo de Wertheimer e Leeper, relacionadas à determinação indireta da exposição e à seleção do grupo de controles (Ahlbom, 1988; Coleman & Beral, 1988; Savitz et al, 1989; Poole & Trichopoulos, 1991).

A despeito dessas e outras questões, a preocupação com possíveis efeitos nocivos dos CEM fez com que, a partir de 1980, se iniciasse um intenso esforço de

pesquisa nessa área, tanto em relação a possíveis associações com câncer, em crianças e adultos, como em relação a doenças cardiovasculares, neurológicas e psicológicas em adultos, além de desfechos reprodutivos (NRBP, 2001).

A pesquisa voltada para a análise da associação entre CEM e câncer, após a publicação inicial do trabalho de Wertheimer e Leeper, pode, de uma maneira geral, ser agrupada em diferentes etapas com características metodológicas marcadamente distintas.

2.2. Estudos epidemiológicos da etapa inicial

Essa etapa foi caracterizada por uma série de estudos epidemiológicos descritivos, e alguns analíticos, com metodologias distintas (PMR, PIR, estudos caso-controle), tanto de natureza ocupacional como residencial, mas sem a realização de medições diretas da exposição aos CEM.

Vários desses estudos evidenciaram aumentos na incidência e mortalidade, sobretudo por leucemias e tumores de cérebro, mas também linfomas não-Hodgkin, melanoma e câncer masculino de mama, em diferentes grupos de trabalhadores com exposição potencial aos CEM (radioamadores, trabalhadores do setor elétrico, de telefonia, entre outros) e em áreas residenciais situadas nas proximidades de fontes de alta tensão elétrica (Milham, 1982; Wright, 1982; Matanoski et al, 1991; Speers et al, 1988; Tomenius, 1986).

Neste período, incluem-se também alguns estudos observacionais analíticos, conduzidos em diferentes países, nos quais a exposição aos CEM foi estimada de forma indireta, principalmente através do emprego do *código de configuração elétrica* de Wertheimer e Leeper (1979) e da análise da rubrica referente à atividade profissional do trabalhador (Wertheimer & Leeper, 1982; Wiklund et al, 1981; Vagero & Olin, 1983; Lin et al, 1985.)

Extensas revisões sobre os estudos epidemiológicos desse período inicial foram publicadas por Sheikh (1986), Savitz e Calle (1987), Coleman e Beral (1988), Ahlbom (1988), Savitz e colaboradores (1989), Bates (1991) e Jauchem e Merrit (1991). Pode-se dizer que, em seu conjunto, os estudos descritivos e analíticos desta primeira etapa revelaram uma relativa consistência da associação entre a exposição aos CEM e câncer, uma vez que utilizaram metodologias distintas, foram conduzidos em diferentes países, com populações heterogêneas. Embora inconclusivos, seus resultados não permitiam afastar a hipótese de que a associação observada fosse de natureza causal, uma vez que a análise conjunta destes mostrava uma certa direcionalidade, evidenciando uma tendência ao predomínio de pequenas elevações no risco de algumas neoplasias, sobretudo leucemias e tumores de cérebro, nos grupos expostos.

Os estudos dessa etapa revelaram, em geral, estimativas de risco reduzidas ou moderadas (menores que 3,0), obtidas através de diferentes metodologias como SMR, PIR, PMR e OR (Savitz & Ahlbom, 1993). Não foram observadas associações fortes, com valores da ordem de 20,0, como encontrado nos estudos de câncer de pulmão e hábito de fumar, ou mesmo da ordem de 8,0 para acidentes tromboembólicos em mulheres jovens fumantes e fazendo uso de anticoncepcionais orais. Entretanto, dado

que a exposição aos CEM é disseminada nas sociedades industriais contemporâneas, o alto risco atribuível decorrente desta possível associação tornava importante a continuidade dos estudos nessa área do conhecimento, pois, caso confirmada sua veracidade, uma importante proporção de novos casos de leucemia, tumores de cérebro e, talvez, de outras neoplasias poderia ser evitada, com o controle da exposição.

A debilidade metodológica mais importante deste conjunto de estudos residia no fato de que seus resultados não eram sustentados por uma clara definição da exposição a que as populações estudadas estiveram submetidas ao longo do tempo, seja através de medidas acuradas dos níveis de CEM, bem como de outras possíveis variáveis de confundimento, que poderiam estar distorcendo os resultados encontrados.

2.3. Estudos epidemiológicos da segunda etapa

O número de trabalhos relacionados a possíveis efeitos dos CEM no desenvolvimento de câncer continuou crescendo, após essa etapa inicial, tanto na área de Epidemiologia, como na área de pesquisa básica. Especificamente com relação aos estudos epidemiológicos, essa etapa pode ser caracterizada por um aprimoramento da qualidade dos trabalhos publicados, propiciando uma melhor análise dos resultados observados.

Considerando *exposição* como a ocorrência, concomitante no tempo e no espaço, de um agente capaz de produzir doença, bem como de indivíduos que são por ele afetados (Patterson, 1991), o principal objetivo da realização de medições dos CEM tem sido o de prever, com razoável confiabilidade, os níveis aos quais determinados grupos populacionais, principalmente crianças e trabalhadores, têm sido expostos. Na ausência de um marcador de fácil operacionalização para monitorar os efeitos biológicos dos CEM, vários modelos de dosímetros foram desenvolvidos, com complexidade crescente, incluindo a medição da interação dos CEM com o campo geomagnético da Terra (Bowman et al., 1992) e a de picos intermitentes de alta intensidade na passagem da corrente elétrica, "*transient fields*" (Heroux, 1991). Os dosímetros atualmente existentes permitem a realização de medições relativamente precisas das exposições atuais, mas apresentam uma importante debilidade para estudos epidemiológicos, uma vez que não informam sobre exposições progressas aos CEM. As medições dos CEM hoje realizadas não são, necessariamente, representativas de exposições ocorridas no passado, uma vez que podem ter ocorrido modificações sazonais, ou mesmo importantes variações no fluxo de energia elétrica, ao longo do tempo.

Alguns dosímetros permitem o acúmulo de informações sobre os CEM, que são armazenadas na sua memória, possibilitando sua leitura posterior e a análise através de microcomputadores. Assim, distribuições ao longo de períodos variáveis de tempo podem ser obtidas e analisadas, comparando-as com aquelas atividades ou locais percorridos nos mesmos períodos. Estudos dessa natureza, realizados com crianças carregando dosímetros ininterruptamente no interior de mochilas, revelaram,

por exemplo, ser o quarto da criança um dos locais mais fidedignos na estimação da exposição real por elas experimentadas (Donnelly & Agnew, 1991).

Nessa segunda fase, foram conduzidos estudos incluindo medições pontuais, ou durante 24 horas, nas dependências interiores das residências de casos de câncer assim como naquelas de seus controles (algumas com todos os aparelhos eletrodomésticos ligados/desligados), bem como no ambiente externo peridomiciliar, paralelamente à determinação indireta da exposição através da aplicação do *s código de configuração elétrica* de Wertheimer-Leeper.

Os primeiros estudos epidemiológicos realizados nessa etapa (Tomenius, 1986; Savitz et al., 1988; Severson et al., 1988; London et al., 1991) revelaram-se, entretanto, surpreendentes, pois, ao contrário dos estudos iniciais que apontavam uma associação moderada entre a exposição aos CEM e a ocorrência de câncer, revelaram ausência de associação, ou uma associação fraca, quando se utilizavam medidas diretas de exposição. Por outro lado, a associação se mostrava presente, em alguns desses mesmos estudos, quando a exposição era determinada através do *código de configuração elétrica* (Thériault, 1992).

A investigação de London e colaboradores (London et al, 1991), realizada em Los Angeles, Estados Unidos, merece ser destacada, pois trata-se de um trabalho bastante completo e abrangente sobre exposição residencial em crianças, com um excelente desenho metodológico. Nesse estudo caso-controle, a exposição a CEM de 232 casos de leucemia, e do mesmo número de controles, foi analisada através da realização de medições nas residências. Não foram observadas associações entre leucemia e os campos elétricos medidos. Com relação aos campos magnéticos, foi obtida um OR de 1,5 (IC 95% 0,7-3,3) para a categoria com maior grau de exposição. Ao utilizar, entretanto, a classificação de linhas de transmissão e distribuição de Wertheimer e Leeper (Wertheimer e Leeper, 1979, 1981), os autores encontraram um OR de 2,3 (IC 95% 1,1-4,3), observando um gradiente dose-resposta entre as categorias de maior a menor exposição. Uma crítica ao trabalho de London e colaboradores tem relação com a forma de seleção de seus controles. Existem relatos de que a seleção aleatória por ligações telefônicas (*randon digit dialing*) pode conduzir a uma sub-representação, no grupo de controles, de pessoas de nível sócio-econômico mais baixo (Savitz et al, 1993). Até o momento, se desconhece alguma relação entre nível sócio-econômico e exposição a campos magnéticos; entretanto, como todos os resultados que relacionam a leucemia na infância à exposição a campos magnéticos foram obtidos em estudos de caso-controle, a seleção de controles é um aspecto relevante que precisa ser considerado.

Embora os quatro estudos acima mencionados tivessem sido executados com características metodológicas distintas (população alvo de estudo, faixa etária, percentual de recusa de participação, mobilidade das famílias, etc.), eles aportaram um conjunto de novas informações que podem ser parcialmente úteis, na interpretação da associação entre a exposição aos CEM e o desenvolvimento de câncer. Assim, embora as médias de exposição aos CEM em casos e controles dos quatro

estudos sejam muito similares (0,69 mG nos casos e 0,68 nos controles, no estudo de Tomenius; 0,89 e 0,69, respectivamente, no de Savitz e colaboradores; 1,14 e 1,15 no de London e co-autores), quando os pontos extremos da distribuição da exposição aos campos magnéticos são comparados, pode ser observada a presença de odds ratios moderadamente elevadas: OR de 2,1 (1,1-3,9) para todas as neoplasias em menores de 18 anos, comparando-se aqueles com exposição maior vs. menor a 3,0 mG (Tomenius); OR de 1,93 (0,67-5,56) para leucemias em menores de 15 anos em grupos com exposição maior vs. menor a 2,0 mG (Savitz); e OR de 1,48 (0,66 - 3,29) para leucemias em menores de 10 anos, comparando-se níveis de exposição maiores que 2,7 mG com aqueles inferiores a 0,7 mG (London). Por outro lado, esses resultados são concordantes com aqueles estimados nos mesmos estudos através do *código de configuração elétrica* de Wertheimer-Leeper: OR de 2,15 (1,08-4,33) no estudo de Tomenius; OR de 1,57 (1,00-2,45) no estudo de Savitz e colaboradores; OR de 1,68 (1,12-2,53) no estudo de London e co-autores (Koifman & Theriault, 1994)

O achado de uma associação entre leucemia e classificação de linhas e a falha em observá-la quando a exposição era determinada pelas intensidades de campos magnéticos medidos nas residências, trouxe ao debate a questão de qual tipo de medida refletiria melhor uma exposição progressiva.

Diversos tipos de medidas de intensidade de exposição aos CEM foram analisados. Savitz e colaboradores (Savitz et al., 1993) avaliam que as medições instantâneas dos campos magnéticos, ou mesmo as medições de 24 horas, refletiriam, no máximo, os níveis médios de exposição, mas não refletiriam necessariamente, as flutuações, como possíveis picos de intensidade ou outros atributos desses campos, que pudessem ser potencialmente relevantes para o desenvolvimento da doença. Decorridos muitos anos, desde o trabalho inicial de Wertheimer e Leeper, durante os quais um extenso número de estudos foi realizado, o *código de configuração elétrica* tem sido confirmado como um importante preditor da ocorrência de um excesso de tumores em grupos humanos. Segundo Kaune e Zaffanella (1994), o *código de configuração elétrica* “venceu o teste do tempo”, embora isso não signifique, necessariamente, que ele não seja afetado por fatores de confundimento (proximidade das linhas de transmissão às rodovias, baixo nível sócio econômico dos grupos que vivem nas proximidades das fontes de alta tensão, entre outros).

Uma série de estudos para determinar os níveis de exposição em trabalhadores eletricitários foram realizados, confirmando a premissa de que, em média, eles estão submetidos a níveis de exposição mais elevados, embora tenha sido observada uma grande diversidade desses valores, segundo a atividade exercida (Deadman et al., 1991; Armstrong et al., 1990). Inquéritos realizados com grupos desses trabalhadores revelaram que as maiores exposições aos campos magnéticos foram observadas com os trabalhadores de subestações (mediana de 7,1 mG), do setor de transmissão (mediana de 3,5 mG) e do setor de geração elétrica (mediana de 3,1 mG), comparando-se com empregados administrativos (mediana de 1,1 mG).

Entretanto, da mesma forma que em relação à exposição residencial, os pesquisadores vêm procurando selecionar o parâmetro que melhor representa a exposição, dentro dos diversos tipos de medidas que podem ser obtidos. Nos trabalhos mais relevantes, até então publicados, na área ocupacional, os autores haviam incorporado as medidas de exposição obtidas em matrizes de exposição/trabalho, onde as diferentes ocupações do setor elétrico eram agrupadas, de acordo com similaridades no nível de exposição. As matrizes exposição/trabalho permitiam examinar os riscos associados a diferentes parâmetros de exposição, selecionando o mais adequado para descrevê-la e, segundo Savitz e co-autores (Savitz et al, 1993) reduziam o potencial de classificação não diferencial, permitindo que fosse observada uma associação mais forte entre a exposição e a doença.

Ainda na década de 80, Stevens (Stevens, 1987) levantou a hipótese de que a exposição prolongada aos CEM poderia suprimir o aumento fisiológico de melatonina no sangue, que ocorre no período noturno. Com base nessa hipótese, e em estudos experimentais que haviam demonstrado que essa substância poderia modular o desenvolvimento de tumores mamários (El-Domeiri & Das Gupta, 1973; Tamarkin et al, 1981; Shah et al, 1984), Demers e co-autores (Demers et al, 1991) realizaram um estudo com metodologia de caso-controle, para analisar a exposição aos CEM em relação a essa neoplasia. Utilizando dados de Registros Populacionais de Câncer de 10 estados americanos, os autores identificaram 227 casos de câncer de mama em homens, diagnosticados no período 1983-1987. Os controles, em número de 300, foram selecionados, de maneira aleatória, através de ligações telefônicas e por listas de pessoas filiadas a empresas de seguro-saúde. A exposição potencial aos CEM foi determinada sem o conhecimento de quem eram os casos e os controles, através das respostas fornecidas a um questionário, que levantava dados bastante completos sobre a história ocupacional dos indivíduos, incluindo potenciais fatores de risco e duração do emprego. Foi observada uma OR de 1,8 (IC 95% 1,0-3,7) para o conjunto de ocupações que envolviam qualquer tipo de exposição a campos eletromagnéticos. Para alguns grupos de ocupações foram encontrados riscos mais elevados, como, foi o caso do grupo formado por eletricitistas, trabalhadores de linhas telefônicas e operadores de usinas geradoras de eletricidade (OR 6,0; IC 95% 1,7-21,0), assim como daquele constituído por profissionais de rádio e comunicações (OR 2,9; IC 95% 0,8-10,0). A utilização de uma medida indireta de exposição, no caso a ocupação, é uma debilidade desse estudo. A seleção de controles através de ligações telefônicas, ainda que aleatória, poderia também ter introduzido um viés no estudo, levando à constituição de um grupo de melhor nível sócio-econômico, conforme já foi discutido. Segundo Savitz e colaboradores (Savitz et al, 1993), embora os componentes que embasam a hipótese da melatonina possam ser discutíveis, existe suficiente plausibilidade biológica para que o tema seja alvo de outros estudos epidemiológicos.

A segunda etapa caracteriza-se por estudos epidemiológicos metodologicamente mais cuidadosos. Embora respostas definitivas em relação à questão da associação entre exposição aos CEM e o desenvolvimento do câncer ainda não estivessem disponíveis, os resultados dessas investigações conduziram a uma situação na qual a possibilidade de uma associação causal entre ambos não podia ser descartada, atri-

buída a um mero efeito de tendenciosidades em seu desenho (viés de seleção), ou de relações entre as variáveis analisadas (confundimento). Por outro lado, uma característica comum a quase totalidade desses estudos residia no fato de que o número de casos de câncer estudados em cada investigação era relativamente reduzido e, conseqüentemente, as estimativas de risco relativo obtidas apresentavam grande variabilidade em seus intervalos de confiança, com freqüência incluindo a unidade.

Desta maneira, iniciou-se uma terceira etapa de pesquisas, incluindo medições diretas dos CEM, mas caracterizadas por analisar grandes grupos populacionais ou de trabalhadores do setor elétrico, com o objetivo de garantir o poder estatístico dos estudos, ou seja, a sua capacidade de encontrar uma associação estatisticamente significativa entre essa exposição e a ocorrência de câncer.

2.4. Estudos epidemiológicos da terceira etapa

Três grandes estudos epidemiológicos devem ser destacados nessa etapa. São eles, o estudo caso-controle aninhado de Feychting e Ahlbom (1993), onde aproximadamente 500.000 pessoas que viviam nas proximidades de linhas de transmissão, na Suécia, foram acompanhadas retrospectivamente, desde o início dos anos 70, para avaliar a incidência de câncer em casos e controles, sendo a exposição definida em função da maior ou menor proximidade às linhas de transmissão; o estudo de Thériault e co-autores (1994), também com um desenho caso-controle aninhado, que avaliou a incidência de câncer em aproximadamente 20.000 trabalhadores de duas companhias canadenses do setor elétrico (Hydro-Québec e Ontario-Hydro) e da companhia esta-tal francesa Electricité de France; o estudo de Savitz e Loomis (1995), avaliando a incidência de câncer em 138.000 trabalhadores de empresas norte-americanas do setor elétrico.

Feychting e Ahlbom (Feychting & Ahlbom, 1993) estudaram todos os indivíduos menores de 16 anos, que viveram em propriedades localizadas a até 300 metros de linhas de transmissão de 220 e 400 kV, na Suécia, no período 1960-1985. Entre esse grupo de pessoas, foram encontrados 142 casos de câncer, sendo 39 leucemias e 33 tumores do sistema nervoso central. Da mesma base de estudo foram selecionados, aleatoriamente, 558 controles. A exposição aos CEM foi determinada por medições pontuais e através do cálculo dos campos magnéticos gerados pelas linhas de transmissão, considerando a distância, a configuração da linha e a intensidade de carga. Na Suécia, existe disponibilidade da informação relacionada à intensidade de fluxo da eletricidade em cada linha, para cada período de tempo de interesse, sendo possível calcular a exposição aos campos magnéticos durante os anos mais próximos ao diagnóstico. Para leucemia, os autores observaram uma OR de 2,7 (IC 95% 1,0-6,3) para intensidades de exposição igum A determinação da exposição pregressa aos campos magnéticos é ainda um desafio para a Epidemiologia. Entretanto, o estudo de Feychting e Ahlbom sugere que uma combinação de características da linha de transmissão e a intensidade de carga que a percorre podem ser os

pontos mais importantes a serem considerados, ao se tentar determinar essa exposição. A principal dificuldade é, no entanto, a não disponibilidade de registros de intensidade de carga em linhas de alta tensão na maioria dos países. Por outro lado, sendo o câncer infantil uma doença rara, é praticamente impossível realizar um estudo prospectivo, onde tais medidas seriam registradas.

O estudo epidemiológico realizado por Thériault e colaboradores (Thériault et al, 1994), analisando trabalhadores eletricitários foi considerado como um dos trabalhos de maior consistência, em termos metodológicos, dentre os publicados até aquele momento (Savitz e Loomis, 1995). Os autores utilizaram um desenho de caso-controle aninhado em três coortes de trabalhadores eletricitários (uma na França e duas no Canadá), estimando a exposição cumulativa aos campos magnéticos com base em medições da exposição atual, através de dosímetros. Estimativas da exposição pregressa foram também calculadas. Nesse estudo, foi observado um risco maior de desenvolver leucemia aguda (mielóide e linfocítica), entre os trabalhadores com exposição cumulativa aos campos magnéticos maior do que a mediana observada para o grupo como um todo. Não foram observados, entretanto, gradientes dose-resposta. Foi encontrada uma associação não estatisticamente significativa para câncer de cérebro, no grupo de trabalhadores que se encontravam no percentil mais elevado de exposição. Os resultados não se modificaram quando ajustados para possíveis fatores de confundimento. Entre esses fatores, foram examinados diversos carcinógenos presentes no ambiente de trabalho dos eletricitários, sendo as estimativas de exposição a esses agentes calculadas com o auxílio de peritos e antigos trabalhadores das companhias de eletricidade.

Savitz e Loomis (1995) realizaram um estudo de coorte histórica analisando a mortalidade de 138.905 trabalhadores de companhias de energia elétrica dos Estados Unidos. A exposição foi determinada através da relação das histórias ocupacionais desses trabalhadores com um número elevado de medições de intensidades de campos magnéticos que foram efetuadas, através de dosímetros, durante a jornada de trabalho. Os autores identificaram uma elevação do risco de morrer por câncer de cérebro, diretamente proporcional ao aumento da exposição cumulativa aos campos magnéticos, com estimativas de OR que variaram entre 1,5 e 2,5. Não foi encontrada, entretanto, nenhuma associação com leucemia. Os resultados mantiveram-se, quando foram considerados possíveis fatores de distorção.

Savitz e co-autores (Savitz et al, 1993) salientam que a avaliação de outros agentes carcinógenos do ambiente ocupacional dos eletricitários, que foi realizada nos estudos epidemiológicos dessa etapa é um caminho importante que deve ser seguido nesse campo de estudo, para que se possa demonstrar, de forma clara, a influência da exposição aos CEM no desenvolvimento de neoplasias em localizações específicas. Os autores destacam também a necessidade de um refinamento ainda maior das medidas de exposição, tanto residenciais, quanto ocupacionais, para se que possa contar com uma reconstrução, o mais fidedigna possível, da exposição pregressa dos indivíduos dos indivíduos que constituem as populações de estudo.

Os resultados desses estudos epidemiológicos, cuidadosamente desenhados, do ponto de vista metodológico, para serem capazes de detectar possíveis elevações no risco de câncer em função da exposição aos CEM, ou seja, dispondo de grandes

amostras populacionais sob observação, com uma clara definição da base de estudos de onde se originaram casos e controles, garantindo, assim, a comparabilidade desses, assim como controlando variáveis possivelmente intervenientes na associação sob estudo, possibilitam algumas conclusões.

A primeira, diz respeito ao fato de que não pode ser afastada a hipótese da existência de associação causal entre a exposição aos CEM e a ocorrência de câncer, sobretudo leucemias e câncer de cérebro. Mesmo considerando a heterogeneidade dos resultados desses estudos, é muito pouco provável que os mesmos possam ser atribuídos a flutuações amostrais, ou seja, que novas investigações, igualmente criteriosas, e contando com alguns milhares de indivíduos sob observação, venham a produzir resultados que revelem ausência de associação.

A segunda conclusão relaciona-se à magnitude de associação entre a exposição aos CEM e o desenvolvimento de câncer. Caso seja futuramente comprovada, a associação não parece ser muito elevada, tendo em vista os resultados do conjunto de pesquisas realizadas. Contudo, é importante lembrar que o risco atribuível da mesma pode ser elevado, tendo em vista a diversidade de fontes de exposição aos CEM existentes nas sociedades industrializadas.

2.5. Estudos epidemiológicos mais recentes

Os estudos epidemiológicos realizados em anos mais recentes, de modo geral, foram conduzidos com um número bastante elevado de participantes, buscaram superar limitações metodológicas das investigações anteriormente realizadas e coletaram informações sobre uma ampla variedade de possíveis variáveis de confundimento. Em relação às neoplasias da infância, a atenção se centrou, principalmente, nas leucemias. Quanto ao câncer em adultos, observou-se, no campo das exposições residenciais uma retomada das investigações sobre tumores de mama. Nessa etapa foram publicados alguns estudos de revisão e de meta-análise que enfocaram, basicamente, as leucemias infantis.

Tynes e Haldorsen (1997) realizaram um estudo caso-controle com crianças de 0 a 14 anos, com 523 casos de câncer e 2112 controles, onde a exposição foi determinada, principalmente, em base a estimativas dos campos magnéticos derivadas da média anual da carga histórica do sistema elétrico da Noruega. Não foram observadas associações estatisticamente significativas para leucemias, tumores de cérebro e linfomas, ao se utilizar essas estimativas, assim como ao se considerar a distância entre as linhas de eletricidade e a residência da criança.

A associação entre exposição residencial aos CEM e leucemia linfocítica aguda (LLA) em crianças menores de 15 anos foi estudada por Linet e colaboradores (Linet et al, 1997), nos Estados Unidos. A população de estudo foi constituída de 767 casos, residentes em 9 estados americanos e diagnosticados no período 1989-1994; e por 725 controles selecionados aleatoriamente por ligação telefônica. A exposição foi determinada através da medição dos campos magnéticos no quarto da criança em todas as residências onde ela havia residido pelo menos por 6 meses, sendo calcula-

da uma medida resumo que consistia na média ponderada dos valores observados. Para exposição maior ou igual a $0,2 \mu\text{T}$, foi observada uma estimativa de risco de 1,2 (0,86-1,8); para exposições iguais ou maiores do que $3 \mu\text{T}$, essa estimativa correspondeu a 1,7 (1,0-2,9). O ajustamento por variáveis potenciais de confundimento praticamente não teve efeito sobre o valor dessas estimativas. Além de um possível viés de seleção devido ao método empregado para seleção do grupo controle, esse estudo foi criticado devido ao critério utilizado para determinar a exposição. A média ponderada dos valores das medições realizadas em diferentes domicílios ocupados pelas crianças poderia ter diluído o efeito, como, por exemplo, altas exposições por períodos curtos de tempo e exposições de menor intensidade por longos períodos compondo uma medida média única.

Dois estudos caso-controle de base populacional foram realizados na Alemanha (Michaelis et al., 1997,1998) para explorar a associação entre CEM e leucemias na infância (menores de 15 anos). A exposição foi determinada por medidas pontuais e medições de 24 horas dos campos magnéticos no quarto das crianças. Com base na mediana da intensidade dos campos magnéticos medidos no período noturno, os autores encontraram uma OR de 3,8 (1,2-12,0) para um ponto de corte de $0,2 \mu\text{T}$. Não foram observadas associações em relação às medidas pontuais. As principais limitações que têm sido apontadas nesses dois estudos se relacionam ao baixo percentual de indivíduos da população expostos a campos magnéticos de intensidades superiores a $0,2 \mu\text{T}$, o tamanho reduzido da amostra do estudo, devido a não obtenção de permissão para medir os campos magnéticos nas residências das crianças e um percentual menor de participação entre os controles, em comparação com os casos.

McBride e colaboradores (McBride et al., 1999) analisaram casos de leucemia ocorridos entre 1990-94, residentes num raio de 100 km das principais cidades de uma série de províncias canadenses. Os controles foram selecionados aleatoriamente a partir do cadastro de seguridade social de cada província. A exposição foi determinada através de medição individual, de 48 horas, dos campos elétricos e magnéticos através de dosímetro, além de uma medição de 24 horas no quarto da criança. Não foram observadas estimativas de risco significativamente elevadas, com base em diferentes percentis de exposição. Ao considerar como ponto de corte um valor maior ou igual a $0,2 \mu\text{T}$, a estimativa de risco ajustada foi de 1,12 (0,69-1,80).

Em um estudo epidemiológico realizado no Reino Unido (UKCCS, 2000), a principal hipótese foi a de crianças de 0 a 14 anos com exposições médias de $0,2 \mu\text{T}$ ou mais, no ano anterior ao diagnóstico, teriam maior risco de desenvolver leucemia linfocítica aguda (LLA) e tumores do sistema nervoso central, em comparação com crianças com exposições médias inferiores a $0,1 \mu\text{T}$. Um total de 2283 pares de casos e controles pareados por sexo e data do nascimento formaram a população de estudo. As medições foram realizadas após o período de interesse e consistiram de duas aferições pontuais no quarto da criança e uma medição na sala de estar, durante 90 minutos. Para LLA e o conjunto de leucemias, foram observadas estimativas de risco ajustadas de 1,51 (0,25-9,18) e de 1,68 (0,40-7,10), respectivamente, para níveis de exposição iguais ou maiores que $0,4 \mu\text{T}$, porém, ao contrário de outros estudos, não foi verificado

um maior risco associado com a exposição a níveis iguais ou maiores do que $0,2 \mu\text{T}$. Em relação a tumores do sistema nervoso, não foram observadas associações. Nesse estudo foram também examinadas as distâncias entre as instalações elétricas e as residências dos indivíduos, assim como estimadas medidas de exposição aos campos magnéticos, com base na carga do sistema, não sendo observada a presença de associações.

Intensos esforços foram empregados por pesquisadores para sintetizar, em termos quantitativos, os resultados dos diferentes estudos realizados nessa área de investigação. Utilizando dados de estudos realizados em seis países da Europa, um estudo dos Estados Unidos, um do Canadá e um conduzido na Nova Zelândia, Ahlbom e colaboradores (Ahlbom et al., 2000) observaram um risco relativo estimado de 2,0 (1,27-3,13) para leucemia na infância, com intensidades de campo de $0,4 \mu\text{T}$ ou mais vs menos de $0,1 \mu\text{T}$. O ajustamento para possíveis variáveis de confundimento praticamente não modificou os resultados observados. Os autores destacam que essa estimativa de risco era pouco afetada, ao se fazer a exclusão de qualquer um dos estudos considerados, o que indicaria uma razoável consistência dos mesmos. Uma análise em separado dos estudos em que a determinação da exposição deve como base a mensuração dos CEM e daqueles em que essa foi estimada através de cálculos com base na carga do sistema, não mostrou diferenças significativas entre os mesmos, ambos mostrando um maior risco de leucemia com exposições iguais ou maiores que $0,4 \mu\text{T}$.

Greenland e co-autores (Greenland et al., 2000) analisaram 15 estudos epidemiológicos, entre eles, alguns estudos realizados nos Estados Unidos, utilizando o *código de configuração elétrica*, verificando um risco relativo de 1,7 (1,2-2,3), para intensidades de campo maiores que $0,3 \mu\text{T}$ vs intensidade menor que $0,1 \mu\text{T}$. Da mesma forma que no estudo de Ahlbom e colaboradores (Ahlbom et al., 2000), os pesquisadores concluíram que a análise isolada de estudos cuja determinação da exposição foi baseada em mensurações ou no cálculo das intensidades dos campos não introduzia diferenças no resultado observado e que o ajuste para variáveis de confundimento não modificou o valor da estimativa de risco calculada.

Wartenberg (1998) realizou um estudo de meta-análise, com base no cálculo das medidas de risco referidas pelos pesquisadores originais. O autor utilizou o critério de exposição para subdividir os estudos em grupos, segundo a forma de determinação desta (intensidades de campo magnético calculadas ou mensuradas vs *código de configuração elétrica* ou distância das linhas). A seguir, formou pares de indivíduos contrastantes, com base em uma série de critérios, entre eles metodologia do estudo (caso-controle ou coorte), país de origem (EUA ou outro) e ano de publicação (antes de 1993 ou de 1993 em diante). Os dados obtidos através de medições ou cálculos de intensidade de campos exibiram um nível razoável de homogeneidade e nenhum dos critérios de distinção se mostrou associado à divergência no valor de risco relativo observado. O risco relativo para verificado para esse grupo de estudos foi de 1,34 (1,07-1,67), sendo demonstrado um incremento de 1,1 no valor do risco para um correspondente aumento de $0,1 \mu\text{T}$ na intensidade de campo. Os resultados dessa meta-análise suportam as con-

clusões de estudos de Ahlbom e colaboradores (2000) e de Greenland e co-autores (2000).

Os estudos epidemiológicos mais recentes sobre leucemias na infância reforçam as evidências obtidas nas investigações realizadas em etapas anteriores, apontando para um possível efeito, embora relativamente pequeno, da exposição prolongada a níveis elevados de CEM sobre o risco de leucemia nesse grupo etário. Todavia, justamente em função desse aumento relativamente pequeno do risco, é necessário destacar que, em alguns desses estudos ainda permanece o problema da comparabilidade de casos e controles, como, por exemplo, no estudo de Linet e colaboradores (Linet et al., 1997), onde o grupo de controles foi selecionado a partir de um inquérito populacional por telefone, realizado previamente, o que poderia ter introduzido viés de seleção, relacionado aos diferentes fatores que interferem na decisão de um indivíduo de participar ou não de uma pesquisa telefônica. Nesse estudo, assim como nos de Michaelis e co-autores (Michaelis et al., 1997, 1998) e no de McBride e colaboradores (McBride et L., 1999), a participação não foi completa, sendo as medições de CEM efetuadas em uma maior proporção de casos do que de controles. O baixo índice de participação dos controles poderia ter introduzido nos estudos um viés relacionado ao nível sócio-econômico que, por sua vez, se refletiria nas características das casas onde residiam os indivíduos. Embora as medidas de associação dos referidos estudos tenham sido ajustadas por algumas variáveis indicativas de condição sócio-econômica (escolaridade da mãe, renda familiar e outras), dado o valor das estimativas obtidas, ainda existe espaço para o questionamento a respeito da adequação dos ajustamentos efetuados.

O incremento observado nas taxas de incidência de câncer de mama em diferentes países tem contribuído para aumentar o interesse na investigação de diversos fatores de risco que possam estar envolvidos no processo de carcinogênese nesse órgão. Nos últimos anos, uma série de estudos epidemiológicos explorou as possíveis relações entre CEM e os tumores de mama no sexo feminino, com base na hipótese originalmente levantada por Stevens (1987), de uma redução nos níveis de melatonina noturnos em consequência da exposição residencial a esses campos.

Feychting e colaboradores (Feychting et al., 1998), em um estudo caso-controle, com 699 casos de câncer de mama, não observaram associação, considerando como expostas as mulheres cujas intensidades de campos magnéticos calculadas para a residência eram de 0,2 μ T ou mais. Considerando apenas as mulheres menores de 50 anos, o risco relativo observado foi de 1,8. Utilizando um ponto de corte maior ou igual a 0,1 μ T, os autores observaram, para mulheres positivas para receptor de estrogênio, uma estimativa de risco de 1,6; considerando, entre essas, apenas as menores de 50 anos, essa estimativa foi de 7,4(1,0-178,1).

Em um estudo caso-controle aninhado em uma coorte multi-étnica, realizado em Los Angeles, Estados Unidos, London e co-autores (London et al., 2003) investigaram a associação entre CEM e câncer de mama, em 347 casos e 286 controles. A exposição foi determinada através da utilização do *código de configuração elétrica*, sendo efetuada em todas as residências ocupadas nos 10 últimos anos antes do diagnóstico e, para um grupo menor de casos e controles, através da medição dos

campos magnéticos efetuada durante um período de 7 dias. Não foram observadas associações entre a exposição a CEM, determinada pelo *código de configuração elétrica*, ou pela medição direta, e câncer de mama.

Schoenfeld e co-autores (Shoenfeld et al., 2003) conduziram um estudo caso-controle de base populacional, em Long Island, Estados Unidos, para avaliar a mesma associação. A determinação da exposição foi efetuada com base em uma série de medidas pontuais e de 24 horas dos CEM, medições da intensidade dos campos magnéticos subterrâneos, *código de configuração elétrica* e entrevista. Todas as participantes tinham 15 ou mais anos de residência no mesmo domicílio. Não foram observadas associações entre exposição a CEM, determinada por qualquer uma das medidas utilizadas e a ocorrência de câncer de mama.

As evidências dos estudos epidemiológicos sobre câncer de mama e exposição residencial a CEM são ainda limitadas. Dos três estudos considerados, em apenas um foi observado um excesso de risco associado a essa exposição, limitado a mulheres abaixo de 50 anos, sendo essa possível associação mais forte em mulheres positivas para receptores de estrogênio. Entretanto, nesse estudo, não se dispunha de informações sobre importantes fatores de risco para essa neoplasia, como, por exemplo, idade na primeira gestação, paridade, e outras.

Ines Mattos e Sérgio Koifman,
médicos e pesquisadores titulares da
Fundação Oswaldo Cruz FIOCRUZ-RJ

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLBOM, A. 1988. A review of the epidemiologic literature on magnetic fields and cancer. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health*, 14:337-343.
- AHLBOM, A.; DAY, N.; FEYCHTING, M. 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia. *British Journal of Cancer*, 83:692-698.
- ARMSTRONG B.G.; DEADMAN, J.E.; THÉRIAULT, G. 1990. Comparison of indices of ambient exposure to 60-Hertz electric and magnetic fields. *Bioelectromagnetics*, 11: 337-347.
- ASANOVA, T.P. & RAKOV, A.I. 1966. The state of health persons working in electric fields of open 400 and 500 kV switching structures. *Gigiena Truda I Professionalnye Zabolevaniia*, 10:50-52.
- BATES, M.N. 1991. Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: the epidemiologic evidence. *Environmental Health Perspectives*, 95: 147-156.
- BOWMAN, J.D.; SOBEL, E.; LONDON, S.J. 1992. Electric and magnetic field, chemical exposure and leukemia risk in "electrical" occupations. Electric Power Research Institute (EPRI). Palo Alto, California, USA.
- COLEMAN, M. & BERAL, V. 1988. A review of epidemiological studies of the effects of living near or working with electrical generation and transmission equipment. *International Journal of Epidemiology* 17:1-13.

- DEADMAN, J. E.; SCHNITMAN, A.; THÉRIAULT, G., 1991. *Reconstruction of past exposures to electric and magnetic fields*. Joint Électricité de France, Hydro-Québec, Ontario Hydro Epidemiological Study on the long term effects of Exposure to 50 and 60 Hertz Electric and Magnetic Fields. Mimeo.
- DEMERS, P.A.; THOMAS, D.B.; ROSENBLATT, K.A. 1991. Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer in men. *American Journal of Epidemiology*, 134:340-347.
- DONNELLY, K.E. & AGNEW, D.A. 1991. Exposure assessment methods for a childhood epidemiology study. Publication HSD-ST-91-39. Health and Safety Division, Ontario Hydro, Pickering, Ontario, Canada.
- EL-DOMEIRI, A.A.H. & DAS GUPTA, T. K. 1973. Reversal by melatonin of the effect of pinealectomy on tumor growth. *Cancer Research*, 32:2830-2833.
- FEYCHTING, M. & AHLBOM, A. Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high voltage power lines. *American Journal of Epidemiology*. 7:467-481, 1993.
- FEYCHTING, M.; FORSSEN, U.; RUTQUIST, L.E. 1998. Magnetic fields and breast cancer in Swedish adults residing near high-voltage power lines. *Epidemiology*, 9:392-397.
- GREENLAND, S.; SHEPPARD, A.R.; KAUNE, W.T.; POOLE, C.; KELSH, M. 2000. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes and childhood leukemia. *Epidemiology*, 11:624-634.
- GORDIS, L. 1996. *Epidemiology*. W.B. Saunders Company.
- HENNECKENS, C.H. & BURING, J.E., 1987. *Epidemiology in Medicine*. MAYRENT, S.L. (Ed). Boston, USA, Little, Brown and Company
- HEROUX, P. 1991. A dosimeter for assessment of exposures to ELF fields. *Bioelectromagnetics*, 12: 241-257.
- ICNIRP (International Commission for Non-ionizing Radiation Protection Standing Committee on Epidemiology). 2001. *Environmental Health Perspectives*, 109:911-933.
- JAUCHEN, J.R. & MERRIT, J.H. 1991. The epidemiology of exposure to electromagnetic fields: an overview of the recent literature. *Journal of Clinical Epidemiology*, 44: 895-906.
- KAUNE, W.T. & ZAFFANELLA, I.E. 1994. Assessing historical exposures of children to power-frequency magnetic fields. *Journal of Exposure Analysis Environmental Epidemiology*, 4:149-170.
- KHEIFETS, L.I.; ABDELMONEM, A.A.; BUFFLER, P.A.; ZHANG, Z.W. 1995. Occupational electric and magnetic field exposure and brain cancer: a meta-analysis. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 37: 1327-1341.
- KOIFMAN S & THÉRIAULT, G. 1994. 50-60 Hz electric and magnetic fields and cancer: The use of field exposure measurements in epidemiological studies. In: "Biologic Effects of Electric and Magnetic Fields" .Vol. II. CARPENTER, D.O. & AYRAPETYAN, S. (ed), pp. 201-231. Academic Press, San Diego, California, USA.
- LILIENFELD AM, PEDERSEN E, DOWD JE. *Cancer epidemiology - Methods of study*. The John Hopkins Press. Baltimore, Maryland, 1967.
- LIN, R.S.; DISCHINGER, P.C.; CONDE, J. & FARREL, K.P., 1985. Occupational exposure to electromagnetic fields and the occurrence of brain tumors. *Journal of Occupational Medicine*, 27:413-419.
- LINET, M.S.; HATCH, E.E.; KLEINERMAN, R.A.; ROBISON, L.L.; KAUNE, W.T.; FRIEDMAN, D.R.; SEVERSON, R.K.; HAINES, C.M.; HARTSOCK, C.T. NIWA, S.; WALCHOLDER, S.; TARONE, R.E. 1997. Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children. *New England Journal of Medicine*, 337:1-7.

- LONDON S.J.; THOMAS, D.C.; BOWMAN, J.D.; SOBEL, E.; CHENG, T.C.; PETERS, J.M. 1991. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *American Journal of Epidemiology*, 134: 923-937.
- LONDON, S.J.; POGODA, J.M.; HWANG, K.L.; LANGHOLZ, B.; MONROE, K.R.; KOLONEL, L.N.; KAUNE, W.T.; PETERS, J.M.; BRIAN, E. 2003. Residential magnetic field exposure and breast cancer risk: a nested case-control study from a multiethnic cohort in Los Angeles County, California. *American Journal of Epidemiology*, 158: 969-980.
- MATANOSKI, G.M.; BREYSSE, P.N.; ELLIOT, E.A. 1991. Electromagnetic field exposure and male breast cancer. *Lancet*, 1:737.
- MCBRIDE, M.L.; GALLAGHER, R.P.; THÉRIAULT, G. 1999. Power frequency electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *American Journal of Epidemiology*, 149:831-842.
- MICHAELIS, J.; SCHUZ, H.; MEINERT, R.; MENGER, M.; GRIGAT, J.P.; KAATSCH, P.; KALETSCH, U.; MIESNER, A.; STAMM, A.; BRINKMANN, K.; KARNER, H. 1997. Childhood leukemia and electromagnetic fields: results of a population based case-control study in Germany. *Cancer Causes and Control*, 8:167-174.
- MICHAELIS, J.; SCHUZ, H.; MEINER, R.; ZEMANN, E.; GRIGAT, J.P.; KAATSCH, P.; KALETSCH, U.; MIESNER, A.; BRINKMANN, K.; KALKNER, W.; KARNER, H. 1998. Combined risk estimates for two German population based case-control studies on residential magnetic fields and childhood acute leukemia. *Epidemiology*, 9:92-94.
- MILHAM JR., S. Mortality from leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields. *New England Journal of Medicine*, 307:249, 1982.
- NRPB (National Radiological Protection Board). 2001. ELF electromagnetic fields and the risk of cancer. Documents of the NRPB, volume 12 (1).
- PATTERSON, R.M. 1991. Basic exposure assessment. Proceedings EPRI EMF Science & Community Seminar: 1-10. San Jose, California, USA.
- PEREIRA, M. G. 1996. *Epidemiologia - Teoria e Prática*. Editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro.
- POOLE, C. & TRICHOPOULOS, D. 1991. Extremely low-frequency electric and magnetic fields and cancer. *Cancer Causes and Control*, 2:267-276.
- REIF, J.S. PEARCE, N.; FRASER, J. 1995. Residential exposure to magnetic fields and risk of canine lymphoma. *American Journal of Epidemiology*. 141: 352-359, 1995.
- STEVENS R. 1987. Electric power use and breast cancer: a hypothesis. *American Journal of Epidemiology*, 125:556-561.
- ROTHMAN, KJ GREENLAND, S. 1998. *Modern Epidemiology*. LW&W. Philadelphia, USA.
- SAVITZ, D.A. & CALLE, E. 1987. Leukemia and occupational exposure to electromagnetic fields: review of epidemiologic surveys. *Journal of Occupational Medicine*, 29:47-51.
- SAVITZ D.A.; WATCHEL, H.; BARNES, F.A.; JOHN, E.M.; TVRDIK, J.R. 1988. Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields. *American Journal of Epidemiology*, 128:21-38.
- SAVITZ, D. A.; PEARCE, N. E.; POOLE, C. 1989. Methodological issues in the epidemiology of electromagnetic fields and cancer. *Epidemiologic Reviews* 11: 59-78, 1989.
- SAVITZ, D.A. & AHLBOM, A. 1993. Epidemiologic evidence on cancer in relation to residential and occupational exposures. In: CARPENTER, D.O. (ed). *Biologic effects of electric and magnetic fields*. Academic Press, New York, USA.

- SAVITZ, D. A.; PEARCE, N. E.; POOLE, C. 1993. Update on methodological issues in the epidemiology of electromagnetic fields and cancer. *Epidemiologic Reviews*, 15:558-566.
- SAVITZ, D.A. & LOOMIS, D.P. Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *American Journal of Epidemiology*, 141:123-134, 1995.
- SEVERSON, R.K.; STEVENS, R.G.; KAUNE, W.T.; THOMAS, D.B.; HEUSER, L.; DAVIS, S.; SEVER, L.E. 1988. acute nonlymphocytic and residential exposure to power frequency magnetic fields. *American Journal of Epidemiology*, 128:10-20.
- SHAH, P.N. et al. Effect of melatonin on mammary carcinogenesis in intact and pinealectomized rats in varying photoperiods. *Cancer Research*, 44:3403-3407, 1984.
- SHEIKH, K. 1986. Exposure to electromagnetic fields and the risk of leukemia. *Archives of Environmental Health*, 41:56-63, 1986.
- SCHOENFELD, E.R.; O'LEARY, E.S.; HENDERSON, K.; GRIMSON, R.; KABAT, G.C.; AHNN, S.; KAUNE, W.T.; GAMMON, M.D.; LESKE, M.C. 2003. Electromagnetic fields and breast cancer on Long Island: a case-control study. *American Journal of Epidemiology*, 158:47-58.
- SPEERS, M.A.; DOBBINS, J.G.; MILLER, V.S. 1988. Occupational exposures and brain cancer mortality: a preliminary study of east Texas residents. *American Journal of Industrial Medicine*, 13:629-638.
- SZKLO, M. & NIETO, F.J. 2000. *Epidemiology Beyond the Basics*. ASPEN Publishers, Inc. Maryland, USA.
- TAMARKIN, L. et al. 1981. Melatonin inhibition and pinealectomy enhancement of 7,12-dimethylbenz (a) anthracene-induced mammary tumors in the rat. *Cancer Research*, 41:4432-4436, 1981.
- THÉRIAULT, G. 1992. Champs électromagnétiques et risques de cancer. *Archives Maladies Professionnelles*, 53:535-540.
- THÉRIAULT, G.; GOLDBERG, M.; MILLER, A. B.; ARMSTRONG, P.; GUÉNEL, J.; DEADMAN, J.; IMBERNON, E.; TO, T.; CHEVALIER, A.; CYR, D. & WALL, C. Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, and France: 1970-1989. *American Journal of Epidemiology*, 139:550-572, 1994.
- TOMENIUS L. 1986. 50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm County. *Bioelectromagnetics*, 7:191-207.
- TYNES, T. & HALDORSEN, T. 1997. Electromagnetic fields and cancer in children residing near Norwegian high-voltage power lines. *American Journal of Epidemiology*, 145:219-226.
- UKCCS. 2000. Childhood cancer and residential proximity to power lines. *British Journal of Cancer*, 83:1573-1580.
- VAGERO, D. & OLIN, R. 1983. Incidence of cancer in the electronics industry: using the new Swedish Cancer Environment Registry as a screening instrument. *British Journal of Industrial Medicine*, 40:188-192.
- WARTENBERG, D. 1998. Residential magnetic fields and childhood leukemia: meta-analysis. *American Journal of Public Health*, 88:1787-1794.
- WASHBURN E.P. et al. Residential proximity to electricity transmission and distribution equipment and risk of childhood leukemia, childhood lymphoma, and childhood nervous system tumours: systemic review, evaluation and analysis. *Cancer Causes and Control* 5: 299-309, 1994.
- WERTHEIMER N. & LEEPER E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *American Journal of Epidemiology*, 109(3):273-84, 1979.
- WERTHEIMER, N. & LEEPER, E. 1982. Adult cancer related to electrical wires near the home. *International Journal of Epidemiology*, 11(4):345-55.
- WIKLUND, K.; EINHORN, J.; EKLUND, G. 1981. An application of the Swedish Cancer Environment Registry - Leukemia among telephone operators at the Telecommunications Administration in Sweden. *International Journal of Epidemiology*, 10:373-376.

**CAPÍTULO 2 - CAMPOS
ELETROMAGNÉTICOS E
CANCÊR: CONTRIBUIÇÕES
DAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Ines Mattos e Sérgio Koifman

CAPÍTULO 2 - CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS E CÂNCER: CONTRIBUIÇÕES DAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Ines Mattos e Sergio Koifman

1. INTRODUÇÃO

Antes da década de 60, os únicos efeitos conhecidos dos campos eletromagnéticos eram os termais, os quais já são relativamente bem compreendidos, sendo seus padrões de exposição adequadamente correlacionados com as mudanças observadas nos sistemas biológicos expostos.

Os efeitos não termais passaram a ser estudados em épocas mais recentes, e seus mecanismos de ação ainda são pouco conhecidos. Eles têm sido definidos como aqueles efeitos eletromagnéticos que não estão correlacionados a um aumento da temperatura local, a partir de um padrão básico de equilíbrio (Parola e Markel, 1994). Os trabalhos experimentais sobre efeitos não termais dos campos eletromagnéticos, realizados em células isoladas ou tecidos, *in vitro*, ou em animais de laboratório, ganharam um grande impulso nas últimas décadas, particularmente devido as crescentes preocupações com um possível efeito dos campos de 50-60 Hz no processo de carcinogênese em seres humanos.

A contribuição de fatores ambientais para a etiologia do câncer em seres humanos tem sido geralmente estimada entre 60 a 90% (Schottenfeld, 1981; Hermo, 1987). A exposição ocupacional, por outro lado, parece ser responsável por 1 a 10% de todas as neoplasias humanas, embora deva corresponder a um percentual bem maior, no caso de neoplasias malignas mais raras (Hermo, 1987).

Para a discussão dos mecanismos através dos quais agentes físicos e químicos poderiam intervir no processo de carcinogênese, é necessário discutir, brevemente, as evidências que suportam o conceito de que o desenvolvimento de câncer está associado à exposição a fatores ambientais. O conjunto de estudos publicados na literatura, sobre a incidência de câncer em diferentes países do mundo produziu um acúmulo de evidências epidemiológicas que dão suporte a essa causação ambiental.

Os estudos de populações migrantes constituem um importante aspecto favorável à relação do câncer com fatores ambientais. Se os fatores genéticos fossem os principais responsáveis pelas diferenças de incidência encontradas entre os diversos países, as taxas de incidência nos grupos que migraram deveriam se manter simila-

res às da população de origem, independentemente do fato dos imigrantes estarem residindo em outro país (Schottenfeld, 1981).

Ainda em relação a uma causação ambiental do câncer, Hermo (Herme, 1987) chama a atenção para a alta incidência de neoplasias em tecidos epiteliais (carcinomas), o que poderia estar refletindo a maior vulnerabilidade dessas células, resultante de sua constante exposição ao meio externo.

Doll e Peto (Doll e Peto, 1981) sintetizaram em quatro pontos principais as evidências a favor da etiologia ambiental do câncer:

a) Diferenças nas incidências total e específica de câncer entre populações de diversos países;

b) Diferenças na incidência de câncer em migrantes e na população que permaneceu na localidade de origem; de modo geral, os imigrantes passam a apresentar taxas intermediárias entre aquelas do país de origem e do país de adoção;

c) Variações na incidência de câncer em localizações específicas ao longo do tempo, em diversas comunidades;

d) Muitas causas específicas de câncer já foram identificadas no ambiente.

A plausibilidade biológica de que os campos eletromagnéticos de frequências extremamente baixas (CEM) possam ter uma ação no processo de carcinogênese em seres humanos tem sido alvo de importante debate na literatura relacionada ao tema. É importante lembrar que o conhecimento científico disponível em cada época influencia os critérios que se estabelecem a cerca da plausibilidade biológica de uma determinada associação.

O completo entendimento do processo de carcinogênese em seres humanos ainda não é possível, porém diversos estudos clínicos e experimentais realizados nos últimos anos contribuíram para uma melhor compreensão dos mecanismos envolvidos, permitindo, inclusive, a identificação de alterações moleculares específicas que estão envolvidas na evolução de uma célula normal para a malignidade.

Para uma melhor compreensão dos mecanismos biológicos apontados como possivelmente envolvidos no desenvolvimento de câncer conseqüente à exposição aos CEM, é necessária uma breve revisão da biologia celular e do processo de carcinogênese em seres humanos.

2. AS CARACTERÍSTICAS GERAIS DA CÉLULA

A célula pode ser caracterizada como a menor parte da estrutura de um organismo que mantém as propriedades vitais, correspondendo, assim, à unidade fisiológica e morfológica dos seres vivos (Sagrera, 1976; McSharry, 2001). Esse conceito de que a célula é a unidade básica da vida data do início do século XIX, tendo sido aprimorado ao

longo do tempo, culminando na moderna teoria celular, segundo a qual, podemos afirmar:

a) todos os seres vivos são formados por células;

b) a célula é a menor unidade viva, e as propriedades de vida de um organismo dependem das propriedades de suas células, onde ocorrem as reações do metabolismo;

c) as células surgem sempre de outras células; cada uma delas contém as informações hereditárias de todo o organismo.

Dentro de cada célula existem estruturas denominadas de organelas ou organóides que são responsáveis pelas diferentes funções que ocorrem no interior das células (Bittar, 1980; Alberts et al, 1997). A utilização do microscópio eletrônico tornou possível a visualização dessas organelas intracelulares e, em consequência, uma melhor compreensão dos seus mecanismos de funcionamento, inclusive de muitos aspectos que ocorrem a nível molecular.

As células do organismo estão arrumadas em grupos com diferentes características e especializações, que constituem os diferentes tecidos. Entre as células de um tecido, há um espaço intercelular, onde circula o líquido intersticial. As junções intercelulares são regiões especializadas da membrana plasmática que parecem exercer algumas funções relacionadas à aderência entre as células e a troca de substâncias entre elas (Toner & Carr, 1977; Liotta & Liu, 2001).

Entre as diferentes estruturas que compõem uma célula, é importante, para o entendimento dos efeitos biológicos que vêm sendo imputados aos CEM, que nos detenhamos, em particular, na membrana plasmática, nos ribossomos e no núcleo, organelas cujas funções se relacionam, de alguma maneira, com os mecanismos envolvidos no processo de carcinogênese.

A membrana plasmática é uma espécie de película que envolve a célula, separando-a do meio externo e controlando a entrada e saída de substâncias. Diversos modelos foram elaborados para a estrutura da membrana plasmática, sendo um dos mais aceitos o **modelo do mosaico fluido** de Singer e Nicholson (Kotyk & Janacek, 1977). Segundo esse modelo, participam da estrutura da membrana plasmática três tipos de substâncias: lipídios, principalmente fosfolipídios e colesterol; proteínas do tipo globular; e glicídios de pequenas cadeias, com até 15 unidades de monossacarídios. Os lipídios formam uma dupla camada, onde as moléculas da camada externa têm as regiões polares voltadas para a água do meio extracelular, e as moléculas da camada interna têm as regiões polares voltadas para a água do interior da célula. As proteínas encontram-se mergulhadas na camada dupla de lipídios, ocupando sua espessura e, também, presas nas faces externa e interna da estrutura. Como as proteínas estão constantemente realizando deslocamentos laterais, elas dão um caráter dinâmico à estrutura, de onde se originou o termo “mosaico fluido”. Os glicídios, que são sempre a fração menor, aparecem sempre na face externa da membrana, ligados aos lipídios ou às proteínas.

Os ribossomos são partículas constituídas por proteínas e ácido ribonucléico. Presentes em todos os seres vivos, os ribossomos constituem o local onde ocorre a síntese de proteínas. Eles costumam estar livres no citoplasma da célula, como unidades isoladas, ou agrupados como polirribossomos (Sagrera, 1976; McSharry, 2001). Suas funções serão analisadas com mais detalhes em outro momento.

O núcleo é a região da célula que comanda todas as suas atividades, sendo formado, fundamentalmente, por ácidos nucleicos. Os ácidos nucleicos são substâncias de moléculas grandes, constituídas pela união de um grande número de subunidades, chamadas de nucleotídeos. Esses, por sua vez, são estruturas formadas por um açúcar, um fosfato e uma base nitrogenada. O açúcar é um monossacarídeo de cinco carbonos que, no ácido ribonucléico (RNA) é a ribose e, no ácido desoxirribonucléico (DNA) é a desoxirribose. As bases nitrogenadas são de cinco tipos, sendo duas de caráter púrico (adenina e guanina) e três de caráter pirimidínico (citosina, timina e uracil). Cada ácido nucleico possui quatro bases, duas púricas e duas pirimidínicas. As bases púricas são comuns tanto ao RNA quanto ao DNA; as bases pirimidínicas, entretanto, apresentam-se de forma diferente, estando a citosina presente em ambos os tipos de ácido nucleico, ao passo que a timina, presente no DNA, é substituída pelo uracil no RNA (Watson et al, 1992).

O açúcar ocupa o lugar central do nucleotídeo, unindo-se, de um lado à base e, de outro, ao fosfato. A ligação de um nucleotídeo ao outro ocorre entre o fosfato de um e a pentose do outro, formando uma cadeia que, unida à outra, análoga, porém complementar, irá constituir o ácido nucleico (McSharry, 2001).

A estrutura do ácido desoxirribonucléico (DNA) corresponde a uma dupla cadeia helicoidal, na qual se situam, frente a frente, a base pirimidínica do nucleotídeo de uma cadeia e a base púrica do nucleotídeo da cadeia oposta. A união entre ambas as cadeias se efetua através de pontes de hidrogênio que se estabelecem entre elas. Essas pontes, obrigatoriamente, se formam entre purinas e pirimidinas que se complementam entre si: guanina com citosina e adenina com timina.

Ao contrário do DNA, o RNA tem a sua molécula formada por um único filamento de polinucleotídeos. Existem três tipos de RNA: RNA mensageiro (mRNA); RNA transportador ou solúvel (tRNA) e o RNA ribossomial (rRNA) (Watson et al, 1992). Os diferentes tipos de RNA são fabricados no núcleo, migrando, depois, para o citoplasma, onde irão desempenhar suas respectivas funções na síntese de proteínas. O mRNA leva o código genético do DNA para o citoplasma, determinando a seqüência dos aminoácidos das proteínas que serão sintetizadas; o tRNA transporta aminoácidos até o local onde ocorre essa síntese; o rRNA faz parte da estrutura dos ribossomos, local onde se dá a síntese de proteínas.

2.1. Genes, cromatina e cromossomos

O material genético resultante da associação de moléculas de DNA com proteínas básicas, principalmente histonas, formando um conjunto de filamentos que se encontram dissolvidos no núcleo, é denominado de cromatina (Sagrera, 1976).

O cromossomo consiste em um único filamento de cromatina, dobrado várias vezes sobre si mesmo, adquirindo, por isso, um aspecto compacto de bastonete. Os cromossomos aparecem quando as células estão em processo de divisão, com a finalidade de facilitar o movimento e a distribuição equitativa do material genético para as células-filhas (Alberts et al, 1997). O número de cromossomos no núcleo das células somáticas é constante para cada espécie; as células germinativas contém a metade do número de cromossomos da espécie, sendo denominadas de haplóides. No homem, as células somáticas contém 2 n cromossomos e as células germinativas contém n cromossomos, sendo n = 23 cromossomos (Sagrera, 1976).

O gene é a unidade funcional da herança genética e consiste em uma seqüência de DNA, que codifica para um único polipeptídeo (Watson et al, 1992). Os genes possuem três capacidades fundamentais, que são: dirigir a formação de uma réplica exata de si mesmo; mutar, isto é, sofrer alterações, sem perder a capacidade de reproduzir-se e dirigir a formação de enzimas e proteínas (Bittar, 1980).

Investigações das atividade dos genes mostraram a existência de pelo menos quatro tipos deles em uma molécula de DNA. Os **genes estruturais** seriam responsáveis pela síntese de moléculas de RNA mensageiro, que irá controlar a síntese de proteínas. Os **genes reguladores, promotores e operadores** controlam o funcionamento de um determinado grupo de genes estruturais. Segundo esse modelo, os genes estruturais só funcionam se o gene promotor se ligar à enzima RNA-polimerase, que desencadeia a síntese de RNA-mensageiro. Entretanto, o gene promotor só entra em atividade, se o gene operador não estiver bloqueado. O bloqueio do gene operador impede o funcionamento do gene promotor e, portanto, a sua ligação com a RNA-polimerase; nesse caso, os genes estruturais ficam inativos. Esse sistema de bloqueio, por sua vez, depende da síntese de uma proteína repressora pelo gene regulador (Alberts et al, 1997).

2.2. Divisão celular

Com exceção de algumas células altamente diferenciadas, todas as células do organismo humano são potencialmente capazes de se dividir, dando lugar a células-filhas, essencialmente idênticas. As células podem se dividir de duas maneiras diferentes: mitose e meiose.

A mitose tem como característica produzir células-filhas com o mesmo número de cromossomos e com uma quantidade de material genético exatamente igual ao da célula que lhes deu origem. Esse processo de divisão é seguido por todas as células somáticas do organismo (Bittar, 1980).

A meiose é um processo de divisão utilizado pelas células germinativas, para formar os gametas; tem a característica de reduzir o número de cromossomos à metade do número contido nas células diplóides (células com 2 n cromossomos) (Bittar, 1980).

O ciclo de vida celular é dividido em algumas etapas, relacionadas aos processos de divisão que ela sofre.

Durante a mitose, as células passam por diversas etapas, enumeradas a seguir, juntamente com as suas principais características (Toner & Car, 1977):

- **interfase:** nessa etapa, a célula não mostra alterações características de divisão; o material genético está na forma de filamentos de cromatina, espalhados pelo núcleo; no final dessa fase, ocorre a duplicação do DNA.

- **prófase:** o material genético já está duplicado; os filamentos de cromatina sofrem um enrolamento progressivo, adquirindo a forma de cromossomos; a membrana nuclear se fragmenta.

- **metáfase:** os cromossomos duplicados se alinham na região mediana da célula, mas ainda permanecem unidos um ao outro.

- **anáfase:** os cromossomos duplicados se separam, dirigindo-se para os pólos da célula.

- **telófase:** em cada pólo da célula, as massas de cromossomos se unem para formar o núcleo das células-filhas; eles começam a se desenrolar, adquirindo novamente o aspecto de filamentos de cromatina; a membrana nuclear volta a aparecer; a membrana citoplasmática sofre uma invaginação, dividindo a célula na região mediana.

A maioria dos fenômenos que ocorrem na mitose está presente também na meiose. A diferença básica entre os dois processos é a ocorrência de duas divisões celulares seguidas na meiose, resultando na formação de quatro células-filhas, para cada célula que inicia o processo; durante esse período de duas divisões, entretanto, cada cromossomo se duplica apenas uma vez, resultando na formação de células haplóides (com metade do número de cromossomos).

- **prófase I:** ocorre o pareamento dos cromossomos homólogos duplicados.

- **metáfase I:** devido ao pareamento, os cromossomos homólogos ficam um de cada lado da região mediana.

- **anáfase I:** os cromossomos homólogos se separam, indo para pólos opostos.

- **telófase I:** os cromossomos chegam aos pólos opostos das células; nessa etapa ocorre divisão do citoplasma.

Quando se inicia a segunda divisão da meiose, aparecem novamente as características da prófase; essa parte da divisão celular se dá exatamente da mesma forma que uma divisão mitótica.

2.3. Replicação do DNA

As duas fitas da molécula de DNA, dispostas em forma helicoidal e unidas por pontes de hidrogênio, separam-se, desenrolando a partir de um dos seus extremos,

para permitir que cada uma delas sirva como um molde, ordenando, em sua seqüência exata, as bases nucleotídicas necessárias para formar uma fita complementar. Essa atividade depende da enzima DNA-polimerase, que ativa o processo. A fita complementar que se forma consiste em uma verdadeira réplica daquela da qual a fita original se separou, pois durante o encaixe dos nucleotídeos, é, obrigatoriamente, obedecido o emparelhamento timina-adenina e citosina-guanina. Cada molécula-filha é formada, portanto, por uma fita antiga, proveniente do DNA original e por uma fita nova, recém-fabricada. Diz-se, assim, que a replicação de DNA é um processo semiconservativo (Shulte e Pereira, 1993). A medida em que o DNA se duplica, os cromossomos também se duplicam, desencadeando o processo de divisão celular.

Os genes, dispostos em uma seqüência linear dentro do cromossomo, são os determinantes da herança genética, pois encerram a informação necessária para a perpetuação da espécie (Alberts et al, 1997). A transcrição da informação contida no gene se realiza através de um intermediário, o RNA mensageiro (mRNA). O mRNA se origina de forma bastante semelhante àquela em que ocorre a replicação do DNA, ou seja, o de-senrolamento, nesse caso parcial, das fitas de DNA; o pareamento de bases nucleotídicas individuais com as correspondentes à fita que está sendo transcrita; a união entre os nucleotídeos formados e o desligamento do fragmento de fita copiado complementarmente. Esse processo é chamado de transcrição e dele participa a enzima RNA-polimerase, que estimula a ligação dos nucleotídeos formados (Shulte e Pereira, 1993).

A etapa de tradução do código genético compreende a organização dos aminoácidos na seqüência determinada por este; essa seqüência específica de aminoácidos é que caracteriza o tipo de proteína sintetizada. O mecanismo de tradução é o seguinte: cada grupo de três bases consecutivas contidas no mRNA corresponde a um aminoácido. Esses grupos de três bases são denominados de códon (seqüências codificantes). O códon realiza esse trabalho de identificação de aminoácidos com o auxílio do RNA transportador (tRNA), que é capaz de se ligar aos aminoácidos dissolvidos no citoplasma e transportá-los até o mRNA. A tradução da seqüência de bases do mRNA para a proteína é feita nos ribossomos. Os tRNA, com os respectivos aminoácidos, vão se encaixando nos códon correspondentes do mRNA. A medida em que um grupo de ribossomos (polirribossomos) desliza pelo mRNA, os aminoácidos vão se unindo e formando uma molécula de proteína; enquanto isso, os tRNA se soltam e ficam livres para o transporte de outros aminoácidos (Sagrera, 1976).

Como a seqüência de códon do mRNA foi modelada pelo DNA, indiretamente, é este que está determinando a seqüência de aminoácidos na proteína. A seqüência de aminoácidos determina, por sua vez, o tipo de proteína (estrutural ou enzimática) que vai determinar as características daquele organismo.

2.4. Mutações

Qualquer falha na codificação do DNA, espontânea ou induzida, ou seja, qualquer alteração na seqüência de nucleotídeos de um gene que modifique a estrutura e a

função de uma proteína específica, constitui uma mutação (Sagrera, 1976). A seqüência de nucleotídeos pode ser alterada por dois mecanismos gerais: substituição de um par de bases nucleotídeas por outro, devido a qualquer tipo de falha durante a replicação ou a ruptura das uniões açúcar-fosfato dos nucleotídeos, com perda ou inversão do segmento de DNA compreendido entre os locais de ruptura. Em ambos os casos, esse erro será transcrito pelo mRNA e, em conseqüência, a proteína sintetizada será alterada, em sua estrutura ou função.

As mutações ao nível do gene podem ocorrer em qualquer momento do ciclo celular. As mudanças que afetam partes de um cromossomo se apresentam, com maior freqüência, durante a divisão celular, especialmente durante a prófase I da meiose, ocorrendo a fragmentação e união de porções de cromatina entre cromossomos homólogos, ou a união incorreta dos fragmentos, originando anormalidade estruturais nos mesmos (Sagrera, 1976).

A **inversão** é produzida quando uma região do cromossomo se inverte sobre si mesma, de modo que alguns genes ficam colocados em ordem diferente da original; embora nesse caso o material genético se encontre em quantidade normal, a atividade do gene pode ser alterada devido à posição anormal. A união inadequada das extremidades dos fragmentos de cromossomos pode ocasionar a perda de uma parte do material genético, e é denominada de **deleção**. A **translocação** consiste na transferência de um segmento cromossômico de um lugar para outro diferente, no mesmo cromossomo, ou em um outro. Quando a mesma seqüência de genes aparece duas vezes no mesmo cromossomo, ocorre uma **duplicação**; supõe-se que isso aconteça devido a um caso especial de translocação em que estão envolvidos dois cromossomos homólogos (Bittar, 1980).

2.5. O transporte de substâncias pela membrana plasmática

A membrana plasmática exerce um importante papel de controle e seleção na constante troca de substâncias entre as células e o meio externo.

De modo geral, pode-se dizer que as substâncias atravessam a membrana plasmática de duas maneiras: por **transporte passivo** (sem gasto de energia) e por **transporte ativo** (com gasto de energia) (Bittar, 1980).

Denomina-se de difusão, o movimento, ao acaso, das moléculas de um líquido ou de um gás; ele tende a ser mais intenso, a partir da região onde há maior concentração de moléculas em direção àquela onde a concentração é menor, até o momento em que as moléculas se espalhem uniformemente, ou seja, exista a mesma concentração (Bittar, 1980). Várias substâncias, como, por exemplo, o oxigênio e o gás carbônico, entram e saem da célula através de transporte passivo por difusão (Kotyk e Janacek, 1977). A osmose consiste na difusão de moléculas de um solvente através de uma membrana, em direção à solução mais concentrada (Bittar, 1980). É este tipo de mecanismo que permite a entrada e saída de água das células.

O transporte ativo é o movimento de substâncias através da membrana plasmática, com gasto de energia (Bittar, 1980). Esse transporte depende de proteínas especiais,

as ATP-ases, que se combinam com a substância movendo-a de um lado para outro da membrana (Kotyk e Janacek, 1977). O transporte de vários íons, como Na, K e Ca, é realizado através de mecanismos desse tipo e ocasiona o aparecimento de diferenças de cargas elétricas entre as duas faces da membrana plasmática. Essa diferença de cargas, mantida através do transporte ativo de íons, é importante para os fenômenos elétricos que ocorrem nas células e também parece auxiliar, de maneira indireta, a penetração de glicose e aminoácidos no interior das mesmas (Kotyk e Janacek, 1977). Um outro tipo de transporte ativo consiste na endocitose e na exocitose, movimentos celulares que servem para a captura ou eliminação de partículas e macromoléculas (Bittar, 1980).

2. O PROCESSO DE CARCINOGENESE

Para os propósitos deste trabalho, o termo câncer será utilizado para designar doenças neoplásicas malignas. É importante salientar, entretanto, que nem sempre é fácil obter uma clara demarcação entre condições malignas e benignas, levando, algumas vezes, a incertezas na classificação de um determinado neoplasma.

Neoplasma significa “novo crescimento”; o termo derivado, neoplasia, pode ser definido como um crescimento anormal de células alteradas, que têm diversos graus de independência dos mecanismos regulatórios normais utilizados pelo conjunto de células de um tecido para controlar a sua proliferação (Iversen et al, 1992). Pode-se observar que nas neoplasias ocorrem perturbações dos mecanismos de proliferação (mitose -> divisão celular) e de diferenciação (maturação das células, através da redução ou desaparecimento de funções especializadas) e da organização do tecido afetado, com perda de especificidade morfológica e de características próprias (Iversen et al, 1992).

Os seguintes aspectos são considerados como característicos de neoplasias malignas:

- **invasividade:** as células neoplásicas malignas têm grande capacidade de penetrar os tecidos circunvizinhos, espalhando-se, inclusive, através dos vasos linfáticos;
- **destrutividade:** o tecido ao redor da neoplasia é destruído, possivelmente por substâncias tóxicas, ação de enzimas e pela própria pressão do tumor;
- **crescimento rápido;**
- **crescimento relativamente ilimitado;**
- **capacidade de formar metástases** (crescimentos neoplásicos descontínuos, secundários, em um ou mais órgãos diversos daquele onde se originou o neoplasma maligno).
- **recorrência;**
- **indiferenciação das células.**

Não existe um critério uniformemente aceito para a classificação dos neoplasmas: a classificação ideal seria aquela que levasse em consideração a etiologia de cada um. Entretanto, como ainda se conhece muito pouco sobre a etiologia da maioria das neoplasias que afetam os seres humanos, a classificação por localização anatômica, de acordo com o capítulo II da Classificação Internacional de Doenças da Organização Mundial de Saúde é a mais utilizada.

Denomina-se de **carcinoma** um tumor maligno originado em tecido epitelial; esse grupo compreende quase 90% de todos os tumores malignos encontrados no homem (Hermo, 1987; Nasca, 2001). Por derivação, denomina-se de **carcinogênese** o processo de desenvolvimento de carcinoma em um ser vivo e, de uma maneira mais ampla, o desenvolvimento de qualquer neoplasia.

Considera-se como **cancerígeno** um agente capaz de produzir o desenvolvimento de câncer; esse termo, entretanto, é raramente utilizado, sendo substituído pelo termo **carcinógeno**. Num sentido estrito, um carcinógeno é um agente que produz um carcinoma; por extensão, o termo é usado regularmente para designar agentes capazes de produzir qualquer tipo de câncer.

Diversas teorias têm sido desenvolvidas para explicar o aparecimento de tumores nos seres humanos. Duas dessas teorias têm importância especial para o presente trabalho e serão, brevemente, comentadas abaixo:

a) Teorias relacionadas com alterações do código genético - As propriedades anormais de crescimento e diferenciação das células neoplásicas são passadas para as células-filhas durante a mitose. A constatação desse fato levou a suposição de que a célula neoplásica possui um código genético alterado, ou está expressando informações genéticas que se encontram suprimidas em células normais (Iversen et al, 1992). Há evidências de que carcinógenos químicos, como a nitrosamina, entre outros, se ligam ao DNA e de que as células são mais sensíveis a determinados carcinógenos durante a fase de síntese de DNA (Brandt_Rauf e Pincus, 1987). Alguns neoplasmas são induzidos por infecções virais que ocorrem nas células. Essas viroses podem interferir diretamente no código genético das células, através de enzimas que são capazes de alterar o DNA (Iversen et al, 1992).

b) Teorias relacionadas à imunidade - Durante os períodos de proliferação celular, é possível que sejam formadas muitas células potencialmente neoplásicas, através de mutações espontâneas, ou como resultado de influências ambientais; entretanto, poucas dessas células se desenvolvem em um neoplasma progressivo (Hermo, 1987). Tem sido sugerido que as células alteradas são detectadas pelo sistema imunológico e destruídas pelo mesmo. Poucas células alteradas escapam ao controle imunológico e desenvolvem lesões progressivas (Iversen et al, 1992). A alta incidência de tumores malignos em pacientes que se submetem a terapias imunossupressoras prolongadas é uma evidência que dá suporte a essa teoria.

O período de tempo que transcorre entre a exposição a um carcinógeno e o aparecimento de sintomas e sinais clínicos de câncer é denominado de período **de**

latência; ele consiste na soma dos períodos de tempo necessários para o aparecimento da alteração maligna na célula e para o crescimento do tumor até um tamanho que permita o seu diagnóstico (Lilienfeld et al, 1987). O período de latência varia de acordo com o tumor, com o tipo de carcinógeno e com a presença ou ausência de outros agentes que interferem no processo de carcinogênese (Lilienfeld et al, 1987). Para o carcinoma de pulmão, provocado pelo fumo, por exemplo, o período médio de latência parece ser de 40 anos.

Vários modelos explicativos têm sido propostos para o processo de carcinogênese e a maioria deles considera que este se desenvolve em múltiplos estágios e depende, em cada uma de suas etapas, de um grande número de fatores (Armitage e Doll, 1954; Moolgavkar, 1986; Weiss, 1983; Fearon e Vogelstein, 1990).

Experimentos de indução de carcinogênese química em animais de laboratório originaram um modelo de desenvolvimento de câncer que consistia em dois estágios: **iniciação e promoção**, utilizado no desenvolvimento de carcinomas em ratos e também demonstrado para outros órgãos, como fígado, cólon, bexiga e mama (Herms, 1987; Alberts et al, 1997). A **iniciação** seria a primeira etapa do processo de carcinogênese, envolvendo a exposição a um carcinógeno ambiental e a sua interação com o DNA da célula, o que provocaria uma alteração permanente do material genético da mesma. Essa célula com material genético alterado permanece latente e pode ser eliminada do organismo, através de mecanismos homeostáticos normais. Caso ela não seja eliminada, a exposição subsequente a outros agentes presentes no ambiente pode servir de estímulo para novas modificações; essa fase é denominada de **promoção** e culmina no aparecimento clínico da neoplasia.

A partir desse modelo, os agentes que atuam na primeira fase do processo de carcinogênese (iniciação) foram denominados de **iniciadores**; os fatores **promotores** são aqueles que desencadeiam a segunda fase do processo (promoção). Os fatores iniciadores possuem ação mutagênica e uma única exposição é suficiente para provocar uma lesão irreversível no material genético da célula. Os fatores promotores não são mutagênicos por si só, produzindo efeitos apenas nas células previamente iniciadas; numa fase inicial, seus efeitos podem ser reversíveis, mas a exposição prolongada, mesmo em baixas doses, induz o desenvolvimento do processo de carcinogênese. Em alguns casos, os fatores iniciadores, quando em altas doses, podem atuar com carcinógenos completos, isto é, ter ação iniciadora e promotora, ao mesmo tempo (Walborg, 1991; Alberts et al, 1997). Isso é, por exemplo, o que acontece com o fumo e as radiações ionizantes.

Em anos mais recentes, a evolução do conhecimento nessa área levou à inclusão de uma nova etapa no processo de carcinogênese, denominada de **progressão** (Walborg, 1991; Alberts et al, 1997). Assim considerado, o processo de desenvolvimento de câncer, evoluiria em três estágios:

- **iniciação**, que compreende os eventos responsáveis pela transformação irreversível de uma célula normal em uma célula com material genético alterado, com alta probabilidade de evoluir para a malignidade;

- **promoção**, processo através do qual essa célula evolui para uma fase de perda de suas características diferenciais e começa a se replicar, originando células-filhas também pouco diferenciadas; fase de neoplasia benigna, ainda reversível;

- **progressão**, etapa em que as células alteradas ultrapassam os mecanismos que controlam a replicação celular e a organização espacial de cada tecido, estabelecendo-se como células com características de malignidade.

A evolução celular, entretanto, não termina nem mesmo nessa etapa, porque as células malignas são selecionadas de acordo com a sua capacidade de invadir tecidos e produzir células metastáticas.

Em todos os modelos de carcinogênese que têm sido propostos, o fator central, que desencadeia o início do processo, é a alteração do DNA da célula. Diversos estudos experimentais demonstraram que agentes físicos e químicos podem produzir lesões no DNA celular, levando a alterações do material genético (Brandt-Rauf e Pincus, 1987; McSharry, 2001b). Um aspecto fundamental das células cancerosas é, portanto, o fato de que, quando elas se dividem, as duas células-filhas resultantes também são células cancerosas. O câncer é herdado, de maneira estável, durante a divisão celular, e já foi demonstrado que muitos tumores têm origem clonal, ou seja, são derivados de uma única célula-mãe cancerosa, que se divide incessantemente, gerando um tumor de células-filhas idênticas (Watson et al, 1992).

A descoberta de que certos vírus, quando inoculados em animais, poderiam levar ao desenvolvimento de tumores, levou a descoberta de muitos dos princípios básicos da carcinogênese, assim como à identificação de muitos mecanismos de organização e regulação dos genes em células eucariotas.

Os vírus causadores de tumores são classificados em dois tipos, dependendo do tipo de ácido nucléico contido no seu genoma, RNA ou DNA. Os retrovírus consistem em um grupo de vírus que possuem RNA no seu genoma e têm a capacidade de capturar e incorporar, de maneira estável, genes celulares normais presentes nas células que infectaram, através de um mecanismo ainda pouco compreendido, denominado de transdução (Watson et al, 1992; McSharry, 2001b).

Experimentos de indução de carcinogênese em animais, através da infecção das células com uma classe de vírus denominados retrovírus, demonstraram a existência de um grupo de genes modificados (**oncogenes**), que eram adquiridos pelos vírus nas próprias células dos animais que eles infectavam. Os vírus que infectam as células do animal se integram ao seu DNA, nas mais variadas posições, de maneira essencialmente aleatória; em uma célula, o vírus se coloca na posição onde se localiza um determinado gene (proto-oncogene), alterando-o (oncogene): essa alteração perturba a expressão genética do gene, conferindo, à célula infectada, uma vanta-

gem de crescimento sobre as outras que, eventualmente, se traduz em uma multiplicação acelerada e na formação de um tumor (Watson et al, 1992).

Embora os retrovírus não pareçam estar envolvidos no desenvolvimento de tumores em seres humanos, a descoberta dos oncogenes permitiu uma melhor compreensão dos mecanismos envolvidos no processo de carcinogênese, surgindo um importante modelo explicativo destes fenômenos. A importância desse modelo reside no fato de que agentes físicos e químicos podem, em princípio, produzir as mesmas alterações que os retrovírus em proto-oncogenes celulares, levando ao desenvolvimento de tumores.

Os **oncogenes** formam um grupo de genes derivados de genes celulares normais, denominados de proto-oncogenes, que se encontram presentes em todas as células dos seres humanos, assim como nas dos animais (Bishop, 1988). A exata função dos proto-oncogenes ainda é desconhecida, porém eles parecem exercer um controle essencial sobre a divisão e diferenciação das células, assim como atuar em mecanismos que regulam a comunicação entre as mesmas, através das membranas juncionais (Taylor, 1989; Walborg, 1991). A ativação dos proto-oncogenes, com sua conseqüente transformação em oncogenes, parece ocorrer através de mutações, reagrupamentos de genes ou amplificação dos mesmos (Fearon et al, 1990; Watson et al, 1992).

Alguns proto-oncogenes codificam para fatores de crescimento, proteínas que funcionam como sinais para as células crescerem; um exemplo deste tipo é o oncogene *sis*. Identificado pela primeira vez em um retrovírus do macaco, ele codifica para um importante fator de crescimento que estimula a mitose em certos tipos de células como, por exemplo, os fibroblastos (Watson et al, 1992). Outros proto-oncogenes codificam para receptores de fatores de crescimento e sua alteração faz com que as células se tornem mais receptivas aos mesmos, ocasionando, assim também, um estímulo à mitose (Watson et al, 1992).

O maior grupo de proto-oncogenes é formado por genes que codificam para proteínas que atuam ao nível da membrana plasmática, se associando, nesse local, a fatores de crescimento, ou para proteínas encarregadas de atuar na transmissão de sinais para o ambiente extra-celular: esse grupo inclui a família dos oncogenes *src*, *abl* e *lck* (Watson et al, 1992). A ativação desses oncogenes se manifesta por uma combinação de mecanismos que incluem a expressão exagerada dos produtos que o oncogene codifica, mutações que aumentam a atividade enzimática desses produtos, ou mudanças na sua localização dentro da célula (Watson et al, 1992). Uma outra classe de oncogenes, que desempenham funções similares, é a família *ras*, encontrada, por exemplo, no carcinoma de bexiga de seres humanos (Watson et al, 1992).

Oncogenes das famílias *fos*, *myc* e *rel* parecem estar ligados à transcrição de genes: produzem proteínas que atuam diretamente no núcleo, como fatores de transcrição, controlando a expressão dos genes necessários para a proliferação celular (Watson et al, 1992).

Resumindo, em virtualmente todos os casos, as proteínas produzidas pelos oncogenes atuam nos mecanismos através dos quais as células recebem e executam instruções de crescimento e proliferação: as mutações que ativam esses genes são, geralmente, mutações estruturais (levando à construção de uma proteína ativa sem que seja recebido um sinal para sua fabricação) ou mutações regulatórias (levando à produção de proteínas em momento ou local errado) (Watson et al, 1992; Liotta & Liu, 2001).

Como já foi mencionado anteriormente, o processo de carcinogênese é um fenômeno que transcorre em múltiplos estágios e o aparecimento de uma neoplasia decorre de vários eventos independentes que ocorrem seqüencialmente em uma única célula. Experimentos realizados em laboratório mostraram que um único oncogene não pode, sozinho, transformar células normais em células cancerosas e que, de fato, são requeridos múltiplos eventos (Walborg, 1991; Watson et al, 1992). Observou-se também que somente certas combinações de oncogenes levam ao aparecimento de tumores, de onde se concluiu que suas ações são complementares: dois oncogenes que tenham a mesma função não ocasionarão alteração celular, sendo necessário, pelo menos, que o sistema seja perturbado em dois momentos distintos (Watson et al, 1992; McSharry, 2001). Diversos modelos, aplicados a experiências com animais de laboratório, forneceram evidências de que eventos mutagênicos separados estejam envolvidos na iniciação de um tumor e na sua progressão de lesão benigna para maligna (Walborg, 1991; Liotta & Liu, 2001b).

Avanços importantes na área de biologia molecular permitiram o reconhecimento de outro grupo importante de genes - os **genes de supressão tumoral**, em estudos de certas neoplasias hereditárias, como o neuroblastoma, um tumor de sistema nervoso bastante comum na infância. Embora os mecanismos de ação desses genes ainda não estejam totalmente elucidados, já foi reconhecido que eles atuam como inibidores da proliferação celular. Geneticamente, as mutações que ocorrem nos genes de supressão tumoral são diferentes daquelas que ocorrem nos oncogenes (Walborg, 1991; Watson et al, 1992). As mutações que ativam os oncogenes são dominantes, isto é, basta a alteração de uma cópia do gene para que ele se torne ativo e passe a produzir sua proteína; as mutações dos genes de supressão tumoral são recessivas, isto é, a mutação em um só gene não produz nenhum efeito, desde que o outro par continue produzindo sua proteína em quantidades razoáveis. A perda do gene ativo, que pode acontecer esporadicamente, durante a divisão celular, leva ao desenvolvimento posterior da doença, pois, nesse caso, a proteína deixa de ser produzida totalmente (Liotta & Liu, 2001b). Em tumores hereditários, o indivíduo afetado não teria, originalmente, um dos genes, perdendo, em algum momento, o gene ativo; nos casos não hereditários, a perda dos genes de supressão tumoral parece estar ligada à perda sucessiva dos dois genes. Fearon e Vogelstein (Fearon e Vogelstein, 1990) propuseram um modelo desse tipo para os tumores de cólon em seres humanos.

A evolução da célula normal para a malignidade é, assim, caracterizada, inicialmente, por alterações na composição dos cromossomos, que podem resultar na ativação de oncogenes, ou na inativação de genes de supressão tumoral. A causa direta dessas aberrações cromossômicas não é conhecida, mas poderia estar relacionada a altera-

ções das enzimas que atuam durante o processo de replicação do DNA, ou a uma probabilidade aumentada de erro nesta fase, ou na anáfase, fase da divisão celular onde os cromossomos se separam; ambas as alterações podem ocorrer devido ao rápido crescimento das células (Jones, 1986; Feinberg et al, 1988; Vogelstein, 1989). Já foi demonstrado que diversos agentes, inclusive agentes promotores tumorais, podem levar à instabilidade cromossômica, através de um bloqueio passageiro da replicação do DNA, ou do ciclo celular (Farber et al, 1991; Liotta & Liu, 2001b). Agentes iniciadores poderiam ser responsáveis por esses mecanismos, ao provocar uma síntese inapropriada de DNA, que levaria a alterações cromossômicas; agentes promotores poderiam produzir defeitos na transmissão de sinais entre as células, através de interferência fisiológica, ocasionando alterações da divisão celular (Walborg, 1991).

A observação de que a carcinogênese, em tecidos epiteliais é acompanhada de modificações nos pontos de junção entre as membranas celulares levou à hipótese de que a alteração da comunicação entre as células também teria um papel na seqüência de eventos que ocorrem durante esse processo (Yamasaki e Katoh, 1988). A demonstração de que vários tipos de oncogenes codificam para proteínas que atuam ao nível da membrana plasmática, assim como de que os genes de supressão tumoral produzem produtos protéicos com esse mesmo tipo de ação, tornou bastante provável que esse mecanismo esteja envolvido no desenvolvimento de câncer (Walborg, 1991).

Além desses mecanismos moleculares diretamente envolvidos na carcinogênese, existem diversos outros fatores que, embora não sejam cancerígenos, podem também atuar nesse processo e modificá-lo. Esses fatores são denominados **co-carcinógenos** (co-iniciadores, co-promotores, co-progressores) e incluem: enzimas relacionadas à ativação de agentes pré-carcinógenos em carcinógenos ativos e à reparação de DNA, ou ligadas aos mecanismos genéticos que regulam essa reparação; fatores imunológicos e humorais; alterações celulares conseqüentes ao envelhecimento, trauma ou infecções; estado nutricional (Walborg, 1991; Liotta & Liu, 2001b). Os agentes ambientais, portanto, podem influir no processo de desenvolvimento de câncer não só de uma maneira direta, atuando nos mecanismos moleculares e celulares envolvidos na carcinogênese, mas também de forma indireta, exercendo sua ação sobre fatores co-carcinógenos.

Como já foi visto, a exposição maciça a um carcinógeno completo pode levar ao desenvolvimento de câncer, sem necessidade de exposição subseqüente a um agente promotor. Todavia, as exposições ambientais aos agentes físicos e químicos são, comumente, contínuas e de baixa intensidade e, nesse caso, os fatores iniciadores apenas desencadeariam o processo de carcinogênese, cabendo aos agentes promotores, progressores e aos co-carcinógenos um papel importante no desenvolvimento da doença.

3. EFEITOS BIOLÓGICOS DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS E CÂNCER

A interação física inicial dos CEM com os sistemas vivos é a indução de correntes elétricas nos tecidos (Tenforde, 1992). Entretanto, é ainda difícil compreender como os CEM modificam as cargas elétricas da membrana celular, pois se considera que não sejam suficientemente fortes para atuar através dos mesmos mecanismos utilizados pelos campos elétricos de frequências mais altas, como, por exemplo, o deslocamento de partículas e íons (Goodman e Henderson, 1994). De qualquer forma, após essa primeira etapa, essencial para que se desencadeie o processo de carcinogênese, ainda seriam necessárias várias outras alterações bioquímicas e estruturais da célula, que também precisam ser melhor elucidadas.

Uma série de evidências bastante convincentes, provenientes de um grande número de estudos experimentais indicavam que os campos eletromagnéticos possivelmente não atuavam como agentes iniciadores, pois não tinham uma ação lesiva direta sobre o DNA (Walborg, 1991; Parola e Markel, 1994). Parecia, assim, mais plausível, que atuassem no processo de carcinogênese, através de mecanismos envolvendo a promoção tumoral ou a co-carcinogênese (Walborg, 1991; Stevens, 1994). Dessa forma, a maioria dos estudos experimentais que têm sido realizados se concentrou nas etapas secundárias do processo de carcinogênese (promoção e progressão), sendo propostos diversos mecanismos explicativos da ação dos campos eletromagnéticos na indução de tumores em seres vivos.

Apesar do grande número de estudos, contudo, o mecanismo exato de indução dos efeitos biológicos observados ainda é desconhecido.

3.1. Estudos do período inicial

Em 1981, após extensa revisão da literatura disponível sobre carcinogênese, Easterly (Easterly, 1981) propôs o efeito promotor sobre células tumorais latentes (já iniciadas) como o mecanismo mais provável para uma ação cancerígena dos campos eletromagnéticos. A proposta de Easterly foi vista como bastante provável por muitos pesquisadores, sendo abordada em diversos estudos epidemiológicos e experimentais publicados na literatura.

O estímulo à transcrição de RNA mensageiro, induzindo o aumento de uma população de células iniciadas é uma característica dos agentes promotores de modo geral (Brandt-Rauf e Pincus, 1987). Diversos pesquisadores evidenciaram um aumento da transcrição de RNA mensageiro após exposição a campos eletromagnéticos (Goodman et al, 1988; Walborg, 1991). Em estudos experimentais subsequentes, observou-se que esse aumento de transcrição não é generalizado, mas específico para um grupo de genes que, possivelmente, estariam relacionados ao crescimento ou divisão celular (Goodman e Henderson, 1994).

Os agentes promotores têm a propriedade de induzir hiperplasia sustentada em determinados tecidos, estimulando o crescimento e a proliferação de suas células. Uma série de estudos experimentais sobre os efeitos dos campos eletromagnéticos seguiu essa linha de investigação. Entretanto, seus resultados são, de modo geral, inconsistentes, por terem sido realizados em uma grande diversidade de animais e

utilizado diferentes especificações de frequência e intensidade dos campos eletromagnéticos. Walborg (Walborg, 1991), em uma revisão dos resultados desses estudos, destacou duas importantes contribuições que emergiram dessa linha de pesquisa: as janelas de atividade biológica e as relações entre o campo geomagnético e o campo eletromagnético.

Em alguns desses estudos foi observada a existência de janelas de frequência e intensidade dos campos, onde os efeitos biológicos se manifestavam, ou seja, em determinadas frequências e intensidades verificava-se atividade proliferativa das células; em outras frequências e intensidades, esse efeito não aparecia, voltando a ocorrer em outras. A demonstração da existência dessas janelas de frequência e intensidade para que ocorresse a atividade proliferativa assumiu particular importância por ter sido demonstrado um efeito na janela de frequência da eletricidade, com intensidades similares às encontradas em domicílios (Walborg, 1991).

Nesse mesmo grupo de estudos, foi demonstrada a ocorrência de uma interação entre os campos eletromagnético e geomagnético, que ocorria quando os dois campos se colocavam de maneira perpendicular um ao outro; essa condição parece ser consistente com um mecanismo de transdução, semelhante à ressonância magnética, o qual poderia ser responsável pela transformação da energia eletromagnética em uma alteração físico-química ao nível da membrana celular (Tenforde, 1992).

A membrana plasmática é responsável por mecanismos que envolvem a regulação da proliferação celular, através da tradução de sinais provenientes do ambiente externo, assim como das células vizinhas. Experimentos realizados em células haviam mostrado, anteriormente, que os campos eletromagnéticos alteravam as propriedades da membrana plasmática, e essa alteração poderia ser ocasionada pelo mecanismo acima proposto (Walborg, 1991; Tenforde, 1992). Ainda nessa mesma linha de investigação, alguns estudos experimentais levantaram a possibilidade de que essas alterações da membrana plasmática estivessem relacionadas a mecanismos de regulação (transporte ativo) dos íons de cálcio para dentro e fora das células (Walborg, 1991).

Observou-se que ocorre uma redução da atividade da enzima adenina-di-aminase (ADA), relacionada ao metabolismo das bases púricas, em células neoplásicas. A atividade anormal da ADA estaria ligada a alterações dos lipídios que compõem a membrana plasmática, o que dificultaria a sua ligação com as proteínas que também a compõem (Parola e Markel, 1994). Em estudos que analisaram a atividade da ADA em células expostas a campos eletromagnéticos foi verificada uma redução dos seus níveis, assim como uma alteração das propriedades físicas dos lipídios componentes da membrana plasmática bastante semelhante àquela que se observa ao induzir transformação maligna em células, a partir de uma infecção com vírus (Parola e Markel, 1994). Foi, então, sugerido que esse mecanismo poderia ser um fator importante no desenvolvimento de câncer após exposição aos campos eletromagnéticos. Uma série de estudos realizados em diferentes laboratórios, obteve resultados similares (Parola & Markel, 1994).

A ornitina-descarboxilase (ODC) é uma enzima indispensável na síntese de poliaminas, substâncias necessárias para a manutenção do crescimento e da função celulares em níveis normais. Durante a proliferação celular, a síntese de poliaminas está aumentada, precedendo sempre o aumento nas concentrações de DNA, RNA e

proteínas dentro das células (Walborg, 1991). Como a indução de proliferação celular sustentada é uma característica dos agentes promotores, a produção de ODC pelas células vem sendo utilizada como um marcador desse tipo de ação para diversos agentes químicos. Estudos de exposição de células tumorigênicas a campos eletromagnéticos na frequência da eletricidade mostraram um aumento nos níveis de ODC, compatível com uma ação promotora, e restrito a determinadas janelas de intensidade (Walborg, 1991). Os níveis verificados foram, porém, bem mais baixos do que os observados em estudos com outros tipos de agentes promotores, levando alguns pesquisadores a levantar a possibilidade de uma ação aditiva ou potencializante dos campos eletromagnéticos na fase de promoção do processo de carcinogênese, nesse caso, uma ação co-promotora (Walborg, 1991).

Os fatores co-carcinogênicos atuam, de forma indireta, em qualquer uma das fases do processo de carcinogênese. Diversos estudos experimentais investigaram a possibilidade de que os campos eletromagnéticos participassem do processo de carcinogênese através de algum mecanismo desse tipo.

Quando um fator estranho penetra no organismo, ou é por ele produzido, as células que compõem o sistema imunológico imediatamente detectam a presença de uma substância diferente, respondendo com uma série de reações que incluem a formação de anticorpos contra o material estranho e sua eliminação. A inibição dessa resposta imune é um mecanismo de co-carcinogênese, pois faz com que o sistema imunitário não detecte prontamente a presença, no organismo, de células com características diferentes, permitindo que populações celulares malignas alcancem uma massa crítica antes que ele esteja apto a reconhecê-las e destruí-las (Walborg, 1991). Efeitos de inibição da resposta de linfócitos (células componentes do sistema imunológico) foram observados em ratos, após exposição a campos eletromagnéticos de 60 Hz (Walborg, 1991). Os estudos experimentais nessa área são escassos, sendo necessária cautela na sua interpretação.

Com base em trabalhos experimentais com animais, onde foi demonstrado que a exposição prolongada a campos eletromagnéticos de 60 Hz suprime o aumento fisiológico de melatonina no sangue, durante o período noturno, Stevens (Stevens, 1987) apresentou a hipótese de que os mesmos estivessem implicados no desenvolvimento de tumores de mama, dando início a uma importante linha de pesquisa sobre seus efeitos.

A melatonina é um hormônio produzido pela glândula pineal que tem, entre outras, uma importante função anti-gonadotrófica (diminui a produção de hormônios pelas gônadas). A produção de melatonina pela glândula pineal se realiza em um ritmo circadiano, sincronizado ao ciclo luz-treva, traduzido por baixos níveis sanguíneos do hormônio durante o dia (luz) e altos níveis à noite (treva) (Stevens, 1994). Durante a noite, o alto nível de melatonina no sangue suprime a produção de estrógenos pelos ovários. O estrógeno, por sua vez, tem sido implicado como um fator importante na formação de tumores de mama, por estimular a proliferação de células mamárias .

Vários estudos experimentais indicaram que a glândula pineal, através de uma ação oncostática, mediada pela melatonina, poderia modular o desenvolvimento de tumores hormônio-dependentes de diversos tipos, entre eles os de próstata, ovário e mama e os melanomas (El Domeiri e Das Gupta, 1973; Tamarkin et al, 1981; Shah et

al, 1984; Stevens, 1994). Estudos do nível plasmático de melatonina em seres humanos, após exposição aos CEM foram realizados por Tamarkin e colaboradores (Tamarkin et al, 1982), sendo os resultados encontrados compatíveis com aqueles obtidos nos estudos experimentais.

Com relação aos efeitos dos campos eletromagnéticos sobre a glândula pineal, trabalhos experimentais com ratos indicaram que esta pode responder diretamente à exposição, provavelmente devido a alterações nos níveis de uma das enzimas que participam do processo de formação da melatonina (Walborg, 1991). O papel fisiológico exato através do qual a exposição aos campos eletromagnéticos alteraria a secreção de melatonina pela glândula pineal em seres humanos, não foi definido (Stevens, 1994). Um dos possíveis mecanismos de ação propostos seria a teoria da ressonância, já mencionada anteriormente, porém muito questionada na literatura (Walborg, 1991).

Um dos principais argumentos levantados contra um possível papel dos CEM no processo de carcinogênese residia no fato deles não possuírem energia suficiente para ocasionar lesões no DNA da célula, como fazem, por exemplo, as radiações ionizantes (Stevens, 1994). Os avanços obtidos no entendimento do processo de desenvolvimento de câncer mostraram, entretanto, que existiam múltiplos caminhos através dos quais um agente ambiental poderia contribuir para o surgimento de neoplasias em seres humanos (Herms, 1987; Walborg, 1991; Stevens, 1994).

A evidência experimental que se acumulou nesse período indicava que os campos eletromagnéticos de 50-60 Hz poderiam modular uma série de processos biológicos e bioquímicos envolvidos na produção de tumores, embora a base biológica da associação entre campos eletromagnéticos e câncer não estivesse claramente definida.

Algumas características interessantes dos campos eletromagnéticos emergiram do conjunto de estudos experimentais publicados na literatura nesse período. Destacam-se, entre elas, a alta sensibilidade dos efeitos induzidos a múltiplas janelas de frequência no espectro de 1 a 100 Hz; o papel dominante dos campos magnéticos na indução dos efeitos observados; as amplitudes extremamente baixas em que, ainda assim, ocorre uma resposta biológica (Parola e Markel, 1994).

Por outro lado, a base teórica da interação dos campos eletromagnéticos de frequências extremamente baixas com os sistemas biológicos não foi plenamente desenvolvida. A interação física inicial entre os campos eletromagnéticos de 50-60 Hz e as células se daria a partir da indução de correntes elétricas nos tecidos, mas os mecanismos através dos quais esse processo ocorreria ainda eram de difícil compreensão, dependendo do acúmulo de maiores evidências experimentais (Tenforde, 1992).

Para a confirmação da possibilidade de que os campos eletromagnéticos contribuíssem para o desenvolvimento de tumores hormônio-dependentes, havia também necessidade de mais evidências sobre as relações de causalidade nos animais estudados, assim como sobre o papel da glândula pineal na modulação da produção de hormônios gonadais em seres humanos. Embora esse mecanismo de ação não fosse confirma-

do, essa hipótese foi utilizada em diversos estudos epidemiológicos, alguns deles com resultados positivos (Matanoski, 1990; Vena et al, 1991; Demers et al, 1991).

3.2. Estudos mais recentes

Uma série de estudos experimentais, utilizando modelos animais, foi realizada. A maior parte desses estudos investigou os efeitos diretos dos CEM na promoção tumoral, enquanto os efeitos na progressão (crescimento e aumento do grau de malignidade do tumor) foram pouco estudados.

Os estudos em animais são bastante utilizados para a avaliação de agentes supostamente carcinogênicos para seres humanos. Entretanto, não se pode esperar que a extrapolação de seus resultados seja direta, pois existem diferenças importantes em relação à sobrevivência, fisiologia, metabolismo, capacidade de proliferação dos diferentes tecidos e capacidade de reparação do DNA, entre animais e seres humanos (NIESH, 1998). Os ratos têm sido bastante utilizados como modelos experimentais para o estudo de tumores mamários, enquanto a investigação de leucemias e linfomas tem sido efetuada, com mais frequência, em camundongos (NRPB, 2000). Entretanto, não existem ainda modelos animais considerados adequados para o estudo de melanomas, tumores de cérebro e leucemia linfocítica aguda, essa última, a forma mais comum de leucemia na infância (NRPB, 2000).

Em um estudo realizado por Harris e co-autores (Harris et al, 1998), com camundongos transgênicos, predispostos ao desenvolvimento espontâneo de linfomas, não se observou um efeito da exposição prolongada a campos magnéticos sobre a incidência desses tumores. Farn e Mikhail (Farn & Mikhail, 1996), observaram uma alta incidência de linfomas em camundongos CFC, expostos a campos magnéticos de 25 mT. Outros estudos também não observaram um efeito da exposição aos campos magnéticos sobre a incidência e mortalidade por tumores do sistema hematopoiético (Shem et al, 1997; McCormick et al, 1998; Babbitt et al, 2000).

Quatro grupos de pesquisa investigaram os possíveis efeitos da exposição a campos magnéticos na incidência de tumores de mama quimicamente induzidos, com resultados contraditórios. Segundo o relatório do grupo assessor do NRPB (NRPB, 2000), os resultados desses estudos são de difícil interpretação, pois houve uma variação considerável entre a incidência de tumores nos grupos não expostos. A re-análise do conjunto de dados disponíveis indicou a existência de uma correlação entre a incidência desses tumores e o fluxo de densidade magnética (Mevissen et al, 1998). Em grupos de camundongos submetidos a doses baixas de um agente iniciador, foi observado um aumento estatisticamente significativo da incidência de tumores mamários, após exposição a campos magnéticos de $10 \frac{1}{4}T$, durante 27 semanas (Thun-Battersby et al, 1999).

Dentro dos limites dos modelos experimentais de carcinogênese mamária, o grupo de trabalho do NRPB(NRPB, 2000) considera que os resultados do conjunto de estudos desenvolvidos não fornece evidências convincentes de um efeito promotor dos CEM em câncer de mama quimicamente induzido, assim como em tumores do

sistema hematopoiético. Todavia, a maioria dos estudos realizados seguiu o padrão tradicionalmente adotado para a testagem de agentes químicos suspeitos de serem carcinogênicos, sendo possível que a investigação do papel de fatores envolvidos no processo multifatorial de carcinogênese requeira aproximações diferentes das até então empregadas (NIESH, 1998).

Os efeitos dos CEM sobre os níveis de melatonina foram estudados, principalmente, em ratos de laboratório e em voluntários.

Os estudos realizados com animais de laboratório apresentam limitações entre elas, a caracterização da exposição, os métodos estatísticos empregados e diferenças entre o desenho das investigações (NIEHS, 1998). Entretanto, o peso das evidências parece favorecer a conclusão de que a exposição a longo prazo aos CEM diminui levemente as concentrações de melatonina em ratos (NRPB, 2000).

Em três estudos realizados com voluntários expostos a campos magnéticos durante toda a noite, não foram evidenciadas alterações nos níveis séricos de melatonina, diurnos e noturnos (NRPB, 2002). No estudo de Wood e colaboradores (Wood et al, 1998), um grupo de indivíduos do sexo masculino foi exposto a campos magnéticos na frequência da eletricidade, intermitentemente, durante a noite, sendo medidos os níveis de melatonina diurnos e noturnos e comparados com aqueles de um grupo controle não exposto. Os resultados desse estudo indicaram que havia um retardo da elevação dos níveis de melatonina noturnos, quando os indivíduos recebiam a exposição antes do período de elevação noturna natural desses níveis. Entretanto, esses efeitos não foram consistentes, sendo difícil considerá-los como conclusivos (NRPB, 2000).

Em relação aos efeitos inibidores do funcionamento do sistema imune, atribuídos à exposição aos CEM, os estudos mais recentes não trouxeram evidências mais consistentes (NIESH, 1998; NRPB, 2000).

Recentemente, foi publicado um estudo experimental, realizado com culturas de fibroblastos humanos, onde foi demonstrado um efeito genotóxico dos CEM, confirmando achados de outros estudos similares, que vêm sendo realizados desde 1997, por diferentes pesquisadores (Ivancsits et al, 2003). Nesse experimento, foi observado que a exposição intermitente a CEM (50 Hz / 1,0000 $\frac{1}{4}$ T) induzia quebras nas fitas de DNA, sendo essa alteração tempo-dependente e dose-dependente, e não relacionada a efeito térmico. Os resultados desses estudos abrem novas possibilidades e perspectivas na investigação dos efeitos biológicos dos CEM.

CONCLUSÕES

Entre os diversos fatores que contribuem para dificultar o trabalho de investigação nessa área, é importante mencionar a determinação dos parâmetros de relevantes de exposição aos campos elétricos e magnéticos, que é de extrema complexidade. Medidas de exposição adequadas são imprescindíveis para estudos experimentais sobre

qualquer efeito biológico, pois dose, intensidade, duração, entre outros, são bastante relevantes, não só para que se verifique a ocorrência, ou não, desse efeito, como para a reprodutibilidade da experiência em outros laboratórios de pesquisa (Walborg, 1991). Outros fatores relacionados são, por exemplo, a utilização de diferentes protocolos de pesquisa, de diversos tipos de células, ou de diferentes animais, assim como dos mais variados tipos de equipamentos e intensidades de campos eletromagnéticos.

Parola e Markel (Parola e Markel, 1994), sintetizando as dificuldades observadas nessa área de pesquisa referiram que “embora muitos pesquisadores concordem que os campos eletromagnéticos de baixa frequência interagem com as células, não existe ainda uma explicação convincente para a forma como se dá essa interação”. É também difícil atribuir a um único mecanismo biológico a diversidade de efeitos observados na literatura e relatados neste capítulo.

O conjunto de fatores mencionados, aliado a extrema complexidade do processo de carcinogênese em seres humanos, possivelmente é, em grande parte, responsável pelas inconsistências observadas entre os diversos estudos publicados nesse campo de investigação. Assim, embora numerosos estudos experimentais sobre efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos tenham sido publicados, nenhum dos efeitos relatados pode ser considerado como uma evidência conclusiva de carcinogenicidade (NRPB, 2000).

É provável que a evolução da pesquisa experimental sobre os efeitos biológicos dos CEM possa trazer novas contribuições sobre os mecanismos físicos e biológicos envolvidos na associação entre exposição a esses campos e desenvolvimento de câncer.

Ines Mattos e Sérgio Koifman,
médicos e pesquisadores titulares da
Fundação Oswaldo Cruz FIOCRUZ-RJ

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTS, B; BRAY, D; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K.; WATSON, J.D. 1997. *Biologia Molecular da Célula*. Artes Médicas. Porto Alegre, RS.

ARMITAGE, P. & DOLL, R. 1954. The age distribution of cancer and a multistage theory of carcinogenesis. *British Journal of Cancer*, 8:1-12.

BABBITT, J.T.; KHARAZI, A.I.; TAYLOR, J.M.G. et al. 2000. Hematopoietic neoplasia in C57BL/6 mice exposed to split-dose ionizing radiation and circularly polarized 60 Hz magnetic fields. *Carcinogenesis*, 21:101-111.

BITTAR, E. E. 1980. *Cell biology in Medicine*. John Wiley & Sons. New York, USA.

BRANDT-RAUF, P. W. & PINCUS, M. R. 1987. *Oncogenes and oncogene proteins*. Occupational Medicine: State of the Art Reviews. Hanley & Belfus Inc.. Philadelphia,, USA.

DEMERS, P.A. et al. 1991. Occupational exposure to electromagnetic fields and breast cancer incidence. *American Journal of Epidemiology*, 134:340-347.

- DOLL, R. & PETO, R. 1981. The causes of cancer: Quantitative estimates of avoidable risks of cancer in the United States today. *Journal of the National Cancer Institute*, 66:1192-1308.
- EASTERLY, C. E. 1981. Cancer link to magnetic field exposure; a hypothesis. *American Journal of Epidemiology*, 114:169-174.
- EL-DOMEIRI, A.A.H. & DAS GUPTA, T.K. 1973. Reversal by melatonin of the effect of pinealectomy on tumor growth. *Cancer Research*, 32:2830-2833.
- FARN, W.Z. & MIKHAIL, E.L. 1996. Lymphoma induced in mice chronically exposed to very strong low-frequency electromagnetic field. *Cancer Letter*, 105:257-269.
- FEARON, E.R. et al. 1990. Identification of a chromosome 18q gene that is altered in colorectal cancers. *Science*, 247:49-56.
- FEARON, E.R. & VOGELSTEIN, B. 1990. A genetic model for colorectal tumorigenesis. *Cell*, 61:759-767.
- GOODMAN, R. et al. 1993. Pulsing electromagnetic fields induce cellular transcription. *Science*, 220:1283-1285.
- GOODMAN, R. & SHIRLEY-HENDERSON, A. 1994. Effects of Electric and Magnetic Fields on Transcription. In: "Biologic Effects of Electric and Magnetic Fields" Vol. II. CARPENTER, D.O. & AYRAPETIAN, S. (eds.), pp. 155-176, Academic Press, San Diego, USA.
- HARRIS, A.W.; BASTEN, A.; GEBSK, V. et al. 1998. A test of lymphoma induction by long-term exposure of E-PIM1 transgenic mice to 50 Hz magnetic fields. *Radiation Research*, 149:300-307.
- HERMO, H. 1987. Chemical carcinogenesis: tumor initiation and promotion. *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*. Hanley & Belfus Inc. Philadelphia, USA.
- IVANCSITS, S.; DIEM, E. JAHN, O.; RUDIGER, H.W. 2003. Intermittent extremely low-frequency electromagnetic fields cause DNA damage in a dose-dependent way. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 76: 431-436.
- IVERSEN, O. H.; DONALD, K. J.; VRIES, M. J. 1992. Basic text in general pathology. IPALS - Universitetsforlaget. Oslo, Norway. MIMEO.
- KOTYK, A. & JANACEK, K. 1977. Cell membrane transport: Principles and techniques. Plenum Press. New York, USA.
- LILIENFELD, A. M.; EDERSEN, E.; DOWD, J. E. 1967. *Cancer Epidemiology: Methods of study*. The John Hopkins Press. Baltimore, USA.
- LIOTTA, L.A. & LIU, E.T. 2001. Essentials of molecular biology: Basic principles. In: *Cancer: Principles & Practice of Oncology*. DeVITTA, V.T.; HELMAN, S.; ROSENBERG, S.A. (ed.). Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia, USA.
- LIOTTA, L.A. & LIU, E.T. 2001b. Essentials of molecular biology: Genomics and Cancer. In: *Cancer: Principles & Practice of Oncology*. DeVITTA, V.T.; HELMAN, S.; ROSENBERG, S.A. (ed.). Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia, USA.
- MATANOSKI, G.M. et al. 1991. Electromagnetic field exposure and male breast cancer. *Lancet*, 337:737.
- McCORMICK, D.L.; RYAN, B.M.; FINDLAY, J.C. et al. 1998. Exposure to 60 Hz magnetic fields and risk of lymphoma in PIM transgenic and TSG-p53 (p53 knockout) mice. *Carcinogenesis*, 19:149-1653.
- McSHARRY, J. 2001. Biology of normal cells. In: *Fundamentals of Cancer Epidemiology*. NASCA, P.C. & PASTIDES, H. (ed). ASPEN. Maryland, USA.
- McSHARRY, J. 2001b. Biology of cancer cells. In: *Fundamentals of Cancer Epidemiology*. NASCA, P.C. & PASTIDES, H. (ed). ASPEN. Maryland, USA.

- MEVISSSEN, M.; HAUBLER, M.; LERCHL, A. et al. 1998. Acceleration of mammary tumorigenesis by exposure to 7,12- dimethylbenz(±)anthracene-treated female rats in a 50 Hz, 100 $\frac{1}{4}$ T magnetic field: replication study. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 53:401-418.
- MOOLGAVKAR, S.H. 1986. Carcinogenesis modeling: from molecular biology to epidemiology. *Annual Review of Public Health*, 7:151-169.
- NASCA, P. 2001. Basic terminology. In: *Fundamentals of Cancer Epidemiology*. NASCA, P.C. & PASTIDES, H. (ed). ASPEN. Maryland, USA.
- NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences of the National Institutes of Health). 1998. Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. NIEHS Working Group Report PORTIER, C.J. & WOLFE, M.S. (ed). NIH Publication n° 3981. USA.
- NRPB (National Radiological Protection Board). 2001. ELF electromagnetic fields and the risk of cancer. Report of an Advisory Group on Non-ionising radiation. Documents of the NRPB, volume 12, n° 1. UK.
- PAROLA, A.H. & MARKEL A. 1994. Electric and Magnetic fields and Carcinogenesis. In: "Biologic Effects of Electric and Magnetic Fields" Vol. II. CARPENTER, D.O. & AYRAPETYAN, S. (eds.), pp. 177-197, Academic Press, San Diego, USA.
- SAGRERA, S.A. 1976. Citogenética humana: Normal y Patologica. Ed. Interamericana S/A. Mexico
- SCHOTTENFELD, D. 1981. The epidemiology of cancer: an overview. *Cancer*, 47:1095-1108.
- SCHULTE, P.A. & PEREIRA, F. P. (eds). 1993. *Molecular epidemiology: Principles and practices*. Academic Press. New York, USA.
- SHAH, P.N. et al. 1984. Effect of melatonin on mammary carcinogenesis in intact and pinealectomized rats in varying photoperiods. *Cancer Research*, 44:3403-3407.
- SHEN, Y.H.; SHAO, B.J.; CHIANG, H. et al. 1997. The effects of 50 Hz magnetic field exposure on dimethylbenz (±) anthracene induced thymic lymphoma/leukaemia in mice. *Bioelectromagnetics*, 18:360-364.
- STEVENS, R.G. 1994. Electrical power and risk of hormone-related cancers. In: "Biologic Effects of Electric and Magnetic Fields" Vol. II. CARPENTER, D.O. & AYRAPETYAN, S. (eds.), pp. 263-278, Academic Press, San Diego, USA.
- TAMARKIN, L. et al. 1981. Melatonin inhibition and pinealectomy enhancement of 7,12-dimethylbenz (±) anthracene-induced mammary tumors in the rat. *Cancer Research*, 41:4432-4436.
- TAMARKIN, L. et al. 1982. Decreased nocturnal plasma melatonin peak in patients with estrogen receptor positive breast cancer. *Science*, 216:1003-1005..
- TAYLOR, J.A. 1989. Oncogenes and their applications in epidemiologic studies. *American Journal of Epidemiology*, 130:6-13.
- TENFORDE, T. S. 1992. Biological interactions and potential health effects of extremely-low-frequency magnetic fields from power lines and other common sources. *Annual Reviews of Public Health*, 13:173-196.
- THUN-BATTERSBY, S.; MEVISSSEN, M.; LOSCHER, W. 1999. Exposure of Sprague-Dawley rats to a 50 hertz, 100 $\frac{1}{4}$ tesla magnetic field for 27 weeks facilitates mammary tumorigenesis in the 7,12- dimethylbenz(±)anthracene model of breast cancer. *Cancer Research*, 59:3627-3633.
- TONER, P. G. & CARR, K. E. 1977. *Cell structure: An introduction to biological electron microscopy*. Churchill Livingstone. London, UK.
- VENA, J. E. et al. 1991. Use of electrical blankets and risks of postmenopausal breast cancer. *American Journal of Epidemiology*, 134, 180-185.
- WALBORG JR., E.F. 1991. Extremely low frequency electromagnetic fields and cancer: focus on tumor initiation, promotion and progression. Dermigen, Inc. USA.

**CAPÍTULO 3 - CONTRIBUIÇÕES
PARA A DISCUSSÃO SOBRE
O ESTABELECIMENTO DE
LIMITES DE EXPOSIÇÃO
POPULACIONAL E
OCUPACIONAL A CEM DE
BAIXA FREQUÊNCIA**

Ines Mattos e Sérgio Koifman

CAPÍTULO 3 - CONTRIBUIÇÕES PARA A DISCUSSÃO

SOBRE O ESTABELECIMENTO DE LIMITES DE

EXPOSIÇÃO POPULACIONAL E OCUPACIONAL

A CEM DE BAIXA FREQUÊNCIA

Ines Mattos e Sergio Koifman

Nas últimas décadas, a preocupação com o impacto ambiental das linhas de transmissão e distribuição da eletricidade em áreas habitadas tem aumentado consideravelmente. Os aspectos ambientais da transmissão e distribuição de eletricidade compreendem um número de diferentes questões, que variam desde a não percepção das linhas de energia, até uma grande preocupação da população com a presença e os efeitos dos campos elétricos e magnéticos.

A radiação não ionizante é presença constante no ambiente, alcançando maior intensidade nos dias atuais, para isso contribuindo a expansão extremamente rápida das redes de eletricidade e de telecomunicações. Essa expansão tem resultado em poluição eletromagnética do meio ambiente, originando um aumento gradual nas preocupações da população com os possíveis efeitos da exposição aos campos eletromagnéticos (CEM). Indivíduos que vivem em áreas próximas, ou embaixo, de linhas de alta tensão têm começado a “sentir” os CEMs, especialmente no caso de campos de alta intensidade.

1. PANORAMA INICIAL

Seguindo as recomendações da Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, Suécia, em 1972, foi criado, pela Organização Mundial de Saúde (OMS), um Programa para determinação integrada dos efeitos da poluição ambiental, conhecido como Programa de Critérios Para Saúde Ambiental da Organização Mundial de Saúde (*WHO Environmental Health Criteria Programme*). Esse Programa tem publicado, desde então, uma série de documentos sobre limites e critérios para utilização de agentes físicos e químicos.

Em relação aos CEM de baixa frequência, foram publicadas as conclusões de um grupo de trabalho (WHO, 1984), formado para avaliar riscos à saúde da exposição a esses campos, com a participação de técnicos da OMS e da Associação Internacional de Proteção à Radiação (*International Radiation Protection Association - IRPA*). Esse documento abordava, principalmente, os efeitos dos campos elétricos de 50-60 Hz, com breve menção aos campos magnéticos, que seriam objeto de uma publicação em separado.

No relatório final, os peritos das duas organizações recomendavam a continuidade dos estudos de dosimetria que possibilitariam estabelecer relações entre as medições externas de intensidade dos campos elétricos e as distribuições internas de densidade de corrente no corpo de animais e de seres humanos e relacionar essas medições com achados biológicos de estudos experimentais *in vitro* e *in vivo*. Consideram ainda que as sensibilidades observadas em estudos em animais e em seres humanos são consistentes com dois modelos: um, com base na estimulação dos receptores sensoriais periféricos por fortes campos elétricos na superfície do corpo; outro, com base nas densidades de corrente induzidas no fluido extracelular, sendo recomendável que ambos fossem desenhados de forma a correlacionar exposição e efeitos biológicos em termos de fatores físicos, como campo elétrico de superfície, densidade de corrente nos tecidos, comprimento de onda etc. O grupo de trabalho recomendava fortemente a continuidade da pesquisa básica sobre mecanismos de interação dos campos elétricos e magnéticos, visando investigar possíveis influências sinérgicas ou antagônicas dos campos eletromagnéticos sobre agentes químicos e físicos, uma vez que tais dados não estavam disponíveis e chamava a atenção para a necessidade de explorar a possibilidade de que os efeitos biológicos dos CEM se restringissem a certas “janelas” de frequência e amplitude.

Nas suas conclusões, o grupo de peritos considerou que os estudos realizados em trabalhadores com exposição prolongada a campos elétricos e magnéticos não mostraram efeitos adversos à saúde, destacando, entretanto, que esses não foram desenhados para avaliar efeitos sobre funções reprodutivas, ou riscos de carcinogênese, a longo prazo, e apontou que o conhecimento limitado do risco potencial sobre a saúde humana associado a exposição aos CEM tornava imperativa a realização de estudos epidemiológicos bem desenhados, para que se dispusesse de uma base firme para determinação de riscos.

Em relação a limites de exposição, foram as seguintes, as conclusões do documento da OMS:

a) A exposição ocupacional a campos elétricos de altas intensidades é geralmente intermitente e de curta duração. Em intensidades de campo onde é possível a ocorrência de descargas elétricas, exposições prolongadas podem alterar a performance dos trabalhadores. Essas exposições devem ser evitadas, quando possível.

b) Trabalhadores de linhas energizadas de extra ou ultra-alta voltagem estão submetidos a campos elétricos extremamente altos, e é desejável a utilização de roupas protetoras ou aparelhagem apropriada.

c) Embora no estágio atual do conhecimento científico não seja prudente fazer afirmações sobre a segurança da exposição intermitente aos campos elétricos, não há necessidade de limitar o acesso a regiões onde a intensidade do campo está abaixo ou em torno de 10 kV/m. Mesmo nessa intensidade de campo, alguns indivíduos podem experimentar fenômenos físicos secundários, que causam desconforto.

d) Não é possível, com o conhecimento científico atual, fazer uma afirmação definitiva sobre a segurança ou não da exposição prolongada aos campos elétricos sinusoidais no espectro de 1-10 kV/m. Na ausência de evidências específicas de um

risco ou doença em particular, e tendo em vista os achados experimentais sobre efeitos biológicos da exposição, é recomendado que sejam feitos esforços para limitar a exposição, particularmente populacional, aos níveis mais baixos que possam ser razoavelmente obtidos.

No mesmo documento, o grupo de trabalho da OMS explicitou as categorias de trabalhadores que poderiam sofrer exposição ocupacional aos CEM: trabalhadores eletricitários que trabalhavam nas proximidades de subestações, transformadores e capacitores, assim como aqueles que trabalhavam com linhas de transmissão energizadas ou condutores de transmissão; trabalhadores em comunicações, principalmente quando as linhas de transmissão forem próximas ou comuns; trabalhadores industriais, expostos, principalmente aos campos magnéticos originados em indutores de calor de baixa frequência, motores, transformadores, e outros equipamentos similares. Quanto à exposição ambiental, consideraram que essa só ocorreria em maior intensidade durante visitas ocasionais a companhias geradoras de eletricidade, ou, no caso dos fazendeiros, devido ao trabalho. A exposição da população poderia ocorrer em caso de residência nas proximidades de linhas de alta-voltagem, durante a utilização de aparelhos elétricos e, de modo mais amplo, como um aspecto essencial do uso disseminado da eletricidade para iluminação e energia. Entretanto, naquele momento, só haveria necessidade de pensar em medidas de proteção no caso de domicílios localizados nas proximidades de corredores de linhas de transmissão. As exposições no domicílio, além de geralmente fracas, seriam intermitentes, e, embora ressaltando que esse tipo de exposição não havia sido adequadamente estudado, o grupo de trabalho acreditava que isso não fosse motivo para preocupação.

Na época da publicação do documento da OMS, as exposições ocupacionais típicas dos trabalhadores eletricitários foram analisadas por dois peritos do grupo de trabalho. Como resultado dessa investigação, concluiu-se que os trabalhadores ficavam expostos por muito pouco tempo a campos acima de 5 kV/m, em qualquer uma das ocupações analisadas e que, quando expostos a campos acima de 10 kV/m, apresentavam sensações de desconforto, que interferiam no seu desempenho, aumentando a possibilidade de acidentes. Com base nessa análise, o grupo de trabalho estabeleceu as seguintes recomendações em relação à exposição ocupacional:

a) a necessidade de desenhar equipamentos que reduzissem a possibilidade de grandes diferenças potenciais, ou grande fluxo de corrente, entre uma pessoa e objetos condutores;

b) a necessidade da redução da duração diária da exposição, em proporção ao grau de desconforto experimentado; uma vez que os principais fatores responsáveis por essa sensação de desconforto consistem no tipo de tarefa a ser realizada, nas condições do tempo e na vestimenta utilizada pelo trabalhador, as regras para essa redução poderiam ser desenvolvidas com base na experiência prática;

c) a necessidade do uso de equipamentos ou vestimentas que proporcionem a redução da intensidade de atuação sobre o corpo do campo elétrico, com especial atenção para os trabalhadores de linhas de transmissão.

Na conclusão do documento, o grupo de trabalho referiu que “ com base na informação disponível, a exposição a campos elétricos de até 20 kV/m não parece envolver risco ocupacional, exceto com relação a choques elétricos, e por essa razão, não são sugeridas medidas de proteção, exceto a alternância do esquema de trabalho” e acrescentou que “embora não esteja estabelecido risco ocupacional para campos acima de 20 kV/m, julga-se ser prudente reduzir as exposições aos níveis onde não ocorre desconforto”. Finalmente, “tendo em vista o fato de que nenhum efeito nocivo à saúde pode ser atribuído especificamente à exposição aos campos eletromagnéticos de baixa frequência, não é prático recomendar nenhum exame médico em especial, além dos que já são realizados”.

Em 1987, a OMS editou um outro documento científico da série *Environmental Health Criteria*, tendo como tema, desta vez, os campos magnéticos (WHO, 1987). Nesse documento, porém, foi dada uma maior atenção aos campos magnéticos estáticos, destacando-se aqueles originados de marca-passos, implantes metálicos e de técnicas de ressonância magnética. Quanto aos campos magnéticos oscilantes (time-varying), essa publicação referia que “é difícil correlacionar as densidades de correntes internas (nos tecidos) com a intensidade do campo magnético externo, mas, considerando as piores condições possíveis, é possível calcular, pelo menos dentro de uma determinada ordem de magnitude, a densidade de fluxo magnético que poderia, potencialmente, induzir correntes nocivas nos tecidos”. Com base nesses cálculos, o documento afirmava que:

a) entre 1 e 10 mA/m² (induzido por campos magnéticos acima de 0,5-5 mT a 50-60 Hz, ou 10-100 mT a 3 Hz), só têm sido relatados efeitos biológicos negligenciáveis;

b) entre 10 e 100 mA/m² (acima de 5-50 mT a 50-60 Hz, ou 100-1000 mT a 3 Hz) ocorrem efeitos já bem estabelecidos sobre o sistema nervoso e a visão;

c) entre 100 e 1000 mA/m² (acima de 50-500 mT a 50-60 Hz, ou 1-10 T a 3 Hz) foi observada estimulação de tecidos excitáveis, havendo possibilidade de efeitos nocivos a saúde;

d) acima de 1000 mA/m² (maior do que 500 mT a 50-60 Hz, ou 10 T a 3 Hz) está estabelecida a ocorrência de extrassístoles e fibrilação ventricular, isto é, efeitos adversos à saúde, que ocorrem de forma aguda.

Segundo esse documento da OMS, “a partir dos dados disponíveis sobre estudos realizados em seres humanos, pode-se concluir não ter sido demonstrado que densidades de corrente induzidas por campos abaixo de 10 mA/m² possam produzir efeitos biológicos significantes; para campos no espectro de 10-100 mA/m² (campos maiores que 5-50 mT a 50-60 Hz), a ocorrência de efeitos biológicos está estabelecida, porém as densidades de correntes induzidas por exposições de curto prazo (poucas horas) podem causar apenas efeitos pouco importantes e passageiros sobre a saúde, não sendo conhecidas as conseqüências de uma exposição por muitas horas, dias ou semanas a essas intensidades de campo”.

Com relação a padrões de exposição, foi citada a existência de legislações pertinentes a limites de exposição humana aos campos magnéticos, apenas na antiga

URSS e na antiga República Federal Alemã, sendo salientado, entretanto, o desconhecimento da base científica subjacente ao estabelecimento desses limites. Nos demais países, não existiam, em 1987, limites estabelecidos para a exposição a campos magnéticos oscilantes, sendo conhecidas, apenas, diretrizes que limitavam a exposição do paciente e do operador, durante a realização de exames de ressonância magnética.

Em 1992, foi publicado um outro documento da série *Environmental Health Criteria*, versando sobre campos eletromagnéticos (WHO, 1992). Entretanto, esse documento abordava apenas as frequências de 300 Hz a 300 GHz, não fazendo menção às frequências mais baixas.

Em 1998, o ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) estabeleceu os seguintes limites de exposição ocupacional aos campos elétricos e magnéticos na faixa de 50-60 Hz: trabalhos durante todo o dia: respectivamente, 10 kV/m e 0,5 mT; atividades de curta duração, 30 kV/m e 5 mT; e nos extremos, apenas aquele referente à densidade de campos magnéticos, 25 mT (ICNIRP, 1998).

O avanço do conhecimento científico, de 1987 até hoje, a respeito dos efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos de 50-60 Hz, assim como os estudos epidemiológicos publicados nos últimos anos, tornaram praticamente obsoletas as recomendações dos documentos acima mencionados, havendo necessidade de uma publicação mais atualizada.

No Brasil, a Norma Regulatória nº 10 (Manual de Legislação, 1995), que trata de instalações e serviços em eletricidade, fixando as condições mínimas exigíveis para garantir a segurança dos empregados que trabalham em instalações elétricas, em suas diversas etapas, não menciona medidas de segurança ou limites de exposição relacionados a efeitos biológicos a longo prazo dos campos eletromagnéticos. Os diversos artigos da referida norma preocupam-se basicamente com a proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros efeitos adversos de caráter agudo.

2. PANORAMA ATUAL

2.1. Exposição populacional

Conforme anteriormente mencionado, a reação inicial da comunidade científica frente à possibilidade de uma associação entre a exposição aos CEM e a ocorrência de câncer foi de ceticismo e incredulidade. Dado o conjunto de informações em vários campos do conhecimento disponíveis até então (1979) e a longa experiência de utilização da energia elétrica em vários países, essa era considerada como um paradigma de “energia limpa”, o que fortalecia a postura de descrença sobre seu possível envolvimento no desenvolvimento de tumores.

Decorridas mais de duas décadas de intensa atividade de pesquisa sobre esse tema, a postura de negação foi cedendo lugar, pouco a pouco, a uma de interrogação. Dado o enorme acervo de observações experimentais sugestivas da existência

de uma associação, obtidas ao longo desse período, tem se tornado muito frágil a sustentação de uma postura de descrença. Assim, embora parte da comunidade científica internacional ainda tenha reservas quanto aos padrões de segurança relativos aos efeitos dos CEM sobre o meio ambiente e a saúde humana, muitos pesquisadores têm apresentado estudos que indicam a necessidade de maior cautela na determinação de limites mínimos aceitáveis.

No campo da baixa frequência, os interesses e as pesquisas estão voltados para a avaliação dos possíveis efeitos nocivos de linhas de alta tensão sobre a saúde humana. Apesar do importante conjunto de pesquisas sobre esses efeitos, acumulado até agora, nenhuma conclusão definitiva sobre os riscos para seres humanos foi alcançada. Mesmo assim, várias organizações ambientais têm adotado uma forte e crescente posição negativa sobre a questão (OSU, 2004; RSPQ, 2002; TEC, 2004; Cherry, 2002). Têm sido relatados muitos casos, onde a opinião pública em geral, ou a daqueles diretamente afetados, teve sucesso em atrasar ou cancelar a construção de novas linhas de eletricidade, ou a elevação de tensão em linhas já construídas (WHO/BACKGROUND, 2002). Pode-se esperar que esses casos se tornem ainda mais frequentes no futuro, sendo necessárias medidas estruturais para garantir que essas linhas sejam seguras, com particular atenção à distância de centros populacionais e à altura das instalações.

Diversos países, em resposta à crescente preocupação da população com os efeitos à saúde derivados da exposição aos CEM, estabeleceram seus próprios comitês científicos para a revisão da literatura disponível sobre o tema.

Em 1998, o grupo de trabalho que examinou a questão para o NIEHS (*US National Institute of Environmental Health Sciences*), na conclusão dos seus trabalhos, classificou os campos magnéticos de baixa frequência como possivelmente carcinogênicos para seres humanos. A partir dessa data, o governo dos EUA tem recomendado ações regulatórias passivas, descritas como informação e educação continuada da população e encorajamento para que as empresas de eletricidade, voluntariamente, reduzam, onde possível, a exposição da população (NIEHS, 1998).

Na Inglaterra, um grupo de estudiosos reunido para fazer recomendações sobre radiação não-ionizante (NRPB, 2001) da NRPB (*National Radiological Protection Board*) concluiu que, embora as evidências atuais não sejam suficientemente fortes para justificar uma firme conclusão de que campos de baixa frequência causem leucemia em crianças, a possibilidade de que exposições intensas e prolongadas aos campos magnéticos levem a um aumento do risco dessa neoplasia na infância permanece. O Conselho de Saúde da Holanda chegou a conclusões similares, também em 2001 (HCN, 2001).

Nesse mesmo ano, um comitê científico formado por especialistas do IARC (*International Agency for Research on Cancer*) revisou estudos relacionados à carcinogenicidade dos campos estáticos e dos campos elétricos e magnéticos de baixa frequência. Utilizando a classificação padrão do IARC, que pondera evidências obtidas em estudos de laboratório, de animais e de seres humanos, para classificar agentes químicos e físicos como carcinogênicos ou não carcinogênicos para seres humanos, esse comitê decidiu por classificar os campos magnéticos de baixa frequência

como *possivelmente carcinogênicos para seres humanos*, com base em estudos epidemiológicos sobre leucemia na infância. As evidências para outras neoplasias, em adultos e crianças, assim como outros tipos de exposições (campos estáticos e campos elétricos de baixa frequência) foram consideradas, naquele momento, como não classificáveis, em base a informações científicas insuficientes ou inconsistentes (WHO/EMF Project, 2001). “*Possivelmente carcinogênico para seres humanos*” é a classificação utilizada para denotar um agente para o qual existe evidência limitada de carcinogenicidade em seres humanos e informação não suficiente de carcinogenicidade em estudos experimentais com animais. Essa classificação é a mais baixa das utilizadas pelo IARC, para classificar carcinógenos potenciais com base nas evidências científicas publicadas (“*carcinogênico para seres humanos*” e “*provavelmente carcinogênico para seres humanos*”, são as outras categorias).

Em vários países, tanto a população, como os Governos, têm feito um movimento crescente, no sentido da adoção de “medidas de precaução” para o manejo de riscos à saúde, sobre os quais ainda exista incerteza científica. Precaução, no sentido de proteção ambiental, significa minimizar riscos já identificados, porém, ainda não, de forma conclusiva. “Medidas precoces de precaução devem ser tomadas a fim de limitar impactos que possam vir a se tornar nocivos ou perturbadores” (WHO/BACKGROUND, 2002)

Diferentes políticas de promoção de cautela têm sido desenvolvidas, visando responder a preocupações colocadas sobre as mais variadas questões de saúde populacionais, ocupacionais e ambientais, em face à incerteza científica, sendo elas, o *Princípio da Precaução (Precautionary Principle)*, *Evitar com Prudência (Prudent Avoidance)* e *ALARA (As Low As Reasonably Achievable)*.

O *Princípio de Precaução* é definido como uma política de manejo de riscos, aplicada em circunstâncias que apresentam alto grau de incerteza científica, refletindo a necessidade de atuar para evitar um risco potencialmente sério, sem esperar os resultados de novas investigações. De acordo com essa definição, esse Princípio é orientado para o risco, no sentido de requerer uma avaliação deste, inclusive com considerações de custo-benefício, sendo, claramente, destinado à elaboração de respostas provisórias a ameaças de sério risco potencial, até que dados adequados estejam disponíveis para soluções com maior base científica.

Na União Européia, o Tratado de Roma determina que “*a política da comunidade em relação ao ambiente..... deve ser baseada no Princípio da Precaução*”. Em 2000, a Comissão Européia aprovou um comunicado com as diretrizes para a aplicação de medidas baseadas nesse Princípio. Essas medidas devem ser: adequadas para o nível escolhido de proteção; não discriminatórias na sua aplicação (tratar situações comparáveis de maneira similar); consistentes com medidas similares já tomadas (ser comparáveis, em objetivo e natureza, a medidas já tomadas em áreas equivalentes para as quais se dispõem de dados científicos); baseadas no exame dos benefícios e custos potenciais, tanto da ação quanto da falta da ação; provisórias em sua natureza (sujeitas à revisão à luz de novos fatos científicos); capazes de determinar responsabilidades na produção das evidências científicas necessárias para uma determinação mais completa do risco (WHO/BACKGROUND, 2002).

O conceito *Evitar com Prudência* foi desenvolvido, inicialmente como uma estratégia para o manejo de riscos de exposição aos CEM na frequência da eletricidade, sendo definido como “uma estratégia de tomada de medidas para manter a população longe dos campos eletromagnéticos, através da re-alocação de empresas e de novos desenhos de sistemas e aparelhos elétricos.” Com base nesse conceito, *Prudência* pode ser definida como a “realização de atividades que acarretem custos modestos, para evitar os campos eletromagnéticos”. Com o tempo, esse conceito evoluiu para significar a tomada de medidas simples, de fácil obtenção e de baixo custo com vistas a reduzir a exposição a CEM, mesmo na ausência de um risco demonstrável. Essas medidas geralmente são colocadas em termos de recomendações voluntárias e não, em termos de limites fixos ou regras WHO/BACKGROUND, 2002).

Esse tipo de abordagem corresponderia, portanto, ao conjunto de atitudes voltadas para se evitar, por prudência, a exposição desnecessária aos CEM. Tal mudança de postura implica num tácito reconhecimento de que a natureza causal da associação entre a exposição aos CEM e a ocorrência de câncer possa ser verdadeira, o que traz implicações, tanto do ponto de vista individual, como econômico e de saúde pública. Segundo Morgan (1994), a simples admissão dessa possibilidade poderia implicar na inevitabilidade de situações de exposição desnecessária às fontes de CEM, tais como dormir com a cabeça próxima a um rádio-relógio elétrico de cabeceira, ou trabalhar, várias horas ao dia, sentado próximo a um microcomputador. Em ambas as situações, a ampliação do conhecimento sobre o assunto pode implicar na adoção de medidas muito simples, como o aumento da distância física entre o corpo e as fontes de CEM.

De modo geral, essa política tem sido aplicada, por alguns Governos, no caso de novos empreendimentos, onde pequenas modificações no desenho podem reduzir os níveis de exposição do público, mas não tem sido aplicada para requerer modificações em empreendimentos já existentes, o que implicaria em custos mais elevados. É esse tipo de medida que vem sendo adotado como política em partes do setor elétrico da Austrália, na Suécia e em alguns estados americanos. Na forma em que o “*Evitar com Prudência*” tem sido implementado, em geral, prudência se refere aos gastos, e não a atitudes em relação ao risco. Essa medida não implica em colocar os limites de exposição em um nível baixo arbitrário e em querer que ele seja alcançado, independente do custo, mas sim em adotar medidas para reduzir a exposição da população aos CEM, com custos modestos, não requerendo a determinação dos potenciais benefícios à saúde (SNBOSH, 2002).

ALARA é um acrônimo para “*AS Low As Reasonably Achievable*”, consistindo em uma política utilizada para minimizar riscos conhecidos e manter as exposições nos níveis mais baixos possíveis, levando em consideração custos, tecnologia, benefícios à saúde pública, segurança e outras preocupações econômicas e sociais. Atualmente, a *ALARA* tem sido utilizada, principalmente, no contexto da proteção contra radiação ionizante, onde os limites não são determinados com base em um limiar, mas com base em “*riscos aceitáveis*”. Nessas circunstâncias, é razoável minimizar o risco que se presume existir, mesmo em níveis abaixo dos limites recomendados,

os indivíduos. A ALARA não tem sido aplicada para determinar políticas públicas em relação à exposição aos CEM e considera-se que ela não seria apropriada para isso, dada à ubiqüidade da exposição (WHO/BACKGROUND, 2002) .

No Quadro 1, são apresentadas as restrições sobre exposições a CEM, estabelecidas por diferentes organizações, com base nos achados biológicos relacionados a efeitos diretos e indiretos, bem estabelecidos, da exposição aguda. Para exposições a campos elétricos e magnéticos de freqüências até 100 kHz, as restrições têm a intenção de evitar, apenas, os efeitos de correntes induzidas sobre as funções do sistema nervoso central. No entender dessas organizações, não existem evidências claras de efeitos adversos à saúde da exposição de longo prazo, considerando os níveis de CEM a que a população está normalmente exposta.

Quadro I. LIMITES DE EXPOSIÇÃO POPULACIONAL A CEM DE 50/60 HZ ESTABELECIDOS POR DIFERENTES ORGANIZAÇÕES

Organização	CE (kV/m)	CM (μ T)
ICNIRP* (98)	4,16	0,0833
CEU** (99)	8,333	1,333
NRPB *** (93)	10	1,333
NH/MRC**** (89)	5,0	0,1

* International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

** Council of the European Union

*** National Radiological Protection Board – United Kingdom

**** National Health/ Medical Research Council – Australia

Fonte: EURELETRIC, 2001

Esses limites de exposição aos CEM de baixa freqüência, tiveram como base os efeitos biológicos nocivos aos seres humanos, já estabelecidos em estudos experimentais e relacionados à exposição aguda. Assim, nessa definição não foram considerados riscos para a saúde ainda não claramente discerníveis, resultados de estudos experimentais ainda não reproduzidos em outras pesquisas e as evidências de estudos epidemiológicos mais recentes (ICNIRP, 1998; NHMRC, 1989).

No caso do ICNIRP, embora tenha sido incluído um fator de segurança na determinação desses valores, eles se aplicam, somente, aos efeitos adversos acima mencionados, não levando em conta exposições a longo prazo. Assim, eles se constituem em valores que representam limites para a proteção sobre riscos conhecidos, e não limites de precaução.

Em termos concretos, quanto à radiação de baixa frequência, os limites do ICNIRP representam salvaguardas contra a contração involuntária de músculos e a transmissão de impulsos errôneos pelos nervos, mas não levam em conta outros efeitos biológicos, demonstrados em estudos experimentais ou ocasionalmente observados seres humanos, como a redução da secreção de melatonina em ratos, alterações neurovegetativas e reduções da resposta imune, observadas em adultos expostos na faixa de 1 a 10 μ T. Os limites do ICNIRP também não consideram as evidências de estudos epidemiológicos que apontaram um maior risco de leucemia em crianças expostas a longo prazo a níveis acima de 0,1-0,3 μ T. Conclui-se, assim, que embora esses limites, sem dúvida, ofereçam proteção contra certos efeitos nocivos diretos da exposição aguda, eles não são adequados a um critério abrangente de proteção ambiental.

Do ponto de vista da saúde pública, a possibilidade de que a associação entre a exposição aos CEM e a ocorrência de câncer em determinadas localizações seja de natureza causal, torna-se importante devido a grande proporção de indivíduos expostos, diariamente, a essa radiação, nas sociedades industrializadas contemporâneas. Assim, mesmo que a razão de riscos (incidência de câncer em expostos aos CEM/incidência em não expostos) tenha uma magnitude reduzida ou moderada (menor que 4,0), a difusão dessa modalidade de exposição na população aponta para um risco atribuível potencial bastante elevado. Um painel de especialistas estimou que cerca de 10 a 15 % de todos os casos de câncer na infância, nos EUA, estejam relacionados à exposição aos CEM, originados nas linhas de transmissão elétrica (Ahlbom et al., 1987). Foi também estimado que, para a maioria das crianças, a exposição aos CEM originados na utilização de eletrodomésticos se assemelha àquela das linhas de transmissão (Carpenter e Ahlbom, 1988), o que representaria outros 10 a 15% de casos de câncer associados a esses campos. Caso tais estimativas estejam corretas, cerca de 20 a 30% dos casos de câncer na infância naquele país, poderiam ser imputados aos CEM.

Ainda que se considere o desconhecimento de muitos aspectos da questão, existem vozes que já se manifestam no sentido de propor a tomada de iniciativas. Essa postura advém, em parte, da própria trajetória histórica da Epidemiologia, na qual medidas de intervenção, visando a melhoria das condições de saúde, são formuladas e colocadas em prática, muitas vezes, antes de se conhecer, em detalhe, os mecanismos causais de uma doença. Citando apenas um exemplo recente, a doença hoje conhecida como AIDS teve seus grupos de risco descritos e, subseqüentemente, a formulação inicial de medidas de prevenção, antes mesmo da identificação laboratorial do agente causal da doença, o HIV.

Essa postura - descrição das características da distribuição de uma doença, identificação dos grupos de risco e adoção de medidas de controle visando sua prevenção e/ou a limitação do dano - constituem o cerne da própria forma de analisar e agir, na ótica da Saúde Pública em geral, e da Epidemiologia, em particular. Dentro dessa ótica é que se deve compreender afirmações como: *“o peso da evidência está claramente se desviando em direção à posição na qual é cada vez mais difícil ignorar a associação entre exposição a campos magnéticos e a incidência de câncer em determinadas localizações, ainda que se considere o quão imprecisa é a nossa habilidade em determiná-*

la ”, e que “*dado o peso da evidência dos danos à saúde humana, a consistência dessas observações e a gravidade da doença implicada, é também inaceitável que não seja tomada nenhuma ação*” (Carpenter, 1994).

Assim, embora a comunidade científica ainda deseje e busque uma confirmação futura dos efeitos da exposição a longo prazo aos CEM de baixa frequência, essa consideração deveria, atualmente, ser alvo de políticas de precaução. Nessa perspectiva de compreensão do problema, assume lugar de relevância a decisão adotada pelo Parlamento Sueco, em 1993, interditando as dependências de escolas, creches, e demais áreas de recreação infantil localizadas nas proximidades das linhas de transmissão naquele país (SNBOSH, 2002).

As políticas de precaução em relação à exposição aos CEM vêm ganhando popularidade entre os cidadãos, porque eles sentem que essas oferecem uma proteção extra contra riscos não cientificamente comprovados. Contudo, na sua aplicação, essas aproximações costumam ser bastante problemáticas. Uma das dificuldades é a falta de evidência clara do risco da exposição crônica aos CEM e o entendimento da sua natureza, caso exista, embora o peso das evidências necessárias para determinar uma política de cautela seja bem menor do que o necessário para estabelecer valores limites de exposição. Outra dificuldade é a ubiquidade da exposição aos CEM na sociedade moderna, que ocorre em níveis altamente variáveis e em amplas faixas de frequência. É, portanto, difícil criar políticas de cautela que tenham consistência e equidade, e as mesmas devem ser adotadas com grande cuidado e após um amplo debate com a sociedade.

Outro importante requisito é que as determinações científicas de risco e os limites de exposição definidos com base nessas políticas não sejam minados pela adoção de medidas arbitrárias de cautela. Um exemplo de que isso pode ser feito, é encontrado na Nova Zelândia onde, em 1999, o governo adotou padrões de exposição para RF com base nas linhas gerais do ICNIRP. Contudo, considerando a necessidade de responder às preocupações da comunidade quanto a esse tipo de exposição, foram incluídas, nas normas, questões relativas à “*minimizar, da forma apropriada, a exposição à RF que fosse desnecessária para a realização dos objetivos do serviço ou requisitos do processo, ou acidental, desde que isso pudesse ser facilmente alcançável com custos modestos*” (WHO/BACKGROUND, 2002).

Um exemplo de esquema alternativo, é o modelo adotado pela Suíça (WHO/EMF, 2002). Naquele país, os valores do ICNIRP foram adotados provisoriamente como limites de exposição, representando requisitos mínimos que devem ser adotados, sem exceções, em todos os lugares acessíveis ao público; caso novas evidências sobre os efeitos da radiação não ionizante de baixa frequência se tornem disponíveis, esses limites serão imediatamente revisados e atualizados. Enquanto isso, a proteção limitada fornecida pelos limites de exposição do ICNIRP foi suplementada por medidas de precaução efetivas, sendo um ponto importante, a questão da limitação das emissões. O esquema de precaução cobriria as lacunas dos limites determinados pelo ICNIRP e faria provisões para o futuro. Seu objetivo seria minimizar, tanto quanto possível, o risco de efeitos nocivos ainda não discerníveis, considerando que, em termos de proteção ambiental, não há necessidade de evidência do dano, sendo suficiente o potencial

de causar efeitos nocivos ou outras perturbações. Sob essa ótica, podem ser tomadas medidas de precaução para limitar as emissões, na extensão em que sejam técnica e operacionalmente possíveis, além de economicamente aceitáveis (SNBOSH, 2002).

Para permitir que esse princípio seja aplicado, na prática, é necessário especificar requisitos para construção, operação e modificação ou substituição de certas instalações. A limitação de emissões com base na precaução (“valores de cautela”) é de particular importância em locais onde os indivíduos permanecem por longos períodos (“áreas de uso sensível”) e foi, recentemente, adotada também pela Itália (2001). Se locais desse tipo se encontram dentro da esfera de influência de uma instalação, esta deve estar sujeita a uma limitação ainda mais restrita de suas emissões. A principal intenção, em relação a um valor de cautela para instalações, é garantir que a radiação seja limitada em sua fonte e que novas instalações não sejam construídas em estreita proximidade com áreas sensíveis já existentes. Da mesma forma, em conformidade com considerações de planejamento espacial, deve ser assegurado que novas zonas de construção, que venham a se constituir em áreas sensíveis, sejam mantidas distantes de instalações antigas. Por outro lado, para os empreendimentos já existentes, observa-se, nos dois países citados, uma tendência à concessão de prazos bastante amplos para sua adequação aos novos parâmetros, excetuando-se os casos de modificação da tensão/produção atual (WHO/EMF Project, 2002).

Uma grande preocupação observada nos países que adotaram limites mais restritos, quer seja para a radiação não ionizante de baixa, ou de alta frequência, diz respeito aos custos econômicos dessas medidas, especialmente no sentido de que uma grande parcela desses reverterá em ônus para a população, e, também, as possíveis implicações para o desenvolvimento nacional.

Nesse contexto, é importante, também, considerar alguns estudos de medição da exposição populacional realizados em diferentes países, que mostraram ser relativamente limitado o número de indivíduos expostos a valores iguais ou maiores do que 0,4 μ T. Na Inglaterra, por exemplo, poucas crianças (talvez 4 em 1000) parecem estar expostas a valores com essas magnitudes. Um documento elaborado na Suécia, contendo diretrizes para a tomada de decisões de autoridades do governo, sobre CEM de baixa frequência, indica que, nas maiores cidades, o valor médio para casas e creches se situa em aproximadamente 0,1 μ T, sendo destacado, porém, que nas regiões metropolitanas, cerca de 10% das casas têm pelo menos uma peça, onde os campos magnéticos excedem 0,2 μ T. Em uma investigação realizada em Piemonte, Itália, o nível médio de campo magnético medido situou-se entre 0,15 e 0,25 μ T, dependendo da densidade populacional na área mensurada. Finalmente, a análise de um conjunto de estudos epidemiológicos mais recentes sobre câncer na infância e CEM, evidenciou que apenas 0,8% dos indivíduos da população de estudo estavam expostos a níveis iguais ou superiores a 0,4 μ T (Giuliani, 2002)

Outras medidas, não relacionadas com políticas de cautela, podem ajudar também a responder as preocupações do público, que surgem, tipicamente, quando novos empreendimentos são propostos. É indispensável incluir a participação da popu-

lação local nas decisões relacionadas à localização dos mesmos. Existem, além disso, medidas de proteção individuais que podem ser tomadas por aqueles que as julgarem apropriadas para sua situação e circunstâncias, mas para isso, é necessário que a população não só as conheça, mas conheça também os possíveis riscos envolvidos na exposição aos CEM. Em ambos os casos, a informação e educação continuada da população são imprescindíveis.

A Saúde Pública também se caracteriza por sua vertente na esfera das atividades de Educação em Saúde, através da qual se busca uma interação ativa da população, mediante uma elevação contínua de seu nível de conhecimento científico sobre os problemas de saúde. Essa proposição não é retórica, mas uma prática exercida internacionalmente pelos organismos de Saúde Pública, e, através dela, vem sendo obtida uma crescente participação comunitária na melhoria de suas condições de saúde. Como exemplos, podem ser citados, entre muitos, modificações de certos hábitos de vida, já conseguidas em algumas localidades, ou em processo de mudança em outras, quanto ao controle do hábito de fumar, da ingestão alcoólica na gravidez, dos níveis de pressão arterial, e a introdução de hábitos alimentares saudáveis, da realização de consultas pré-natais durante a gestação etc.

Na questão da associação entre a exposição aos CEM e o câncer, essa abordagem não deve ser subestimada, mesmo considerando que o conhecimento atual sobre o problema ainda é incompleto, por vezes contraditório, e que muitos aspectos ainda se encontram em fase de esclarecimento. *“ A questão central de preocupação é o grau em que a exposição humana aos campos eletromagnéticos constitui um risco para a saúde, e se esse for o caso, qual a magnitude do risco. Ao abordar questões como essa, é necessário reconhecer que o profissional de saúde pública tem um ponto de vista algo diferente daquele de um físico, ou de um químico. A Saúde Pública é a profissão dirigida à prevenção de doenças na população. Neste sentido, os riscos são elevados quando as pessoas morrem desnecessariamente, se o profissional de saúde pública não comunica ao público os resultados das investigações científicas, algumas vezes em antecipação ao que será a derradeira resolução dos debates científicos. O instrumento essencial da Saúde Pública é a modificação do comportamento humano através da educação.... Assim, o princípio geral que guia a sua prática é, essencialmente, a ‘evitabilidade por prudência’ (‘ prudent avoidance’) - o que significa dizer que se algo pode ser ruim para você, é mais sábio evitá-lo, no grau em que isto for possível... Nenhum de nós pode, ou deveria, evitar toda a exposição aos CEM, mas podemos fazer escolhas, em nossa maneira de viver, que reduzam nossa exposição de maneira significativa, sem arruinar nosso prazer ou satisfação com a vida”* (Carpenter, 1994).

2.2. Exposição ocupacional

No Quadro II, são apresentados os limites e restrições, estabelecidos por diferentes organizações, para a exposição ocupacional aos CEM. Novamente, é importante

ressaltar que esses limites, da mesma forma que os populacionais, foram estabelecidos com base nos efeitos agudos de exposições de curta duração.

Quadro II. LIMITES DE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A CEM DE 50/60 HZ ESTABELECIDOS POR DIFERENTES ORGANIZAÇÕES

Organização	CE (kV/m)	CM (μT)
ACGIH*	25	1,0
ICNIRP** (98)	8,33	0,4166
CEU*** (95)	25*	,333
NRPB**** (93)	10	1,333
NHMRC***** (89)	10,0	0,5

* American Conference of Industrial Hygienists – United States

**International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

***European Committee for Electrotechnical Standardization *c/restr. tempo

****National Radiological Protection Board – United Kingdom

***** National Health and Medical Research Council – Australia

Fonte: EURELETRIC, 2001

Uma série de investigações, realizadas com o objetivo de determinar níveis de exposição aos campos elétricos e magnéticos, demonstraram que certas ocupações do setor elétrico têm, efetivamente, exposições de maior intensidade (Savitz et al, 1993; Thériault et al, 1994; Savitz e Loomis, 1995). Observou-se, através da medição das intensidades dos campos, que trabalhadores dos setores de produção e transmissão de eletricidade apresentam médias de exposição aos campos magnéticos bem mais elevadas do que aqueles que detêm outros tipos de ocupação.

O documento da OMS sobre critérios de saúde ambiental relativos aos campos eletromagnéticos de frequências extremamente baixas (WHO,1984), publicado ainda em etapas iniciais do conhecimento nessa área, já recomendava que fossem consideradas medidas de proteção para os trabalhadores eletricitários que trabalhavam em subestações, linhas de transmissão, transformadores e capacitores. Lembrando que os níveis de exposição podem variar bastante de companhia para companhia, dependendo das práticas de trabalho adotadas e, entre as diversas ocupações, os peritos da OMS recomendaram o desenho de equipamentos que reduzissem a possibilidade de ocorrência de diferenças de potenciais ou de grande fluxo de corrente entre o indivíduo e os condutores. Da mesma forma, foi recomendada a redução da exposição diária dos trabalhadores expostos, mediante redução de sua jornada de trabalho, ou alternância de jornada, embora não sejam especificados limites para o tempo diário de exposição. O mesmo documento destaca também a importância de

se aproveitar, no caso do estabelecimento de limites, a prática e experiência diária dos trabalhadores de cada setor .

Como ainda não se conhece, com precisão, quais os parâmetros de exposição mais relacionados ao risco de desenvolvimento de doença, torna-se, de fato, bastante difícil, estabelecer limites de exposição diária para os trabalhadores. A complexidade da exposição, aliada às dificuldades mencionadas ao longo desse documento, tornam difícil, portanto, a proposição de normas de segurança, ou a utilização de métodos diagnósticos específicos para a detecção de doença. Somente com a evolução da pesquisa nessa área do conhecimento é que poderão surgir recomendações mais específicas relacionadas à saúde ocupacional.

Savitz e colaboradores (Savitz et al, 1993), em uma revisão sobre campos eletromagnéticos e câncer, salientam a necessidade de se obter, para cada ambiente de trabalho do setor elétrico, um registro dos níveis de exposição a outros agentes físicos e químicos, potencialmente carcinogênicos, o que possibilitaria, sem dúvida, uma avaliação mais precisa da associação entre câncer e exposição aos campos eletromagnéticos. O conhecimento sistemático da exposição a esses outros fatores tem extrema importância para o avanço do conhecimento nessa área, permitindo que sejam afastados efeitos de distorção da associação observada.

RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista o conjunto de observações anteriormente mencionadas, julgamos ser oportuna a formulação de algumas sugestões aos responsáveis pelo setor elétrico no país, com vistas à adoção de medidas atenuadoras do impacto acarretado pela exposição populacional contínua aos campos eletromagnéticos de baixa tensão:

a) Planejar a gradual interdição de instituições e de outros locais, onde se desenvolvam atividades infantis (creches, escolas, parques e praças públicas), situados nas proximidades de fontes de alta tensão elétrica (linhas de transmissão, estações e subestações elétricas, entre outras).

b) Desenvolver atividades rotineiras de medições de campos eletromagnéticos de baixa tensão, de maneira a assegurar que a exposição contínua de grupos populacionais, sobretudo crianças, se mantenha em níveis menores que 2,5 μG .

c) Limitar a construção de novas linhas de transmissão, estações e subestações elétricas à áreas geográficas suficientemente distanciadas de núcleos populacionais, de modo que sua exposição contínua aos CEM seja menor que 2,5 μG .

d) Planejar a realocação de fontes de alta tensão elétrica situadas no perímetro urbano de áreas densamente povoadas (transformadores, subestações, linhas de transmissão), visando obter níveis residenciais de exposição a tais fontes menores que 2,5 μG .

e) Planejar a expansão do setor elétrico no país e a construção de novas linhas de transmissão de forma a que seja mantido distanciamento suficiente para que a exposição contínua de grupos populacionais aos CEM, em áreas atual ou futuramente passíveis de apresentarem aglomeração populacional, se mantenha em níveis menores que 2,5 μG .

f) Estimular o a pesquisa voltada para o desenho de novos modelos de torres de transmissão que possibilitem a diminuição dos níveis dos CEM produzidos, por exemplo, através da diminuição da distância entre as fases.

g) Estimular a criação de mecanismos que possibilitem a limitação da exposição aos CEM nas atividades do setor elétrico caracterizadas pela presença de altos níveis de exposição (setores de geração e transmissão da energia elétrica).

h) Desenvolver atividades de detecção precoce de neoplasias, em trabalhadores ativos e aposentados, com história ocupacional caracterizada por níveis elevados de exposição aos CEM no setor elétrico.

i) Restringir a absorção de trabalhadores com história familiar de câncer nos setores caracterizados pela ocorrência de níveis elevados de exposição aos CEM (setores de geração e transmissão).

j) Estimular a criação de registros de exposição ocupacional a produtos químicos nos diferentes ramos de atividades do setor elétrico, de tal maneira a possibilitar estudos futuros de possíveis efeitos de interação com os CEM.

Para finalizar, e com o sentido de contribuir para a reflexão sobre as questões aqui abordadas, reproduzimos as palavras de Dimitrios Trichopoulos, cientista do Departamento de Epidemiologia da Universidade de Harvard, EUA, ao resumir seu ponto-de-vista sobre o estado da arte da pesquisa contemporânea sobre a associação entre exposição aos CEM e desenvolvimento de câncer: *“Há apenas pouco mais de uma dezena de anos que se realizam pesquisas sobre os campos magnéticos e o câncer: menos tempo do que aquele que foi necessário para estabelecer a relação de causalidade entre o tabagismo e o câncer de pulmão, a qual repousava sobre uma associação bem mais forte e mais plausível, e uma exposição muito mais fácil de ser medida. Neste estágio exploratório da pesquisa, os pesquisadores deveriam dispor de toda a liberdade necessária para conduzir seus trabalhos e debater sem temerem ser classificados como alarmistas ou cúmplices de dissimulação. Infelizmente, a atenção dos meios de comunicação e o interesse normativo que este tema suscitou acarretou prejuízo ao progresso científico. Foram exercidas, injustamente, pressões sobre os cientistas para que eles tomassem partido firmemente, a favor ou contra a relação de causalidade, e para que defendessem essas posições bem antes da existência de fundamentos adequados de observação e de teoria, que permitissem a tomada de tais decisões. A hipótese da carcinogenicidade dos campos magnéticos constitui um problema científico fascinante e uma questão de saúde pública potencialmente impor-*

tante, mas, neste momento, nada mais. Não é possível, declaradamente, inocentar de forma completa os campos magnéticos. Para que tal ocorra, serão necessários estudos muito importantes e muito sólidos, mostrando que não existe ou que há pouca associação entre os campos magnéticos e o câncer. Por outro lado, as 'provas' empíricas, ligando os campos e o câncer são débeis e incoerentes. As interpretações de causalidade não são sustentadas pelos dados biológicos disponíveis. Nesse domínio, um esforço ampliado de pesquisa e uma atmosfera que permita um desenvolvimento despojado de paixão são verdadeiramente necessários" (Trichopoulos, 1993).

**Ines Mattos e Sérgio Koifman,
médicos e pesquisadores titulares da
Fundação Oswaldo Cruz FIOCRUZ-RJ**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARPENTER D.O. & AHLBOM, A. 1988. Power lines and cancer: public health policy and implications. Forum 3:96-101.

CARPENTER, D.O. 1994. The public health implications of magnetic fields effects on biological systems. In: "Biologic Effects of Electric and Magnetic Fields" Vol. II. (D. O. Carpenter and S. Ayrapetyan, eds.), pp. 321-329, Academic Press, San Diego, USA.

CHERRY, N. 2002. Evidence that electromagnetic fields from high voltage power lines and in buildings, are hazardous to human health, especially to young children. <http://www.geocities.com/electricalconcerns/elfhealth.pdf> Acesso em 14/03/2002.

EURELECTRIC (Union of the Electricity Industry).2001. Power-frequency EMF Exposure Standards. Status Report. Environmental & Society Working Group. <http://www.eurelectric.org>

GIULIANI, L. 2002.Reasons for disagreement between European Council and Italy concerning protection against health impacts from EMF. <http://www.land.sbg.gv.at/celltower>. Acesso 10/08/2002

HCN (Health Council of the Netherlands). 2001. Electromagnetic fields. Annual Update. <http://www.gr.nl/engels/welcome.htm>

ICNIRP (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection). 1998. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics, 74:494-522.

Morgan, M.G. 1994. Power frequency electric and magnetic fields: Issues of risk management and risk communication. In: "Biologic Effects of Electric and Magnetic Fields" Vol. II. (D. O. Carpenter and S. Ayrapetyan, eds.), pp. 297-319, Academic Press, San Diego,, USA.

NHMRC (Australian National Health and Medical Research Council). 1989. Interim Guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. <http://www.health.gov.au/nhmrc/> . Acesso: 16/08/2002.

NIEHS (National Institute of Environmental Health Sciences of the National Institutes of Health). 1998. Assessment of health effects from exposure to power-line frequency electric and magnetic fields. NIEHS Working Group Report PORTIER, C.J. & WOLFE, M.S. (ed). NIH Publication n° 3981. USA.

NRPB (National Radiological Protection Board). 2001. ELF electromagnetic fields and the risk of cancer. Report of an Advisory Group on Non-ionising radiation. Documents of the NRPB, volume 12, nº 1. UK.

OSU (Ohio State University). 2004. Fact sheet – extension. Are Electromagnetic Fields Hazardous to Your Health? <http://ohioline.osu.edu/cd-fact/0185.html> Acesso em 30/03/2004.

SAVITZ, D. A.; PEARCE, N. E.; POOLE, C. 1993. Update on methodological issues in the epidemiology of electromagnetic fields and cancer. *Epidemiologic Reviews*, 15:558-566.

SAVITZ, D.A, & LOOMIS, D.P. Magnetic field exposure in relation to leukemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *American Journal of Epidemiology*, 141:123-134, 1995.

SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO – 1995. Manuais de Legislação Atlas. 28ª Edição - Editora Atlas. Rio de Janeiro.

SNBOSH (Swedish National Board of Occupational Safety and Health). 2002. Low Frequency electrical and magnetic fields: The Precautionary Principle for National Authorities: Guidance for decision-makers. <http://www.av.se/publikationer/broschyre/adi/adi478.pdf> Acesso: 12/08/2002

TEC (Transport and the Environment Committee). 2000. Report on inquiry into the proposals to introduce new planning procedures for telecommunications developments. http://www.scottish.parliament.uk/S1/official_report/cttee/trans-00/tr00-03-05.htm Acesso em 12/03/2004.

THÉRIAULT, G.; GOLDBERG, M.; MILLER, A. B.; ARMSTRONG, P.; GUÉNEL, J.; DEADMAN, J.; IMBERNON, E.; TO, T.; CHEVALIER, A.; CYR, D. & WALL, C. Cancer risks associated with occupational exposure to magnetic fields among electric utility workers in Ontario and Quebec, and France: 1970-1989. *American Journal of Epidemiology*, 139:550-572, 1994.

TRICHOPOULOS, D. 1993. Champs magnétiques et cancer: preuves et implications. In "Champs Electromagnetiques et Consommateurs" (Lambrozo J. et Le Bis ed.) .Electricité de France.

WHO(World Health Organization). 1984. Extremely low frequency (ELF) fields. Environmental Health Criteria, nº 5. IARC. Lyon, France.

WHO(World Health Organization). 1987. Magnetic fields. Environmental Health Criteria, nº 69. IARC. Lyon, France.

WHO(World Health Organization). 1992. Electromagnetic fields. Environmental Health Criteria, nº 137. IARC. Lyon, France.

WHO/BACKGROUND on Cautionary Policies. 2002. Electromagnetic fields and public health cautionary policies. http://who.int/docstore/peh-emf/publications/facts_press/EMF-Precaution.htm. Acesso em 15/08/2002.

WHO/EMF Project. 2001. Extremely low frequency fields and public health. WHO International EMF Project. <http://www.who.int/peh-emf.htm>. Acesso em 12/11/2001.

WHO/EMF Project. 2002. EMF's Standards. <http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards>. Acesso 06/08/2002.

**POLUIÇÃO AMBIENTAL E
EXPOSIÇÃO HUMANA A
CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS:
ÊNFASE NAS ESTAÇÕES
RADIOBASE DE
TELEFONIA CELULAR**

Adilza Condessa Dode e Mônica Maria Diniz Leão

POLUIÇÃO AMBIENTAL E EXPOSIÇÃO HUMANA A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS: ÊNFASE NAS ESTAÇÕES RADIOBASE DE TELEFONIA CELULAR

Adilza Condessa Dode e Mônica Maria Diniz Leão

RESUMO: Este artigo descreve a exposição a campos eletromagnéticos oriundos das antenas de telefonia celular, os níveis de exposição permissíveis em outros países, algumas legislações municipais existentes no Brasil e a necessidade do monitoramento ambiental, bem como a adoção do Princípio da Precaução.

1 – INTRODUÇÃO

Os campos eletromagnéticos e suas repercussões sobre o meio ambiente e sobre a saúde pública vêm se constituindo em uma importante área de pesquisa para estudiosos do Brasil e do Mundo.

Nos últimos anos, tem havido muita discussão em relação aos riscos à saúde, apresentados aos usuários dos telefones celulares e às comunidades que residem nas proximidades das estações radiobase – ERB's.(FIG.1)

Com o incremento das vendas dos aparelhos celulares, que, no corrente ano, no Brasil, já alcançam quase 50 milhões de usuários, e, no mundo, cerca de 1,200 bilhão, cresce também o número de ERB's, espalhadas em todo o território.

A telefonia celular é um sistema de radiocomunicação, envolvendo a radioescuta e a radiotransmissão, entre um conjunto de antenas fixas, espalhadas pela região coberta pelo sistema, e os telefones móveis, comandados pelos usuários, que estejam dentro da área ocupada por uma célula (área geográfica iluminada por uma ERB, dentro da qual a recepção do sinal atende às especificações do sistema).



Figura 1:
Estação Radiobase

Através do telefone celular, o usuário comunica-se com a estação radiobase mais próxima e, com isso, é feito o enlace com outras ERB's ou com a rede telefônica convencional, podendo o usuário movimentar-se livremente na região coberta pelas radiações eletromagnéticas oriundas dessas antenas.

Sobre torres, postes, ou quaisquer estruturas de suporte, inclusive topo ou fachadas de prédios, públicos ou privados, é montado um conjunto de antenas (transmissoras e receptoras), interligado aos equipamentos de transmissão e recepção, por meio de cabos coaxiais.

A este conjunto de equipamentos constituintes de cada célula, denomina-se Estação Radiobase (ERB).

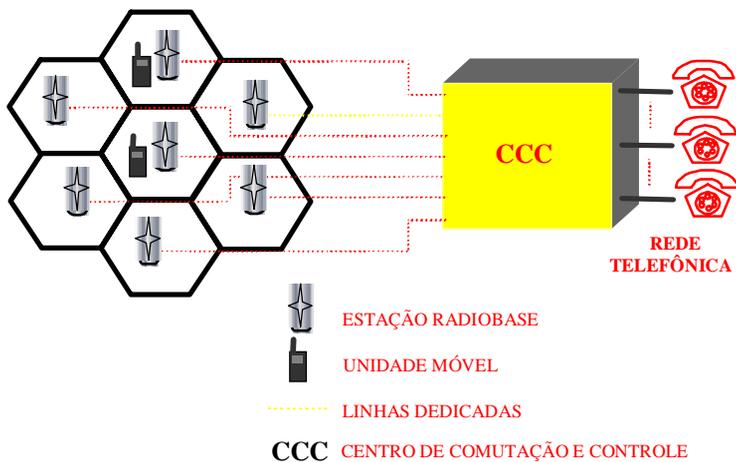


Figura 2:
Comunicação
de celulares

A radiação do tipo eletromagnética, oriunda das Estações Radiobase, é uma forma de radiação não ionizante que se propaga com a combinação de campos elétricos e magnéticos, viajando no vácuo ou no ar, na mesma velocidade que a luz. Os campos elétricos (E) e magnéticos (H) variam de intensidade tanto no espaço quanto no tempo.

O perigo de ocorrerem exposições despercebidas a essas radiações reside no fato de que nosso organismo não possui mecanismo sensorial que permita detectá-las. Portanto, se não há percepção das radiações por parte do trabalhador, da comunidade e dos seres vivos, estes não poderão, naturalmente, evitá-las.

Para estabelecer os respectivos limites de exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, na faixa de 9 kHz a 300 GHz, a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicação) adotou para exposição do público em geral e para exposição ocupacional os mesmos níveis de exposição adotados pela ICNIRP (Comissão Internacional sobre Proteção à Radiação Não Ionizante), e esta, para traçar suas diretrizes baseou-se exclusivamente em efeitos térmicos na saúde, de caráter imediato, a curto prazo, e não a longo prazo.[14]

A literatura especializada cita uma grande variedade de efeitos não térmicos adversos à saúde humana, provenientes da exposição prolongada às radiações de Radiofrequência e microondas, com a SAR (Taxa de Absorção Específica) inferior a

4 W/kg, dentre os quais se destacam: alteração do eletroencefalograma (EEG), letargia, geração de prematuros, distúrbios do sono, distúrbios comportamentais, perda de memória recente, dificuldades de concentração, doenças neurodegenerativas, tais como os males de Parkinson e Alzheimer, abortamento, má formação fetal, linfoma, leucemia e câncer, entre outros. [5][6][10][11][20] A Organização Mundial da Saúde, coordena um projeto na área, iniciado em 1996, com término previsto para o ano de 2007, que poderá validar esses efeitos na saúde.[24]

É lamentável que este projeto só tenha sido desencadeado, depois que a referida tecnologia do sistema de telefonia celular entrou em operação em escala mundial. Adotando o Princípio da Precaução, vários países como: Austrália, Bélgica, Itália, Liechtenstein, Luxemburgo, Nova Zelândia, Rússia e Suíça, bem como as cidades de Salzburg, na Áustria, e Toronto, no Canadá, estão com seus limites de exposição humana às Radiofrequências inferiores às diretrizes baseadas na determinação de limites de exposição à RF apenas pelo aquecimento do tecido humano.

A caracterização dos níveis de exposição dos campos eletromagnéticos, nas faixas de telefonia celular, e a sua comparação com os limites constantes das diretrizes em vigor, para ambientes não controlados, é de extrema importância no aprofundamento dos estudos laboratoriais e epidemiológicos, em relação aos efeitos biológicos de longa duração.

As torres, além de produzirem radiação eletromagnética, são susceptíveis a descargas atmosféricas como raios e relâmpagos. Estas descargas devem ser dissipadas da torre para o subsolo, através de uma conveniente malha de aterramento. Entretanto, se o aterramento não for adequado, os aparelhos eletrônicos na vizinhança das torres poderão ser danificados.

Outro problema das torres é a sua fragilidade mecânica, podendo vir a cair, como mostra a FIG. 3.



Figura 3:
Torre de telefonia celular caída em 25/11/2002, no bairro Filadélfia, em Betim, Minas Gerais. Jornal Estado de MG, n.º 22.249, 27/11/2002, Caderno Gerais.

2. CONTROLE DA EXPOSIÇÃO HUMANA A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

2.1 – Introdução

Para proteger as pessoas de exposição excessiva a campos eletromagnéticos, limites e padrões de exposição têm sido desenvolvidos em todo o mundo. Reavaliação dos limites de exposição e o desenvolvimento de novos limites têm sido feitos para os níveis de exposição a RF no meio ambiente e em relação aos efeitos biológicos. O público está cada vez mais consciente dos efeitos nocivos da energia de RF, em virtude de estudos promovidos pelo pessoal da saúde e da segurança.

As normas internacionais existentes sobre os limites de exposição aos campos eletromagnéticos consideraram duas classes de exposição às radiações não ionizantes: Meio Ambiente Controlado e Meio Ambiente Não Controlado.

Tanto a NRPB quanto a ICNIRP têm diretrizes baseadas na necessidade de evitar-se efeitos adversos conhecidos à saúde. Até agora, estas diretrizes foram elaboradas sobre os únicos efeitos adversos estabelecidos, que seriam aqueles causados exclusivamente pelo aquecimento dos tecidos: os efeitos térmicos.

2.2 - Meio Ambiente Controlado – Exposição Ocupacional

É o local onde há exposição que afeta as pessoas, e as mesmas estão cientes do potencial da exposição e são preparadas para tomar as precauções necessárias.

A população ocupacionalmente exposta compreende adultos que estão geralmente expostos a condições conhecidas e são treinados para tomar as medidas necessárias.

2.3 – Meio Ambiente Não Controlado – Público em Geral

Lugares onde há exposição de indivíduos que não têm nenhum conhecimento ou controle da sua exposição. O público em geral consiste em pessoas de todas as idades e estados de saúde, e pode incluir grupos ou indivíduos particularmente suscetíveis. As exposições podem ocorrer em quarteirões residenciais, hospitais, escolas e outros, onde há aglomeração ou passagem de pessoas.

2.4 – Parâmetros

2.4.1 SAR (Specific Absorption Rate)

O NCRP dos EUA, em 1972 convocou o Comitê Científico 39 para deliberar e recomendar as quantidades dosimétricas e unidades aplicáveis ao CEM (Campo Eletromagnético). [16]

Atendendo às recomendações do NCRP, em 1982, a ANSI C95, subcomitê IV, adotou como uma unidade para a Taxa de Absorção Específica (SAR), a unidade W/kg, que representa a quantidade energia eletromagnética absorvida por unidade de massa.

A SAR é “o índice de tempo no qual a energia eletromagnética de radiofrequência é transferida para um ambiente de massa de um corpo biológico”. A SAR é aplicada a qualquer tecido ou órgão.

A SAR é a base fundamental para os guias de proteção de exposição a RF, incluindo o do Padrão do IEEE Std C95.1, Edição 1999.

A SAR é importante em dosimetria, porque ela tanto fornece uma medida do índice do tempo da absorção de energia, que pode ser manifestada como calor, quanto fornece uma medida dos campos internos, que poderiam afetar o sistema biológico de outros modos, além do que é afetado através do calor: efeitos atérmicos ou não térmicos.

Métodos indiretos da avaliação foram desenvolvidos pela dificuldade de se medir a densidade de corrente induzida no interior do corpo ou a SAR.

A absorção de energia das ondas eletromagnéticas depende:

- da frequência da onda;
- da orientação do corpo em relação à onda;
- da polarização do campo CEM (campo eletromagnético);
- da distância do corpo em relação à fonte que produz a onda: campo próximo e campo distante;
- do meio ambiente (quantos corpos estão presentes no mesmo local), devido à reflexão, transmissão e deformação do CEM;
- das propriedades elétricas do corpo (constante dielétrica, condutividade); ex.: músculo e cérebro, por conterem mais água, absorvem mais energia; osso e gordura, que contém menos água, absorvem menos energia.

O tecido biológico é descrito a partir de sua permissividade relativa e de sua condutividade elétrica. A tabela 1 mostra as características elétricas do tecido humano nas frequências de 900 MHz e 1,9 GHz.

Tecidos	900 MHz		1.9 GHz		$\rho_i (kg / m^3)$
	ϵ_r	$\sigma(S / m)$	ϵ_r	$\sigma(S / m)$	
Cérebro	55.0	1.23	47.0	1.42	1030
Músculo	58.5	1.21	56.0	1.76	1040
Osso	8.0	0.105	8.0	0.15	1850
Líquido	79.1	2.14	72.0	2.5	1000
Pele	34.5	0.60	32.0	0.57	1100

Tabela 1 - Propriedades dos materiais biológicos

Nós, seres humanos, funcionamos como ótimas antenas receptoras para a absorção da radiação eletromagnética.

3 – LEGISLAÇÃO

No ano de 1977, foi formado o primeiro Comitê Internacional que abordava questões sobre a radiação não ionizante: o “INIRC - International Non-Ionizing Radiation Committee”: Comitê Internacional de Radiação Não Ionizante. Este comitê transformou-se em uma Comissão denominada “ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection”: Comissão Internacional sobre Proteção de Radiação Não Ionizante -, responsável pelos estudos sobre exposição humana à radiação não ionizante, estabelecendo diretrizes e orientando pesquisas científicas.

Em 1998, a ICNIRP publicou diretrizes para limitar a exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, variáveis no tempo, até 300 GHz. Esta avaliação veio a complementar as diretrizes estipuladas pelo “NRPB - National Radiological Protection Board: Conselho Nacional de Proteção Radiológica” -, adotadas pelo Reino Unido.

A “ANSI C95.1-1966”, revista em 1974 e 1982, foi substituída pela padronização “IEEE Std C-95.1, 1999 Edition” (que incorpora o “IEEE Std C95.1-1991”, com o suplemento “IEEE Std C-95 1a 1998”). A padronização da ANSI de 1966, inicialmente citada, requer que cada um dos seus padrões ou guias sejam revistos em intervalos de 5 anos.[12][13]

3.1 - Legislação Brasileira

No Brasil, não existe uma legislação ambiental e de saúde a nível federal sobre o tema, por isso vários municípios decidiram criar seus próprios limites para exposição à radiação eletromagnética.

Temos em nosso país, atualmente, Normas Regulamentadoras (NR), aprovadas pela Portaria n.º 3214/78, de 8 de Junho de 1978, do Ministério do Trabalho, que dispõe sobre a Segurança e Medicina do Trabalho. A NR-15 dispõe sobre as Atividades e Operações Insalubres, sendo o Anexo 7 referente às Radiações Não Ionizantes, e a NR - 9 sobre o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. A NR-15 não estipula limites de tolerância para exposição ocupacional às radiações não ionizantes. [4]

A NR-9 estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, de um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, PPRA.

Na ausência de limites de tolerância na NR-15, para efeitos de adoção de medidas de controle dos riscos ambientais, deverão ser utilizados os valores de limites de exposição ocupacional adotados pela “ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienists”: Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais – [2], ou aqueles que venham a ser estabelecidos em negociação coletiva de trabalho, desde que mais rigorosos do que os critérios técnico-legais estabelecidos em seu item 9.3.5.1.c.

O Decreto Federal 3.048, de 6 de maio 1999, que aprova o Regulamento da Previdência Social e dá outras providências, em seu Anexo II – Neoplasias (Tumores) Relacionados com o Trabalho (Grupo II da Cid-10), cataloga:

“Doenças

()

XI – Leucemias (C21-C95)

1- Benzeno

2- Radiações ionizantes

3- Óxido de etileno

4- Agentes antineoplásicos

5- *Campos eletromagnéticos*

6- Agrotóxicos clorados (Clordane e Heptaclor)”

Campinas foi a primeira cidade brasileira a fixar o limite de $100 \mu W/cm^2$ (cem microwatts por centímetro quadrado), em qualquer local de possível ocupação humana, valor quatro vezes mais restritivo do que sugerido pela ICNIRP, através da Lei 9.891, de 26 de outubro de 1998.

O decreto municipal 12.153, de novembro de 1998, da cidade de Porto Alegre, foi o primeiro a sistematizar a regulação de padrões urbanísticos, sanitários e ambientais para a instalação de Estações Radiobase (ERB's), Microcélulas de Telefonia Celular e equipamentos afins. Fixou o limite máximo em densidade de potência, nos locais públicos (média em qualquer período de trinta minutos) em $580 \mu W / cm^2$ (microwatts por centímetro quadrado), para as frequências tipicamente utilizadas em ERB's (na faixa de 869 a 890 MHz).

Ainda no município de Porto Alegre (RS), a lei 8.706, de 15 de janeiro de 2001, obri-gou as empresas fabricantes de aparelhos de telefonia celular a divulgar valores de SAR (Taxa de Absorção Específica), até a data de 1º de março de 2001, medidos em conformidade com os procedimentos reconhecidos internacionalmente, tomando-se como referência as normas estabelecidas pelo “IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers”: Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos, dos EUA, ou pelo “CENELEC - Comité Européen de Normalisation Electrotechnique”: Comitê Europeu de Normatização Eletroeletrônica, tornando as empresas obrigadas a recolher

e substituir, sem ônus aos proprietários, os aparelhos de telefonia celular que apresentassem, na medição da SAR, valor maior que 2m W/g (dois miliwatts por grama).

Atualmente, Porto Alegre adotou os mesmos limites de valores máximos de exposição humana em relação aos campos eletromagnéticos, os níveis adotados pela Norma da Suíça N.º 814.710. Lei Municipal N.º 8896 de 26/04/2002 D.O.P.A de 30/04/2002, sendo os valores máximos de exposição $E (V/m) = 4$ e $S (W/m^2) = 0,043$.

Em alguns países, já existe a imposição para que os fabricantes meçam e divulguem os valores de SAR para todos os modelos de telefones celulares fabricados; nos Estados Unidos, o “FCC-Federal Communication Commission”: Comissão Federal de Comunicação, desde meados de 2000, só certifica os celulares, que apresentarem medida de SAR inferior a 1,6 miliwatt por grama.

Na Europa, para a função acima, há o CENELEC, citado anteriormente, no Japão, o “Ministry of Posts and Telecommunications”: Ministério dos Correios e das Telecomunicações.

Em 19 de novembro de 1998, o prefeito de Ubatuba sancionou a lei 1.766, que dispõe sobre a instalação de antenas transmissoras de rádio, televisão, telefonia celular, telecomunicações em geral, e de outras radiações eletromagnéticas, naquele município, fixando o limite de $100 \mu W/cm^2$ (cem microwatts por centímetro quadrado), em qualquer local passível de ocupação humana.

Em Belo Horizonte, a Secretaria Municipal de Coordenação da Política Urbana e Ambiental, preocupada com o controle urbanístico e ambiental na capital, através do COMAM - Conselho Municipal Ambiental -, estabeleceu normas específicas para o licenciamento ambiental das antenas de telecomunicações, com estrutura em torre ou similar, através da Deliberação Normativa n.º 035/01 [8]. Outras Deliberações Normativas foram estabelecidas por esse Conselho, referentes ao assunto, a saber: Deliberações Normativas n.º s 36 e 37.

Através da Lei n.º 8.201, de 17 de julho de 2001, o governo municipal da capital mineira alterou a Lei n.º 7.277/97, estabelecendo normas para a instalação de antenas de telecomunicações, e adotando as recomendações técnicas publicadas pela Comissão Internacional para Proteção Contra Radiações Não Ionizantes – ICNIRP, ou outra que vier a substituí-la, em conformidade com as orientações da Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL. O Decreto n.º 10.889, de 30 de novembro de 2001, dispõe sobre a regulamentação do procedimento para licenciamento de antenas de telecomunicações, previsto na Lei n.º 8.201, de 17 julho de 2001 e dá outras providências.

No Rio de Janeiro, o Decreto n.º 19.260, de 8 de dezembro de 2000, dispõe sobre a autorização para instalação, a título precário, de torres, postes e mastros, e de estações de radiocomunicação dos serviços de telecomunicações.

A cidade de Curitiba, através da portaria N.º 18/2000, dispõe sobre os parâmetros de ocupação do solo e sistematização para licenciamento de instalação de Estação Radiobase (ERB), Microcélulas de Telefonia Celular e equipamentos afins.

A Prefeitura Municipal de Governador Valadares, no Estado de Minas Gerais, através da Lei n.º 4.978, de 30 de Abril de 2002, dispõe sobre a localização e operação de Antenas Transmissoras de Rádio, Televisão, Telefonia Celular, Telecomunicações em geral, e outras Antenas Transmissoras de Radiação Eletromagnética e dá outras providências. A Lei de n.º 5.055, de 19 de setembro de 2002, dispõe sobre alteração na Lei n.º 4.978, de 30 de abril de 2002.

3.2 – ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

Esta agência é a responsável pela administração do espectro de Radiofrequência que é um recurso limitado, constituindo-se em bem público.

Em 15 de Julho de 1999, o Conselho Diretor da ANATEL decidiu adotar como referência provisória, para avaliação da exposição humana a campos eletromagnéticos de Radiofrequência, provenientes de estações transmissoras de serviços de telecomunicações, os limites propostos pela ICNIRP. De acordo com a avaliação da ICNIRP, não há nenhuma evidência de que os campos eletromagnéticos alterem a estrutura do DNA humano, considerando, para seus limites, somente os efeitos térmicos da radiação não ionizante, e desconsiderando os efeitos atérmicos, potencialmente mais danosos.

O Conselho Diretor da Agência Nacional de Telecomunicações - ANATEL, deliberou em sua reunião n.º 155, realizada em 28 de março de 2001, submeter a comentários e sugestões do público em geral - nos termos do artigo 42 da Lei n.º 9.472 de 1997; e do artigo 67 do Regulamento da Agência Nacional de Telecomunicações -, Proposta de Regulamento sobre Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos, na Faixa de Radiofrequência, na forma do Anexo à Consulta Pública n.º 285, de 30 de março de 2001. Como resultado desta consulta, a ANATEL adotou, no Anexo à Resolução n.º 303, de 2 de julho de 2002, [3] os níveis de referência - 9 kHz a 300 GHz -, para exposição do público em geral e para exposição ocupacional a campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo (valores eficazes, não perturbados), os mesmos níveis de exposição adotados pela ICNIRP.

O nosso país não dispunha, até então, de dispositivo legal, regulamentando os níveis de radiação não ionizante, permitidos em lugares públicos e ocupacionais.

Conforme prevê o artigo 74 da Lei n.º 9.472, de 16 de Julho de 1997, “a concessão, permissão ou autorização de serviços de telecomunicações não isenta a prestadora do atendimento às normas de engenharia e às leis municipais, estaduais ou do Distrito Federal, relativas à construção civil e à instalação de cabos e equipamentos em logradouros públicos”.

NÍVEIS DO PÚBLICO EM GERAL	FREQUÊNCIA MHz	CAMPO ELÉTRICO V/m	POTÊNCIA W/m ²	POTÊNCIA μW/cm ²
(Níveis de investigação no Reino Unido anteriores a Junho/2000) NRPB, 1993 ICNIRP 900 A 1800 MHz (...)	400 900 1800	100 112 194	26.4 33 100	2640 3300 10000
FCC OET 65: 1997 - 01 EUA. No documento NCRP - Rep. 86	900 1800	47 61	6 10	600 1000
Código 6 de Segurança canadense (SC6) 1993	900 1800	47 61	6 10	600 1000
ICNIRP, 1998 (reconhecido pela OMS) CENELEC, 1995 (EU)	900 1800	41 58	4.5 9	450 900
Austrália, 1998 (sob revisão)	900/1800	27	2	200
Duas bases de pesquisa dos EUA	30 - 1000000	19	1	100
Bélgica (Federal) (2001 AEL VOET níveis)	900 1800	20.6 29.1	1.125 2.26	112.5 225
Polónia (zona ocupacional intermediária) Zona de segurança - público em geral	300 - 3000000	19 6	1 0.1	100 10
Rússia, 1988	300 - 3000000	5	0.1	10
Itália, Decreto 381 (1999)	30 - 3000000	6	0.1	10
Comitê de Saúde de Toronto -2000, no Código SC6/100 de segurança canadense	900 1800	5 6	0.06 0.1	6 10
Ordem Suíça para ERB a partir de 1 de fevereiro de 2000	900 1800	4 6	Não especificado	Não especificado
Liechtenstein (2001, NISV níveis)	900 1800	4 6	0.04 0.1	4 10
Luxemburgo (2001)	900 1800	3 6	0.1 0.1	10 10
Itália, Gênova (2000)	900 & 1800	3	0.1	10
União Européia e Reino Unido. Regulamentos para equipamentos sujeitos a testes de níveis (domésticos e comerciais)	30 - 2000	3	Não especificado	Não especificado
Máximo típico em áreas públicas próximas às torres das ERB's (pode ser mais alto)	900 & 1800	2	0.01	1
Cidade de Salzburg	300 - 3000000	0.62	0.001	0.1
Dr. Cherry (NZ) proposta para agora	300 - 3000000	0.28	0.0002	0.02
Exposição média nos EUA) (EPA 1980) Habitante de cidade comum (FCC 1999)	Aprox. 30 - 3000000	<0.13 <2	<0.00005 <0.01	<0.005 <1
Fundo natural de Banda Larga	300 - 3000	<0.00003	<0.00000001	<0.000001
Típico comum perto de uma antena de celular manual	900 & 1800	50 - 300	2 - 50	200 - 5000

3.3 – Níveis Permitidos em Outros Países

Tabela 2 - Padrões Comparativos para Níveis de Exposição do Público em Geral a RF – 900 e 1800 MHz para as duas bandas principais de telefone móvel em diversos

países [18]

Observando a tabela 1, verificamos que, em diversos países, os limites permissíveis adotados são inferiores aos padrões e normas internacionais recomendados.

De acordo com os padrões de exposição legais [21], no Estado de New South Wales, na Austrália, 1998, para a frequência de 900 MHz, o limite é de 0,00001 W/m² e para frequências de 1,8 GHz o limite é também de 0,00001 W/m².

O governo suíço adotou padrões atualizados de limite de exposição para a população em geral às linhas de transmissão de energia elétrica e às torres de transmissão de comunicação móvel, em 01/02/2000. Os limites de exposição, na faixa de frequência em 900 MHz, para torres de telefonia móvel, é de 4 V/m ou 4,2 ¼W/cm² e para a faixa de frequência em 1800 MHz é 6 V/m ou 9,5 ¼W/cm². [22]

Observa-se também que, por falta de uma legislação federal, várias cidades brasileiras criaram suas próprias legislações.

4. METODOLOGIA PARA MONITORAMENTO DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

Na metodologia para avaliação dos níveis de exposição aos campos eletromagnéticos, cálculos teóricos e monitoramento em campo [9], baseou-se nas seguintes diretrizes: IEEE, 1999; IEEE, 1992; NCRP, 1993; e o Anexo à Resolução n.º 303 da ANATEL. Foram também observados os seguintes aspectos para analisar a intensidade das radiações eletromagnéticas oriundas das antenas de telefonia celular: [9]

- Caracterização da região onde se localiza a ERB;
- Altura exata da antena, em relação ao solo, em cada setor da ERB;
- Desenho mostrando a orientação das antenas, em relação ao norte verdadeiro e ao norte magnético (azimute), em cada setor, referenciado também às construções;
- Desenho mostrando a orientação das antenas, em relação às construções vizinhas, em um raio mínimo de 30 metros (preferencialmente em um de 100 metros);
- Tilt mecânico da antena de cada setor da ERB;
- Tipo de antena utilizada em cada setor, e suas informações técnicas;
- Diagrama de irradiação horizontal;
- Diagrama de irradiação vertical (incluindo tabela, detalhando o ganho em cada direção);
- Ganho na direção de diretividade máxima;
- Largura de feixe de 3 dB (plano horizontal e vertical);

- Seleção do equipamento, utilizando-se sonda adequada, cobrindo toda a faixa de interesse;
- Média temporal, realizada com um nível médio de tempo fixo de seis minutos;
- Medições realizadas em horário de tráfego intenso;
- Varredura nas imediações da ERB, caminhando-se com o aparelho a uma distância de 2 metros do solo, com o braço esticado, para evitar efeito do corpo do operador sobre a medição;
- Medições da intensidade de campo, feitas, em várias alturas acima do chão, separadas por 20 cm uma da outra, com o objetivo de fornecer maiores detalhes na distribuição espacial do campo;
- Cuidados para colocar o medidor longe de superfícies metálicas, evitando-se, assim, acoplamentos capacitivos e mudança da impedância do sensor;
- Medições realizadas no lóbulo principal de cada setor da antena;
- Tomada de grande quantidade de amostra de dados para determinar, espacialmente, áreas de intensificação de campo, causadas por reflexão e interferência de várias trajetórias de ondas.

5. RECOMENDAÇÕES

Com a disseminação da telefonia celular, várias organizações importantes verificaram que as normas e padrões existentes deveriam ser checados novamente. As Normas Internacionais mais difundidas são essencialmente baseadas nos “efeitos térmicos”, e como os “efeitos não térmicos” podem ocorrer em níveis de potência bem inferiores que aqueles correspondentes aos efeitos térmicos, existe a possibilidade de que aquelas normas tenham que ser oportunamente alteradas para níveis bem mais restritivos, caso os efeitos não térmicos sejam definitivamente comprovados. Isto, entretanto, ainda carece de pesquisas, que são objeto de um projeto internacional da OMS - “Organização Mundial da Saúde”. [25]

A OMS [24] iniciou, em 1996, o projeto denominado “International EMF Project-Health and Environmental Effects of Exposure to Static and Time Varying Electric and Magnetic Fields”: Projeto Internacional de Campos Eletromagnéticos - Efeitos na Saúde e no Meio Ambiente da Exposição à Estática e aos Campos Elétricos e Magnéticos Variáveis no Tempo, abrangendo campos eletromagnéticos com frequências entre 0 e 300 GHz, com previsão de término para o ano de 2007. Participam as seguintes organizações internacionais:

- “International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection – ICNIRP”: Comissão Internacional sobre Proteção de Radiação Não Ionizante.
- “International Agency for Research on Cancer – IARC”: Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer.

- “International Labour Office – ILO”: Agência Internacional do Trabalho.
- “International Telecommunication Union – ITU”: União Internacional de Telecomunicação.
- “European Commission – EC”: Comissão Européia.
- “International Electrotechnical Commission - IEC”: Comissão Eletrotécnica Internacional.
- “United Nations Environment Programme – UNEP”: Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.
- “North Atlantic Treaty Organization – NATO”: OTAN - Organização do Tratado do Atlântico Norte.

Na Inglaterra, estas normas estão sendo atualmente revistas pelo Conselho Nacional de Proteção Radiológica (“National Radiological Protection Board”); pelo Fundo de Pesquisa em Leucemia (“Leukaemia Research Fund”); pelo Departamento de Saúde; e pela Comissão Científica da Câmara dos Comuns.

Nos EUA, esta revisão está sendo feita pelo Instituto Americano Nacional do Câncer (“American National Cancer Institute”) e pelo departamento de Administração de Alimentos e Medicamentos (“Food and Drugs Administration”).

5.1 – Princípio da Precaução

O Princípio da Precaução, do qual, o Brasil é signatário desde a Eco 92, deve ser aplicado, quando a informação científica é insuficiente e, quando há indicações sobre possíveis efeitos no ambiente, ou nos seres vivos.

Quando uma atividade levanta possibilidade de nocividade à saúde humana ou ao meio ambiente, medidas preventivas devem ser tomadas, mesmo se alguma relação de causa e efeito não for completa e cientificamente estabelecida. Durante anos os movimentos ambientais e de saúde pública têm lutado para encontrar caminhos para proteger a saúde e o meio ambiente, quando ainda existe a incerteza científica sobre causa e efeito.

O público tem carregado o ônus de provar que uma atividade em especial ou uma substância é perigosa, enquanto aqueles que executam as atividades potencialmente perigosas e lançam no meio ambiente os produtos potencialmente perigosos são considerados inocentes, até que sejam provados culpados. As companhias que adotam práticas perigosas e manuseiam e permitem que os produtos químicos cheguem ao meio ambiente parecem, muitas vezes, ter mais direitos que os cidadãos.

O encargo de provar cientificamente a relação dose-resposta colocou uma enorme barreira na campanha para proteger a saúde e o meio ambiente. Ações para prevenir danos são normalmente tomadas somente depois que a prova significativa de dano for estabelecida, podendo, então, ser muito tarde.

Quando grupos de cidadãos baseiam suas demandas para parar uma atividade particular pela experiência e observação ou algo menos do que uma estrita prova científica, eles são acusados de ser emocionais e histéricos. Para ultrapassar essa barreira, é necessário um instrumento de ação com poder ético e de cunho científico para a tomada de decisões.

Nós estamos em uma conjuntura excitante na história do mundo: de um lado vemos ameaças nunca havidas à saúde humana e ao meio ambiente que sustenta a vida, por outro lado temos a oportunidade de mudar fundamentalmente o modo como as coisas são feitas.

Nós não temos que aceitar as coisas como elas estão.

A “Precaução” é um princípio-guia, que nós podemos usar para parar a degradação ambiental.

O Princípio da Precaução é um novo modo de pensar sobre a proteção ambiental ou a proteção à saúde pública, e a permanência da exposição a situações e a agentes de risco a longo prazo. Ele nos desafia a fazer mudanças fundamentais no modo como permitimos e restringimos danos. Alguns destes desafios colocarão grandes ameaças às agências de governo e aos poluidores e vão, provavelmente, encontrar resistência poderosa.

134

O Princípio da Precaução não é baseado em ciência sã. O entendimento convencional de “ciência sã” enfatiza a Avaliação de Risco e a Análise de Custo-Benefício. Estas são abordagens carregadas de valor, requerendo numerosas suposições sobre como os danos ocorrem, como as pessoas são expostas a eles, e a vontade da sociedade de tolerar o dano. De fato, por causa de grandes incertezas sobre causa e efeito, todas as decisões sobre saúde humana e meio ambiente são carregadas de valor e são políticas.

A Precaução é baseada no princípio que nós não devemos expor pessoas e o meio ambiente a danos, se não for necessário fazê-lo.

O Princípio da Precaução começou a ser aplicado na Alemanha, no início da década de 70, com uma lei ambiental contrabalançada por Princípios de Viabilidade Econômica [23] e adotou políticas rigorosas para atacar a chuva ácida, o aquecimento global e a poluição do Mar do Norte. Também levou ao desenvolvimento de uma forte indústria ambiental na Alemanha.

O Princípio da Precaução foi introduzido, na Europa, em 1984, depois que os países participantes da Primeira Conferência Internacional sobre a Proteção do Mar do Norte se interessaram por ele; depois, expandiu-se em inúmeras convenções e conferências como o Tratado de Maastricht para a União Européia, a Declaração de Bergen sobre o Desenvolvimento Sustentável, e a Convenção da Mudança de Clima Global e outros.

A Suécia e a Dinamarca já adotaram o Princípio da Precaução como guia para política de meio ambiente e da saúde pública.

Nos Estados Unidos, o Princípio da Precaução não está expressamente mencionado em suas leis ou políticas, contudo, algumas leis têm uma natureza de precaução, e o Princípio está subjacente na legislação ambiental mais recente:

- a) Estudo de Impacto Ambiental (Ato da Política Nacional do Meio Ambiente);
- b) Ato da Segurança Ocupacional e da Saúde (Assegura a cada trabalhador e trabalhadora condições seguras e saudáveis para trabalhar);
- c) Ato de Prevenção de Poluição em 1990, que estabeleceu a maior prioridade em programas de meio ambiente no país. [23]

Uma das mais importantes expressões do Princípio da Precaução, internacionalmente, é a Declaração do Rio da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, de 1992, também conhecida como Agenda 21, a Declaração afirma: “Com fim de proteger o meio ambiente, os Estados devem aplicar amplamente o princípio da precaução, conforme as suas capacidades. Quando haja perigo de dano, grave ou irreversível, a falta de uma certeza absoluta não deverá ser utilizada para postergar-se a adoção de medidas eficazes em função do custo para impedir a degradação do meio ambiente”.

Os Estados Unidos assinaram a declaração do Rio, mas não se sabe se manterão o compromisso. A aplicação do Princípio está mais avançada na Europa do que nos Estados Unidos.

O teste para saber quando aplicar o Princípio da Precaução é a combinação da ameaça de dano e a incerteza científica. Alguns acham que o dano deve ser sério ou irreversível, mas outros ressaltam que os efeitos cumulativos devem ser levados em conta mesmo em pequenas doses.

O Princípio de Precaução será aplicado quando houver bases razoáveis para preocupação de que um procedimento ou desenvolvimento possa contribuir para a degradação do ar, da terra, da água e da comunidade. A falta de certeza científica completa não será usada como razão para adiar medidas efetivas de custo elevado para prevenir a cara degradação do meio ambiente e de vidas humanas, pois queremos viver em um mundo auto sustentável. A sustentabilidade ecológica não é garantida pelas forças do mercado.

Se nós estivermos verdadeiramente interessados na sustentabilidade, devemos expandir as nossas estruturas de tempo, no mínimo o tempo ecológico, se não o tempo evolucionário, porque as conseqüências de se introduzir um novo produto ou uma nova tecnologia no meio ambiente podem raramente serem observadas no tempo bioquímico ou mesmo orgânico. A ruptura endócrina e o aparecimento de dano nas gerações posteriores, por exemplo, demonstram a necessidade de expandirmos nossa estrutura de tempo.

A Precaução é mais perfeita do que a Avaliação de Risco, porque expõe a incerteza e admite as limitações da ciência.

6. CONCLUSÃO

O número cada vez maior de antenas de telefonia celular instaladas nas cidades brasileiras, de forma indiscriminada, pode expor a população a perigosos índices de radiação. A população vizinha das antenas recebe uma dose de radiação de Radiofrequência, durante 24 horas, continuando a ser um grande desafio, para a comunidade científica, estabelecer um limite de uma dose segura, que a população possa receber, já que os efeitos atômicos não são percebidos, apesar de mais prejudiciais, e as normas internacionais existentes não consideraram esses efeitos, que já estão sendo reconhecidos pelos pesquisadores do assunto.

A ECO 92 - Princípio n.º 15 da Declaração das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento elegeu a precaução como um dos princípios a serem seguidos: “Com o fim de proteger o meio ambiente, os Estados devem aplicar amplamente o princípio da precaução, conforme as suas capacidades. Quando haja perigo de dano, grave ou irreversível, a falta de uma certeza absoluta não deverá ser utilizada para postergar-se a adoção de medidas eficazes em função do custo para impedir a degradação do meio ambiente”.

Tendo em vista o acima declarado, sugerir que as autoridades governamentais adotem o Princípio da Precaução, até que se disponha de informação científica mais evidente sobre o assunto, apresentando elas as providências a seguir:

1. Estudo prévio de Impacto de Vizinhança (EIV), que deverá incluir também a Percepção de Risco. Este estudo deverá abranger um raio de, no mínimo, 150 metros em torno da ERB, e só instalar ERB's onde houver aceitação de toda a comunidade residente nesse entorno.

2. Redução da potência de emissão das antenas do sistema da telefonia celular ao limite mais baixo que a técnica permitir, até que sejam apresentados resultados de testes sobre aquela emissão, acerca dos quais não haja dúvidas em referência aos efeitos, danosos ou não, que essa emissão possa causar.

3. As medições dos níveis de exposição dos campos eletromagnéticos por parte dos órgãos ambientais e de saúde pública são de extrema relevância, para garantir a segurança das pessoas que residem e circulam nas proximidades das ERB's.

4. Locais onde os limites de exposição ultrapassarem os padrões recomendados, a operadora responsável deverá reduzir, de imediato, seus níveis de emissão de radiação, e o órgão público responsável deverá proibir a instalação de novas ERB's, naquela região.

5. A instalação de ERB's deveria ser longe de onde as pessoas vivem e trabalham, bem como distante de hospitais, escolas e outros locais de aglomeração de público. O monitoramento das radiações deve ser feito, também, pelos órgãos ambientais e de saúde pública.

Os efeitos da radiação provocados pelo telefone celular, também preocupantes,

podem ser minimizados com uma redução no tempo de utilização do aparelho, mas a população não tem como se proteger da radiação emitida pelas antenas. É arriscado esperar até 2007 quando a OMS fará suas conclusões. Por isso deve-se adotar o Princípio da Precaução.

Adilza Condessa Dode,
professora,
engenheira eletricista PUC-MG,
pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho PUC-MG,
mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG

Mônica Maria Diniz Leão,
professora doutora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da
Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais,
doutora pelo INSA - Instituto de Ciências Aplicadas - Toulouse - França

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- (1) ALEMANHA (GERMANY). Federal Ministry for Education and Research. STANG, Andreas et al. "The possible role of radiofrequency radiation in the development of uveal melanoma". *Epidemiology*, January 2001, vol. 12, n.º 1, pages 7 to 12.
- (2) AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS ACGIH. 1999 TLVs and BEIs: Threshold limit values for chemical substances and physical agents – biological exposure indices. ISBN: 1-882417-32-1. 185p.
- (3) ANATEL, 2002. *Resolução no. 303 de 2 de julho de 2002 – Aprova o Regulamento sobre Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências entre 9kHz e 300 GHz*. [online]. Disponível em: <www.anatel.gov.br>
- (4) BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n. 3214 de 08 jun. 1978. Aprova as Normas Regulamentadoras – NR – do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. D.O.U. - *Diário Oficial da União*, Brasília, 06 jul.1978 (Suplemento).
- (5) CHERRY. N.. *Actual or potential effects of ELF and RF/MW radiation on accelerating aging of human, animal or plant cells*. Lincoln University. Auckland. New Zealand. 1998.
- (6) CHERRY, Neil. *Criticism of the health assessment in the ICNIRP guidelines for radiofrequency and microwave radiation* [online]. Lincoln University, New Zealand, Jan. 31st, 2000. Available from World Wide Web: <http://www.emfguru.com/EMF/genotoxic/GENOTOXIC-EMR-paper.html>
- (7) CHERRY, Neil. *Scientific evidence of the risk of adverse health effects from chronic exposure to low-level electromagnetic radiation* – EMRAA, Electromagnetic Radiation Alliance of Australia, E-mail: emraa@ssec.org.au, 09/1999.
- (8) CONSELHO MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE-COMAM. Deliberação Normativa n. 035/2001 de 21 mar. 2001. Estabelece normas específicas para o licenciamento ambiental das antenas de telecomunicações com estrutura em torre ou similar e dá outras providências. *Diário Oficial do Município-DOM*, Belo Horizonte, 24 mar. 2001.
- (9) DODE, Adilza Condessa, 2003. *Poluição ambiental e exposição humana a campos eletromagnéticos: estudo de casos no município de Belo Horizonte com ênfase nas estações radiobase de telefonia celular*. . Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 175 p.

- (10) HYLAND, G. J.. "Non-thermal bioeffects by low intensity irradiation of living systems". *Eng. Science and Educational Journal*, 7(6):261-269. 1998
- (11) HYLAND, G., "The physiological and environmental effects of non-ionizing electromagnetic radiation": *Final Study, Working Document for the STOA Panel, European Parliament, Directorate General for Research, Mar. 2001.*
- (12) INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. - *IEEE - C95.1, 1999 Edition (Incorporating IEEE Std C95.1-1991 and IEEE Std C95.1a-1998)*. "IEEE Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz". 3 Park Avenue, New York, NY 10016- 5997, USA. Print: ISBN-0-7381-1557-61999 SH94717. PDF: ISBN-0-7381-1558-6 SH94717. 1999.
- (13) INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC.- *IEEE – C95.3-1991(Revision of ANSI C95.3-1973 and ANSI C 95.5-1981)* - "IEEE Recommended practice for the measurement of potentially hazardous electromagnetic fields – RF and microwave". 3 Park Avenue, New York, NY 10016- 5997, USA. ISBN 155937-180-3. (Reaffirmed in 1997 by IEEE Std 95.1., 1999 Edition, Introduction, page iii)". *Recognized as an American National Standard (ANSI)*. 1991/1997.
- (14) INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION - ICNIRP. *Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz)*, USA. In: Health Physics, April 1998, Vol. 74, pp. 494-522. 1998.
- (15) ITALIA. Ministero dell' Ambiente; Ministero della Sanità; Ministero delle comunicazione; Agenzia Nazionale per la Protezione dell' Ambiente. Decreto n.º 381 de 10/09/1998; *Regolamento recante norme per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana*. 1998.
- (16) NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS (NCRP). "Radiofrequency electromagnetic fields: properties, quantities and units, biophysical interaction, and measurements," Pub. n.º 67, Washington, D.C.. 1981.
- (17) NATIONAL COUNCIL ON RADIATION PROTECTION AND MEASUREMENTS - NCRP Report n.º 119 - *A practical guide to the determination of human exposure to radiofrequency fields*. Bethesda, Maryland, USA. ISBN 0-929600-35-5. 1993.
- (18) PHILLIPS, Alasdair, Technical Director, Powerwatch, updated November 2001. *Comparing standards for general public RF exposure levels*. [on line] Available from World Wide Web: <http://www.powerwatch.org.uk/microwave/1standsx.htm>
- (19) REPACHOLI, M. H. *et al.*. "Lymphomas in Eupim 1 transgenic mice exposed to pulsed 900 Mhz Electromagnetic Fields". *Radiation Research* 147:631-640. 1997.
- (20) REPACHOLI, M. H.. "Low-level exposure to radiofrequency fields: health effects and research needs". *Bioelectromagnetics*; 19:1-19;1998.
- (21) SCHERER, Wolfgang W.. *Maximum EMF exposure limits (standards - table 1, in maximum limits and preventive limits of EMF radiation* [online]. Based on e-mail: nova-h@t-online.de, Website: <http://www.nova-institut.de>, and e-mail contact: rbeavers@llion.org, Website: <<http://www.feb.se/EMF-L/EMF-L.html>>. Available from World Wide Web:http://www.angelfire.com/on3/emf/emf_1000.html
- (22) SUÍÇA. Confederatio Helvetica, Le Autorità Federali della Confederazione Svizzera. *Ordinanza sulla protezione dalle radiazioni non ionizzanti*, ORNI de 23/12/1999.
- (23) TICKNER Joel, RAFFENSPERGER Carolyn, MYERS Nancy. *The Precautionary Principle in Action – A Handbook*. Science and Environmental Health Network, Windsor, North Dakota, USA e Lowell Center for Sustainable Production, University of Massachussets Lowell, USA.. [online]. E-mails Available from World Wide Web: <Joel_Tickner@student.uml.edu> e <craftensperger@commpuserve.com>.
- (24) WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *International EMF project - health and environmental effects of exposure to static and time varying electric and magnetic fields*. [on line]. Available from World Wide Web: http://www.who.int/peh-emf/discretion/desc_english.htm
- (25) WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Objectives and functions*..[on line]. Available from World Wide Web: <http://www.who.int>.

**AS ESTAÇÕES DE
RÁDIO-BASE DE TELEFONIA
CELULAR NO CONTEXTO DE
UMA SOCIEDADE DE RISCOS**

Ana Maria Moreira Marchesan

AS ESTAÇÕES DE RÁDIO-BASE DE TELEFONIA CELULAR NO CONTEXTO DE UMA SOCIEDADE DE RISCOS

Ana Maria Moreira Marchesan

SUMÁRIO: 1. As estações de rádio-base à luz da teoria do risco; 2. As radiações eletromagnéticas e os danos à saúde; 3. A possibilidade de atuação do Direito Ambiental e o princípio da precaução; 4. Os danos à paisagem; 5. A desvalorização dos imóveis; 6. A localização das estações de rádio-base e a liberdade empresarial; 7. Competência legislativa; 8. Conclusões.

1. AS ESTAÇÕES DE RÁDIO-BASE À LUZ DA TEORIA DO RISCO

No atual estágio de modernidade avançada, riscos imperceptíveis e invisíveis mesclam-se em todos os espaços de existência humana.

Ao contrário da carência material e da desigualdade de classes, esses riscos, como acentua BECK¹, não se inserem no signo da miséria, mas sob o signo do medo, constituindo um produto da modernidade em seu estado máximo de desenvolvimento. Ao contrário dos riscos empresariais e profissionais dominantes no séc. XIX e na primeira metade do séc. XX, os riscos das atividades industriais atuais tendem à mundialização. Não respeitam as fronteiras dos Estados nacionais, nem a segmentação das classes, embora inequivocamente os mais abastados consigam, geralmente, maiores proteções contra os riscos.

Para avaliar esses riscos e os perigos que deles podem se originar, estamos remetidos a instrumentos de medição, teorias, especializações ultracomplexas e, principalmente, ao nosso NÃO SABER². Mesmo os chamados “experts” deixam, não raras vezes, de prever³ nefastas conseqüências advindas de atividades que teriam justificação inicial no grande móvel da nossa civilização: o progresso.

¹ O alemão Ulrich Beck afigura-se como o grande teórico do risco. No conjunto de sua obra vem trabalhando constantemente os temas da sociedade de riscos e da modernização reflexiva. Em sua obra precursora, “La Sociedad Del Riesgo”, afirma que, no atual estágio da civilização, “o perigo se converte em passageiro clandestino inserido em produtos de consumo normal” (BECK, Ulrich. **La Sociedad Del Riesgo**, Barcelona: Editora Paidós Ibérica, S/A, 1998). Em obra recente, BECK sustenta a conversão dos efeitos colaterais invisíveis da produção industrial em conflitos ecológicos globais críticos não é, em sentido estrito, um problema do mundo que nos rodeia, mas “una profunda crisis institucional de la primera fase (nacional) de la modernidad industrial (‘Modernización Reflexiva’)” (BECK, Ulrich. **La Sociedad Del Riesgo Global**, Madrid: Editora Siglo Veintiuno, 2002. p. 51).

² Conforme BECK, Ulrich. Ob cit, p. 12.

³ Exemplos disso são os desastres ocorridos em usinas atômicas (Chernobyl, em 26.04.86, e Three Mile Island, em 28.03.79), envenenamento por vazamento de uma fábrica de inseticidas (Bhopal, em 04.12.84) e vazamento de óleo (Brasil, em 24.02.84), com a famosa tragédia de Vila Socó, os quais têm em comum o fato de se originarem de atividades “pacíficas”, não militares, envolvidas por processos de alta tecnologia.

Na sociedade contemporânea, distinguida pelo mercado como forte agente da política e pela minimalização do poder do Estado, a sociedade por vezes se vê envolvida em meio a atividades que, por detrás de benesses sedutoras, ocultam riscos⁴ de várias ordens. Nessas situações, os movimentos populares, os organismos públicos e privados de defesa da cidadania têm de entrar no contexto para frear os processos e buscar esclarecimentos bastantes antes da consumação de danos, tantas vezes marcados pela nota da irreversibilidade. No caso da telefonia celular, existe uma tecnologia de ponta cujo domínio teórico está concentrado no saber de poucos. Esse conhecimento de ser ampliado e passado à população para que ela possa participar das discussões públicas acerca dos regramentos sobre a atividade.

Como ensina DE GIORGI, teórico que também vem se preocupando com a questão do risco, (...) *O tema do risco tornou-se objeto de interesse e preocupação da opinião pública quando o problema da ameaça ecológica permitiu a compreensão de que a sociedade produziria tecnologias que poderiam produzir danos incontroláveis*⁵

A questão dos possíveis efeitos emanados pelas radiações não-ionizantes derivadas das estações de rádio-base de telefonia celular insere-se perfeitamente na teoria do risco e busca nela subsídios para uma análise transdisciplinar da questão⁶.

Trata-se de uma nova tecnologia⁷ que, como tal, exerce influências no ser humano, no meio ambiente e na cultura, influências essas que têm de ser plenamente elucidadas e avaliadas, a fim de que se possa ter a plena clareza da conveniência da tecnologia e de suas formas de implementação.

2. AS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS E OS DANOS À SAÚDE

O advento da telefonia sem fio (ou *wireless*) propicia, inegavelmente, comodidades que nos permitem concluir que a esmagadora maioria da população não está disposta a dela abrir mão.

⁴ GUATTARI, em sua poética obra "As Três Ecologias", também se filia à visão da sociedade de riscos desenhada por Beck. Destaca ele que os riscos engendrados pelas atividades humanas (ex. usinas atômicas na França e ogivas nucleares disseminadas) podem levar, à menor falha técnica ou humana, ao extermínio coletivo. Questiona os modos dominantes de valorização das atividades humanas: a) o do império de um mercado mundial que lamina os sistemas particulares de valor, colocando num mesmo plano de equivalência os bens materiais, os culturais, as áreas naturais, etc. b) o que coloca o conjunto das relações sociais e internacionais sob a direção das "máquinas policiais e militares". Nesse contexto, situa os Estados: *Os Estados, entre essas duas pinças, vêem seu tradicional papel de mediação reduzir-se cada vez mais e se colocam, na maioria das vezes, a serviço conjugado das instâncias do mercado mundial e dos complexos militar-industriais* (GUATTARI, Félix. **As Três Ecologias**. São Paulo, Editora Papirus, 14ª edição, 2003. p. 10).

⁵ DE GIORGI, Raffaele. **Direito, democracia e risco - Vínculos com o futuro**. Porto Alegre: Fabris, 1998. p. 195.

⁶ Aliás, em parecer jurídico lavrado nos autos de uma demanda ajuizada por empresas de telefonia celular objetivando cassar a suspensão de licenças administrativas expedidas para a construção, instalação e operação de ERBs, o Promotor de Justiça Luiz Fernando Calil de Freitas baseou-se em muito na teoria do risco para concordar com o ato interdittório emanado de secretários do município de Porto Alegre. Esse parecer está publicado na Revista de Direito Ambiental, n.º 25, pp. 233/237).

Entretanto, essa tecnologia não se nos afigura totalmente inócua à saúde das pessoas. Na bagagem desse progresso há também um clandestino - o risco.

Pesquisas várias apontam efeitos negativos possivelmente causados pelas radiações não-ionizantes oriundas dos aparelhos de celular e, especificamente, das antenas desse tipo de telefonia.

Duas ordens de efeitos podem advir dessas radiações eletromagnéticas não-ionizantes: térmicos e não térmicos.

Quanto aos efeitos térmicos, estudos conclusivos apontam para a possibilidade de surgimento de patologias associadas ao aumento da temperatura corporal gerada pela fricção entre as moléculas. A Organização Mundial de Saúde (OMS) noticia o aparecimento de cataratas, glaucomas, problemas cardiovasculares. Enfim, problemas em regiões do corpo fortemente irrigadas.

Esses efeitos, entretanto, dificilmente irão decorrer da proximidade com estações de rádio-base (ERBs), pois se verificam em pontos muito próximos das fontes de irradiação, o que não costuma ocorrer em relação às antenas, sempre colocadas sobre estruturas.

No tocante aos efeitos não térmicos, há vários estudos retratando casos de distúrbios do sono, de atividade epilética em algumas crianças expostas à radiação das ERBs. Há também relatos de severa diminuição da produção de leite, emaciação, abortos espontâneos e natimortos, em experimentos feitos com gado mantido próximo de uma ERB.

Também tomamos conhecimento de estudo capitaneado pelo Prof. Vítor Baranauskas, do Depto. de Física da Universidade de Warwick, Reino Unido, envolvendo a criação de galinhas ao lado de uma ERB. Esse estudo acabou concluindo que, dos 120 ovos chocados no local, um terço deles não era de pintos saudáveis. Desses, cerca de metade nasceu com defeitos⁸.

Mas o fato é que nenhum dos trabalhos já publicados está amparado em pesquisa científica confortada por um número significativo de “cases” de molde a torná-la conclusiva⁹.

Sem embargo disso, como há dúvida (e onde há dúvida é porque não existe um saber homogêneo), os órgãos preocupados com a questão da saúde vêm se dedicando ao tema, sem que ainda tenham extraído conclusões .

⁷ O sociólogo MANUEL CASTELLS define tecnologia como o conjunto de instrumentos, regras e procedimentos através dos quais o conhecimento científico é aplicado de maneira reproduzível a uma determinada tarefa (CASTELLS apud CAPRA, Fritzföf. **Conexões Ocultas**. 3ª edição. São Paulo: Cultrix. p. 104).

⁸ Esse estudo vem sendo divulgado, juntamente com fotografias, pela Associação Brasileira de Defesa dos Moradores e Usuários Intranquilos com Equipamentos de Telecomunicações Celular (ABRADECCEL).

⁹ MATEO se reporta a um recente episódio ocorrido na Espanha, quando foram diagnosticados três casos de câncer infantil em alunos de um colégio público de Valladolid, no período de dezembro a setembro de 2000/2001. As conclusões do estudo feito afirmaram, com absoluta convicção, que as patologias não tiveram vinculação com o campo eletromagnético produzido por estações de telefonia situadas no edifício López Gómez 5, situado nas imediações da escola (MATEO, Ramón Martín. **Tratado de Derecho Ambiental**. Madrid: Edisofer S.L., 2003. Tomo. IV, p. 171).

Mesmo que atualmente adote as normas da ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), a Organização Mundial de Saúde (OMS) criou, em 1996, o Projeto Internacional CEM (Campos Eletromagnéticos), *para avaliar as provas científicas dos possíveis efeitos sobre a saúde dos CEM no intervalo de frequência de 0 a 300 GHz¹⁰*. Esse trabalho envolve a pesquisa interdisciplinar sobre os efeitos nocivos à saúde tanto das radiações ionizantes como das não-ionizantes e tem seu prazo de conclusão atualmente previsto para 2007. Dentre os propósitos do projeto, está o de *facilitar o desenvolvimento de normas internacionalmente aceitáveis sobre a exposição aos CEM*.

No caso da exposição do público em geral, é quase pacífica a posição que reconhece a existência de “fatores de risco”, que aconselham a adoção de medidas preventivas, ante a falta de certeza científica sobre a maior parte dos efeitos, merecendo destaque os trabalhos da ICNIRP, cujos resultados lograram ser acolhidos pela legislação da Comunidade Européia e pela maioria dos Estados europeus.

Essa comissão publicou um informe em abril de 1998, no qual revisava os limites de exposição que ela própria aprovara anos antes (1988 e 1990). Nesse informe, adota novo enfoque do problema, estabelecendo limites mais restritivos para a exposição dos cidadãos em geral às radiações. Também procurou tratar das situações envolvendo pessoas potencialmente mais vulneráveis (crianças, idosos, portadores de patologias) a esse tipo de contaminação e que não se acham, normalmente, em situação laboral ativa¹¹.

No âmbito nacional, o tema tem sido alvo de preocupações por parte de diferentes órgãos do governo. A FUNASA (Fundação Nacional de Saúde) criou, através da Portaria n.º 220, de 20 de junho de 2002, Grupo de Trabalho com o objetivo de subsidiar o posicionamento do Ministério da Saúde referente à exposição humana a campos eletromagnéticos provenientes de linhas de transmissão de linhas de alta tensão intensa e progressiva exposição humana contínua a campos eletromagnéticos na faixa de 0 a 300 GHz. O trabalho desse GT não chegou a ser conclusivo e acabou gerando a criação de um outro, mais abrangente, na órbita do Ministério da Saúde, que teve origem na Portaria n.º 677/03-MS.

Esse grupo editou suas conclusões em relatório de março/04. Dentre os pontos convergentes do relatório, destaca-se a *necessidade de implemento da lei brasileira que fixe os limites máximos de exposição prolongada humana a campos eletromagnéticos, fixe os limites de segurança para a exposição ocupacional a equipamentos geradores de CEM e a metodologia de cálculo e medição visando unificar as referências técnicas utilizadas pelas empresas para caracterização dos campos produzidos pelas instalação e equipamentos terminais*.

Em várias das conclusões escritas no relatório, o GT demonstra ter-se filiado ao princípio da precaução como forma de enfrentar a questão da incerteza científica.

¹⁰ <http://www.who.int/peh-emf/project/en/>

¹¹ Para detalhes, consultar GIMENEZ, Andrés Molina. *Las Antenas de Telefonía Móvil. Régimen Jurídico*. Madrid: Aranzadi. 2002.

3. A POSSIBILIDADE DE ATUAÇÃO DO DIREITO AMBIENTAL E O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Enquanto direito comprometido com um escopo - o da sustentabilidade urbano-ambiental -, o direito ambiental pode e deve incidir na tutela dessa questão marcada pela incerteza.

Dotado de um conjunto de princípios e normas relativas à proteção do meio ambiente, o Direito Ambiental se define, nas sábias palavras do Prof. Michel Prieur, da Universidade de Limoges (França), verdadeiro mestre da disciplina, em primeiro lugar, pelo seu objeto. *Mas é um direito tendo uma finalidade, um objetivo: nosso ambiente está ameaçado, o Direito deve poder vir em seu socorro, imaginando sistemas de prevenção ou de reparação adaptados a uma melhor defesa contra as agressões da sociedade moderna. Então o Direito do Ambiente, mais do que a descrição do Direito existente, é um **Direito portador de uma mensagem**, um direito do Futuro e da antecipação, graças ao qual o homem e a natureza encontrarão um relacionamento harmonioso e equilibrado*¹² – grifei.

E qual a mensagem que o instrumental Direito Ambiental nos fornece em situações de dúvida? Essa mensagem está contida nos enunciados relativos ao princípio da precaução. Precaução tem a ver com “ação antecipada” ou, no dizer de Paulo Affonso Leme Machado, precaução é ação antecipada diante de um risco sobre o qual ainda paire incerteza científica¹³. Para JUSTE RUIZ, esse princípio está inspirado na evolução do pensamento científico político e jurídico em matéria ambiental, o qual se rendeu à constatação de que premissas científicas antes absolutas logo podem ser tidas como equivocadas¹⁴. Dessa forma, já que não somos capazes de conhecer, não devemos nos atrever em nossos comportamentos para além das fronteiras de segurança, especialmente se nossas ações são irreversíveis. Assim, reconhece-se hoje, na doutrina ambiental, um RELATIVISMO¹⁵ que conduz à precaução.

O princípio da precaução¹⁶ está contemplado na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (L. 6.938/81)¹⁷, principalmente quando coloca a avaliação dos impactos ambientais dentre os instrumentos dessa Política.

¹² Apud Machado, Paulo Affonso Leme. **Direito Ambiental Brasileiro**. 8ª edição. São Paulo: Malheiros Editores. 2000. p. 122.

¹³ LEITE e AYALA estabelecem distinções entre os princípios da prevenção e da precaução, enfatizando que, nas duas espécies de princípios, está presente o elemento risco. E acrescentam: *Entretanto, se pretendemos unificar semanticamente as categorias de risco e de perigo, pode-se considerar para a compreensão de nosso raciocínio que o princípio da prevenção se dá em relação ao perigo concreto, enquanto, em se tratando do princípio da precaução, a prevenção é dirigida ao perigo abstrato* (LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patrick. **Direito Ambiental na Sociedade de Risco**. Rio de Janeiro: Editora Forense Universitária, 2002. p. 162).

¹⁴ JUSTE RUIZ, J. **Derecho internacional del medio ambiente**. Madrid: McGrawHill. 1999. pp. 78-79.

¹⁵ A propósito, vale consultar JIMÉNEZ DE PARGA, Patricia. **El Principio de prevención en el Derecho Internacional del Medio Ambiente**. Madrid: Editora La Ley, 2001. p. 76.

¹⁶ Esse princípio teve origem, na metade da década de 80, no *Vorsorgeprinzip* (princípio da precaução) do Direito Alemão, onde adquiriu elevada construção. No direito alemão, a Administração está obrigada a intervir quando existe um risco identificado para os cidadãos ou para o meio ambiente. Mas essa intervenção também é admitida quando há suspeita de riscos (conforme PARGA, Patricia Jiménez. Ob. cit., p. 76).

¹⁷ Arts. 4º, incs. I e VI, e 9º, inc. III.

Essa ótica preventiva aparece também em nossa Constituição Federal, no art. 225, dispositivo-estrutura do Direito Ambiental Brasileiro.

Ademais, o Brasil é signatário da Declaração sobre Meio Ambiente oriunda da RIO/92, em cujo princípio 15 vem consagrado o princípio da precaução, nos seguintes termos:

Com o objetivo de proteger o ambiente, os Estados devem aplicar o critério de precaução conforme as suas capacidades. Quando existir perigo de dano irreversível, a falta da certeza científica absoluta não deverá ser utilizada como razão para adiar a adoção de medidas eficazes em função dos custos para impedir a degradação do ambiente.

Mais recentemente, a chamada Lei dos Crimes Ambientais referiu-se explicitamente a “medidas de precaução” na redação do tipo penal de poluição (art. 54, parág. 3º). Houve, ainda, menção expressa ao “princípio da precaução” no art. 5º do Decreto Federal n.º 4.297/02, quando trata da regulamentação do art. 9º, inc. II, da Lei n.º 6.938/81, estabelecendo critérios para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil - ZEE.

Portanto, considerando a importância desse princípio na legislação brasileira e na normativa internacional, a conduta recomendada em caso de dúvida é de cautela.

Aliar desenvolvimento e proteção do meio ambiente e da saúde das pessoas não se tem revelado tarefa fácil. Devemos fazer esforços individuais e coletivos para celebrar essa união sob os auspícios do desenvolvimento sustentável.

Discorrendo sobre a incidência dos princípios por ele denominados da “cautela e da ação preventiva”, GIMENES informa que a Resolução¹⁸ do Parlamento Europeu sobre a luta contra os efeitos nocivos provocados pelas radiações não-ionizantes, de 25 de julho de 1994, já confessava seu compromisso com esse princípio.

Assim, verifica-se a total pertinência do princípio da precaução em relação ao tema, impondo-se, na incerteza, a diretriz de reger a atividade da telefonia móvel, de molde a que não se constitua ela em mais um abuso que possa conduzir os seres humanos a patologias, as cidades à degradação estética e as propriedades privadas à desvalorização.

4. OS DANOS À PAISAGEM

A paisagem, enquanto bem jurídico digno de proteção, traduz um campo novo para estudos. Para os especialistas BUREL e BAUDRY, a paisagem *es un nivel de organización de los sistemas ecológicos superior al ecosistema, que se caracteriza esencialmente por su heterogeneidad y por su dinámica, controlada em gran parte por las actividades humanas. Existe independientemente de la percepción*¹⁹. Para

¹⁸ Resolução A3-0238/94, DOCE C 205/439.

¹⁹ BUREL, Françoise, BAUDRY, Jacques. **Ecología del Paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones**. 2ª edição. Madrid: Mundi-Prensa, 2002. p. 43.

PITTE, a paisagem é a expressão visível da superfície terrestre resultante da combinação das relações entre natureza, as técnicas e a cultura dos homens²⁰.

Na Itália, onde esses estudos são bem desenvolvidos, há uma gama significativa de normas jurídicas cujo objetivo maior é tutelar a paisagem.

Em nosso país, a paisagem se insere na noção unitária, sistêmica, de meio ambiente. A Constituição Federal, a partir da exegese combinada dos arts. 182, “caput”, 216 e 225, reconhece a necessidade de proteção desse bem jurídico.

A Lei Federal n. 6.938/81, que “dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação” define meio ambiente como “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (art. 3º, I) e poluição como “a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente” (art. 3º, inc. III, “d”, grifei). Associa, dessa forma, a qualidade ambiental com as condições estéticas do meio ambiente, no próprio conceito de poluição.

Já o Decreto-lei n.º 3.365/41, que dispõe sobre desapropriações por utilidade pública, prevê, em seu art. 5.º: *Consideram-se casos de utilidade pública: (...) i) a abertura, conservação e melhoramento de vias ou logradouros públicos; a execução de planos de urbanização; parcelamento do solo, com ou sem edificação, para sua melhor utilização econômica, higiênica ou estética; a construção ou ampliação de distritos industriais.*

A Lei Federal 4.717/65, que regula a ação popular, considera patrimônio público “os bens e direitos de valor econômico, artístico, estético, histórico” (art.1º, parág. 1º). No mesmo sentido, a Lei da Ação Civil Pública, em seu art. 1º, inc. III, faz referência a “bens e direitos do valor estético”. Similar menção consta da Lei Orgânica do Ministério Público, que confere legitimação à Instituição para promover a ação civil pública para a proteção, prevenção e reparação dos danos causados a, dentre outros, bens de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (art. 25, IV, a, da L. n.º 8.625/93).

Mais recentemente, o Estatuto da Cidade (L. n. 10.257/01), conhecido como a Lei da Reforma Urbana, insere dentre suas diretrizes a *proteção, preservação e recuperação do meio ambiente natural e construído, do patrimônio cultural, histórico, artístico, paisagístico e arqueológico* (art. 2º, inc. XII) . Ao detalhar os elementos mínimos a serem aferidos pelo Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), o mesmo Estatuto contempla a questão relativa à paisagem urbana (inc. VII do art. 36).

Sem embargo disso, ainda há uma corrente no Direito Ambiental, no cenário internacional bem representada pela obra do jusambientalista espanhol Ramón Martín Mateo²¹, que exclui desse contexto protetivo a paisagem no espaço urbano²².

²⁰ PITTE, J. R. *Histoire du paysage français*. Paris:Tallandier, 1983.

²¹ “In” *Tratado de Derecho Ambiental*. Madrid: Edisofer S.L., 2003. Vol. IV.

²² Di PIETRO reconhece que “a matéria urbanística está inserida em um contexto maior ligado à idéia do proteção do meio ambiente, expressão, por sua vez, de grande amplitude” (“Poder de polícia em matéria urbanística”. *Temas de Direito Urbanístico*. São Paulo: Imprensa Oficial. 1999. p. 29). A respeito, ver ainda José Afonso da Silva. *Direito Ambiental Constitucional*. São Paulo: Malheiros, 1994.

Em que pese essa respeitabilíssima posição, consideramos oportuno enfatizar a paisagem como valor ambiental e, particularmente, a paisagem urbana. Podemos apontar sua importância dentre os temas urbanísticos e ambientais de relevo, sob a premissa de que a manutenção de padrões estéticos no cenário urbano encerra inegável interesse difuso por relacionar-se diretamente com a qualidade de vida e com o bem-estar da população.

Não se pode desconsiderar a realidade de que a imensa maioria da população brasileira concentra-se nas cidades²³ (cerca de quatro quintos da população está nas cidades) e que é nesse espaço múltiplo que as pessoas têm de fazer valer os seus direitos, dentre eles o da sadia qualidade de vida. Nossa Lei Maior, no art. 225, “caput”, positivou o direito à **sadia qualidade de vida**, que significa viver em um meio ambiente hígido e ecologicamente equilibrado. Segundo GIMENEZ²⁴, existe uma dupla perspectiva relativamente à tutela ambiental. Por um lado, em um sentido objetivo, se protegem os recursos naturais por seus valores intrínsecos. Por outro, e indissociavelmente do anterior, a proteção ambiental atende a garantir o desfrute de tais bens pelas pessoas. A qualidade de vida está relacionada a essa segunda perspectiva²⁵.

Evidente que a qualidade de vida é um valor assaz inconstante no tempo e no espaço, o qual se molda no ritmo do progresso tecnológico, econômico, social e cultural. Pois são justamente esses fatores que acabam por degradar a qualidade de vida. Nesse sensível jogo de freios e contrapesos, incide o Direito Ambiental, como seus instrumentos e princípios.

É de toda a população, portanto, o interesse de morar em uma cidade ornamentada, plasticamente agradável e, por que não dizer, bela. SILVA afirma que a paisagem urbana *é a roupagem com que as cidades se apresentam a seus habitantes e visitantes*. Na abalizada opinião desse autor, *a boa aparência das cidades surte efeitos psicológicos importantes sobre a população, equilibrando pela visão agradável e sugestiva de conjuntos e elementos harmoniosos, a carga que a vida citadina despeja sobre as pessoas que nela hão de viver, conviver e sobreviver*²⁶.

A exegese sistemática desses dispositivos leva-nos à convicção de que a estética e a paisagem são valores que mereceram a atenção do ordenamento jurídico, na sua dupla dimensão: material e processual. Nesse mesmo diapasão aponta MANCUSO, afirmando: *não temos dúvida que há um interesse difuso (= esparsa pela sociedade como um todo) a que seja preservada a estética urbana*²⁷.

²³ Em 1991 a população urbana do Brasil já chegava a 110.875.826 de habitantes (cf. IBGE — Anuário estatístico 1992, p. 207). No último censo do IBGE, a população urbana ficou em torno de 169.799.170, para 31.845.211 de população rural, demonstrando com maior intensidade o inchaço das cidades e o êxodo rural (cf. IBGE - Censo Demográfico 2000, p. 89).

²⁴ GIMENEZ, Andrés Molina. Ob. cit., p. 188.

²⁵ LOPERENA lembra que *Cuando se protege el medio ambiente se trata de preservar valores económicos, estéticos y éticos ampliamente compartidos por la conciencia-social y que a veces se denomina calidad de vida. En no pocos casos se trata sencillamente de evitar que se perjudique la salud humana* (LOPERENA, D. La Protección de la salud y el medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona en la Constitución. **Estudios sobre la Constitución Española, Homenaje ao Profesor García de Enterría**, Madrid: Civitas, vol. I, p. 1458).

²⁶ SILVA, José Afonso da. **Direito Urbanístico Brasileiro**. São Paulo : Malheiros, 1997. pp. 273-274.

²⁷ MANCUSO, Rodolfo de Camargo. Aspectos jurídicos da chamada “Pichação” e sobre a utilização da ação civil pública para tutela do interesse difuso à proteção da estética urbana. **Revista dos Tribunais**, São Paulo, n.º 679. p. 69.

Tutelar a paisagem não induz tarefa inútil, mas, no dizer do italiano PIERNICOLA DE LEONARDIS, “*se põe em jurídica correlação com a dinâmica evolutiva da formação social e com a memória histórica da qual a paisagem é fiel testemunha*”²⁸.

Um das nefastas conseqüências da telefonia móvel reside na proliferação de antenas amparadas em torres (rádio-bases) que estão a converter nossas cidades em verdadeiros “paliteiros”.

Como ensina MARIA ÂNGELA PEREIRA LEITE,

“A paisagem é resultado do equilíbrio entre múltiplas forças e processos temporais e espaciais.

A percepção do tempo, do espaço e da natureza muda com a evolução cultural, o que exige a procura de novas formas de organização do território que melhor expressem o universo contemporâneo, formas que capturem o conhecimento, as crenças, os propósitos e os valores da sociedade (...).

*Uma paisagem modificada pelo homem não é, portanto, uma paisagem antinatural, mas uma paisagem cultural que deve atender tanto a critérios funcionais quanto estéticos. Assim sendo, **não pode ser planejada de acordo apenas com prioridades econômicas rigorosas que levam a perda dos valores ambientais** para, posteriormente, ser embelezada, num ato de redenção estética, pela inserção de elementos românticos pseudonaturais”* a²⁹ – grifei.

A título de exemplo, informamos que, em Porto Alegre, há hoje cerca de 122 ERBs em funcionamento, além de 140 em processo de regularização. Instaladas nos mais diversos locais, inclusive em meio a sítios de inegável interesse sócio-cultural³⁰, produzem um efeito deletério da qualidade visual de nossa urbe³¹. Em São Paulo, matéria publicada no Jornal Folha de São Paulo noticiava a existência de cerca de 4000 ERBs só na Capital, sendo que 3.846 (96% do total) eram totalmente irregulares³². Esses números foram fornecidos pela Anatel à CPI das antenas aberta na Câmara daquele município.

A grande maioria dessas ERBs estão instaladas em torres que chegam a medir 70 metros de altura.

²⁸ LEONARDIS, Piernicola de. La Tutela del Paesaggio. *Rivista trimestrale di diritto pubblico*, n.º 2, ano 1998. p. 353

²⁹ Destruição ou Desconstrução. São Paulo: HUCITEC/FAPESP, 1994.

³⁰ Em Porto Alegre, houve um caso de uma estação de rádio-base que estava posicionada ao lado do Teatro São Pedro, bem tombado pelo Estado do Rio Grande do Sul e situado na Praça da Matriz, sítio de valor histórico reconhecido pelo IPHAN. Através de Termo de Ajustamento de Conduta celebrado perante a Promotoria de Justiça de Defesa do Meio Ambiente de Porto Alegre, a empresa responsável pelo equipamento comprometeu-se a, no prazo de um ano, retirar-lo daquele local, o que de fato ocorreu, sem a necessidade da via judicial.

³¹ Laudo elaborado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico do Estado (IPHAE/RS), nos autos de ação civil pública nº 108492670 ajuizada pela Promotoria de Meio Ambiente de Porto Alegre, conclui que as ERBs colocadas em antenas totalmente visíveis no cenário urbano, “1 – Geram uma violência súbita na silhueta da paisagem, rompendo a sua horizontalidade. 2 – Invadem o espaço e os habitantes não têm outra alternativa senão reparar e conviver com elas. 3 – Banalizam o ambiente, interferindo visualmente na paisagem. 4 – Ocasionam a perda da identidade e referência dos moradores locais ou dos observadores que se apropriaram dos sítios, pela alteração radical da imagem”.

³² <http://br.groups.yahoo.com/group/exalunos-inatel/message/9415>

Esses elementos que poluem o cenário da cidade tendem a se multiplicar com o ingresso nesse disputado mercado das empresas aquinhoadas com as bandas “D” e “E”.

Onde iremos parar?

Quanto a esse aspecto, a presença da comunidade se fazendo presente como contraponto aos interesses das empresas de telefonia móvel é fator primordial na tomada das decisões administrativas.

Mais. O Poder Público há de se fazer presente. Preservação ambiental é incompatível com a tendência dominante do “Estado Mínimo”, como já enfatizado pela colega Sílvia Cappelli em recente seminário sobre Loteamentos, realizado em Porto Alegre.

Mas, para que o Poder Público atue, é mister que haja uma legislação clara no sentido de proteção da paisagem e mecanismos acessíveis para sua consecução.

A atual Legislação de Porto Alegre avançou muito nesse aspecto, prevendo um controle direto pelo Conselho de Desenvolvimento Urbano Ambiental que pode determinar um tratamento paisagístico e até um mimetismo do equipamento, além de um limite de 500m entre antenas instaladas em torres e a possibilidade de compartilhamento³³.

É óbvio que o compartilhamento de estruturas pressuporá a concertação entre as operadoras. Essa técnica de gestão urbano-ambiental, que passa pela estimulação e pela adesão voluntária dos empreendedores, ganha corpo no contexto atual, especialmente na Europa. Ao dividirem uma mesma estrutura, as empresas estarão contribuindo para a não degradação da paisagem urbana. Entrementes, nesses casos, é importante redobrar cautelas no tocante aos níveis de radiação.

Com vistas à preservação da paisagem, a prioridade estabelecida no art. 4º, inc. I, da Lei n.º 8896/02 afigura-se-nos bastante adequada. A colocação de ERBs sobre os prédios mais altos, com a garantia de que as radiações fiquem bloqueadas pela laje de concreto do prédio, não interfere, em via de regra, negativamente na paisagem.

Também nesse caso, é bom que se diga, as instalações deverão ajustar-se ao planejamento urbanístico, restarão limitadas por eventuais questões ligadas ao patrimônio cultural e à estética urbana, sem falar da imprescindível observância dos limites máximos de tolerância no tocante aos níveis de radiação.

A instalação de antenas em solos privados (seja no topo dos prédios, seja em terrenos particulares) não se restringe ao âmbito das relações privadas, pois a maneira pela qual se propagam as radiações (sob a forma de elipse) faz com que o imóvel no qual se situa a antena seja o menos afetado pelas radiações. Assim, a matéria há de restar solucionada na órbita do direito público.

Essa solução, a seu turno, encontra resistência entre vários proprietários de apartamentos ou salas comerciais, temerosos dos efeitos das irradiações. Mesmo assim, vem sendo usada prioritariamente na Europa e Estados Unidos.

³³ GIMÉNEZ destaca que *La concertación es una de las herramientas principales del ordenamiento para racionalizar el crecimiento de infraestructuras en el territorio. Nada impide que las medidas de ordenación de emplazamientos adoptadas por las Entidades locales se pongan en práctica mediante acuerdos previos con los operadores afectados* (ob. cit., p. 161).

5. A DESVALORIZAÇÃO DOS IMÓVEIS

Do ponto de vista estritamente patrimonial, um outro aspecto que vem granjeando importância é o da possível desvalorização advinda da implantação de estação rádio-base no entorno de imóveis de particulares.

Não se têm notícias de estudo econômico a respeito do assunto, mas, certamente, a matéria está condicionada à prova. Se o particular que se entende lesado ajuizar ação para obter indenização em razão desse tipo de prejuízo comprovar, através de perícia, a desvalorização experimentada por seu imóvel, afigura-se-nos perfeitamente cabível a indenização.

Na medida em que avançarem as suspeitas sobre possíveis malefícios derivados das radiações não-ionizantes emanadas das ERBs esse fenômeno mercadológico pode recrudescer, enfurecendo os proprietários.

6. A LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE RÁDIO-BASE E A LIBERDADE EMPRESARIAL

A Constituição Federal consagra, em seu artigo 170, “caput”, e parágrafo único, o livre exercício da atividade econômica e a livre iniciativa, arrolando a livre concorrência dentre seus princípios (art. 170, inc. IV).

Em que pese o avanço do neoliberalismo e a minimização da intervenção estatal no domínio econômico, tais direitos não se configuram como absolutos e, como de resto qualquer outro previsto no texto constitucional, hão de ser interpretados de forma sistêmica³⁴.

É sabido que a tecnologia da telefonia celular só pode ser desenvolvida a partir da construção de uma rede de antenas que propicie a conexão entre os usuários e que o direito de implantar essa rede está associado ao direito de livre exercer a atividade econômica.

Tais pressupostos têm de ser analisados à luz de toda a ordem constitucional e infraconstitucional.

Em primeiro lugar, acima de todos os princípios inscritos no art. 170 da Constituição da República está o megaprincípio da DIGNIDADE HUMANA ou, como refere DERANI, *a ordem econômica, fundada na valorização do trabalho humano e na livre iniciativa, deve desenvolver-se tendo como fundamento último (“Letzbegründung”,*

³⁴ GRAU, após referir as origens do direito à liberdade de iniciativa econômica, afirma que: *No princípio, nem mesmo em sua origem, se consagrava a liberdade absoluta de iniciativa econômica. Vale dizer: a visão de um Estado inteiramente omissivo, no liberalismo, em relação à iniciativa econômica privada, é expressão pura e exclusiva de um tipo ideal. Pois medidas de polícia já eram, neste estágio, quando o princípio tinha o sentido de assegurar a defesa dos agentes econômicos contra o Estado e contra as corporações, a eles impostas* (GRAU, Eros R. **A Ordem Econômica na Constituição de 1988**. 6ª edição. São Paulo :Malheiros Editores. p. 239).

no dizer de Apel) a dignidade humana³⁵. A dignidade humana, aliada ao direito à vida, conforma toda a ordem econômica, já que o indivíduo constrói sua vida para si e para o outro, ele é o começo e o fim de toda a atividade econômica.

Em segundo lugar, para a concreção da dignidade humana e para assegurar o direito à vida, é imprescindível um meio ambiente sadio e ecologicamente equilibrado³⁶, que assegure aos indivíduos a tão almejada qualidade de vida. Como qualquer atividade econômica interfere no meio ambiente, aquela se limita constantemente pelo princípio da sustentabilidade³⁷.

A fim de que a concorrência desenfreada entre as empresas não conduza ao desequilíbrio ambiental, é mister um marco regulatório, previamente debatido com os empreendedores e com a sociedade civil. Existente esse conjunto de normas claras, é elementar que toda a empresa que desejar ingressar no mercado da telefonia móvel há de se sujeitar a ele, desde que, por óbvio, essas mesmas normas não representem a vedação prática da atividade. Essa inviabilização da atividade deve ser suficientemente demonstrada e não partir de simples alegações das empresas nem sempre dispostas a acatar restrições que possam onerar seus custos ou complexificar o estabelecimento de sua atividade.

7. COMPETÊNCIA LEGISLATIVA

A Constituição da República defere competência aos municípios para legislar sobre matérias atinentes ao interesse local (art. 30, inc. I). Também lhes foi conferida competência para suplementar a legislação federal, no que couber (art. 30, inc. II). A par disso, legislar sobre direito urbanístico é atividade típica da esfera municipal, por força do que dispõe o art. 182, parágrafo 1º.

A definição de padrões urbanísticos, ambientais e sanitários envolvendo as estações de rádio-base é tarefa multidisciplinar.

A União, que deveria esmiuçar o assunto traçando regras claras e optando por padrões de precaução, não o vem fazendo a contento, restando espaço para os estados-membros e municípios suplementarem a legislação federal, de molde a torná-la mais protetiva.

³⁵ DERANI, Cristiane. **Direito Ambiental Econômico**. São Paulo: Max Limonad. 1997. p. 253.

³⁶ DERANI, em lapidar passagem, acentua que: *Não há atividade econômica sem influência no meio ambiente. E a manutenção das bases naturais da vida é essencial à continuidade da atividade econômica. Este relacionamento da atividade humana com o seu meio deve ser efetuado de modo tal que assegure existência digna a todos. Existência digna, em termos de meio ambiente, é aquela obtida quando os fatores ambientais contribuem para o bem-estar físico e psíquico do ser humano* (ob. cit., p. 255).

³⁷ FARIAS preconiza: *A preservação e a defesa do meio ambiente, como objetivos a serem perseguidos pelo Estado e pela coletividade, na qualidade de agentes políticos, econômicos e sociais, constitui diretriz, obrigação de resultado constitucionalmente plasmada a ser equacionada pela doutrina do desenvolvimento sustentável* (FARIAS, Paulo José Leite. **Competência Federativa e Proteção Ambiental**. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris Editor, 1999. p. 273).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) criou um Grupo de Trabalho para definir critérios básicos de regulação de ERBs, mas até agora não concluiu seus estudos. Há uma tendência de se optar pelos padrões do ICNIRP, ou seja, os mesmos adotados pela ANATEL, o que gera uma preocupação para cidades como Porto Alegre, onde muito já se evoluiu em termos de padrões.

Deve a sociedade civil mobilizar-se e ter voz ativa junto a esse conselho federal, a fim de que o fruto de seu trabalho não se resuma ao pensamento dos representantes das empresas do Setor e de tecnocratas na ANATEL. Nesse espaço democrático, a cidadania³⁸ desempenha importante papel regulador, servindo de freio aos desígnios do mercado.

Sem embargo de normas que venham a ser editadas pelo CONAMA, fica clara nossa posição no sentido de ser possível ao estado-membro³⁹, por força do disposto nos incs. I, VI, VII e XII do art. 24, e ao município, com fulcro nos incs. I e II do art. 30, ambos da CF, legislarem a respeito do tema, desde que não o façam de forma a assegurar proteção inferior àquela estabelecida pelas normas emanadas da União. Caso as normas estaduais ou municipais sejam mais restritivas que a Federal, esta cede espaço àquelas, pois, em matéria ambiental, sempre há de ser aplicada a mais protetiva. No magistério de FARIAS, *nos conflitos ambientais, nos quais não seja possível a distinção entre norma geral e especial, deve-se dar prevalência à norma que melhor defenda o direito fundamental tutelado (in dubio pro natura) por ser esse um mandamento da Constituição dirigido à Comunidade Total*⁴⁰.

8. CONCLUSÕES

Em vista de todo o exposto, conclui-se:

a) a atividade empresarial relativa à telefonia móvel, conquanto represente inegáveis confortos e avanços, oferece riscos à saúde e ao meio ambiente, cumprindo ser analisada e regradada à luz da teoria do risco;

³⁸ CANOTILHO adverte que *A concepção integrativa de ambiente pode e deve articular-se com uma actuação administrativa integrada. Por outras palavras: a proteção sistemática e global do ambiente não é uma tarefa solitária dos agentes públicos, antes exige novas fórmulas de comunicação e de participação cidadã [...] Integrar os cidadãos e as suas organizações nas estratégias regulativas do ambiente representa, afinal, uma das dimensões indispensáveis à concepção integrativa do ambiente, sob pena de esta concepção se transformar num encapuçado plano global do ambiente, sem quaisquer comunicações com o ambiente humano e social* (CANOTILHO, José Joaquim Gomes. Estado Constitucional Ecológico e Democracia Sustentada. **Estado de Direito Ambiental: Tendências**. Rio de Janeiro: Editora Forense Universitária. pp. 12 e 13).

³⁹ No Estado da Bahia, o Conselho Estadual de Meio Ambiente (CEPRAM) editou a Resolução nº 2494, de 22 de setembro de 2000, disciplinando o licenciamento ambiental das estações de rádio-base e de outros equipamentos de telefonia sem fio. Essa Resolução proíbe a colocação de ERB em distância radial inferior a vinte metros de residências, medidos a partir do ponto mais próximo da antena em relação à edificação.

⁴⁰ FARIAS, Paulo José Leite. **Competência Federativa e Proteção Ambiental**. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris Editor, 1999. p. 430.

b) inexistindo certeza científica sobre eventuais riscos à saúde humana representados pelas radiações não-ionizantes geradas pelas ERBs, o direito ambiental tutela a atividade, com todo o seu manancial de instrumentos e princípios, especialmente o princípio da precaução;

c) como desdobramento do princípio da precaução, a estação de rádio-base, enquanto atividade potencialmente poluidora, está sujeita a licenciamento ambiental, mas também deve ser avaliada pelo órgão incumbido da polícia edilícia e pelo encarregado da adequação urbanística;

d) as normas urbanísticas orientadoras da implantação de redes de telefonia celular podem e devem disciplinar a disposição desses equipamentos de molde a não prejudicar a paisagem urbana, bem jurídico protegido pela Constituição Federal e leis de hierarquia inferior, vinculado à sadia qualidade de vida;

e) a comunidade deve apropriar-se de informações acerca da tecnologia da telefonia móvel e de seus possíveis efeitos nocivos e se fazer presente em todas as instâncias de construção de normas reguladoras da telefonia celular, desde os fóruns e conselhos locais até as discussões no CONAMA e, se possível, junto à ANATEL;

f) são indenizáveis, em tese, os prejuízos experimentados pelos vizinhos das estações que sofram desvalorização comprovada em seus imóveis;

g) é possível ao estado-membro e ao município legislar a respeito dos padrões urbanísticos, sanitários e ambientais envolvendo estações de rádio-base,

h) o livre exercício da atividade econômica acha-se limitado pelo princípio da dignidade da pessoa humana e pelo direito à vida, daí por que se apresenta passível de restrições por normas que venham ao encontro da sustentabilidade urbano-ambiental e da concreção da qualidade de vida.

Ana Maria Moreira Marchesan,

**promotora de Justiça de Defesa do Meio Ambiente de Porto Alegre,
professora de Direito Ambiental na Escola Superior do Ministério Público,
mestranda em “Direito, Estado e Sociedade” (subárea “Biodireito e Meio
Ambiente”) pela Universidade Federal de Santa Catarina**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BECK, Ulrich. **La Sociedad Del Riesgo**, Barcelona: Editora Paidós Ibérica, S/A, 1998.

_____. **La Sociedad Del Riesgo Global**, Madrid: Editora Siglo Veintiuno, 2002.

BUREL, Françoise, BAUDRY, Jacques. **Ecología del Paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones**. 2ª edição. Madrid: Mundi-Prensa, 2002.

- CANOTILHO, José Joaquim Gomes. Estado Constitucional Ecológico e Democracia Sustentada. **Estado de Direito Ambiental: Tendências**. Rio de Janeiro: Editora Forense Universitária. 2004. pp. 3-16.
- CAPRA, Fritzjof. **Conexões Ocultas**. 3ª edição. São Paulo: Cultrix. 2003.
- DE GIORGI, Raffaele. **Direito, democracia e risco - Vínculos com o futuro**. Porto Alegre: Fabris, 1998.
- DERANI, Cristiane. **Direito Ambiental Econômico**. São Paulo: Max Limonad, 1997.
- DI PIETRO, Maria Sylvia Zanella. Poder de polícia em matéria urbanística. **Temas de Direito Urbanístico**. São Paulo: Imprensa Oficial, 1999. p. 29
- FARIAS, Paulo José Leite. **Competência Federativa e Proteção Ambiental**. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris Editor, 1999 .
- GIMENEZ, Andrés Molina. **Las Antenas de Telefonía Móvil. Régimen Jurídico**. Madrid: Aranzadi, 2002.
- GRAU, Eros R. **A Ordem Econômica na Constituição de 1988**. 6ª edição. São Paulo: Malheiros Editores. 2001.
- GUATTARI, Félix. **As Três Ecologias**. São Paulo, Editora Papius, 14ª edição, 2003.
- JIMÉNEZ DE PARGA, Patricia. **El Principio de prevención en el Derecho Internacional del Medio Ambiente** . Madrid: Editora La Ley, 2001.
- JUSTE RUIZ, J. **Derecho internacional del medio ambiente**. Madrid: McGrawHill, 1999.
- LEITE, José Rubens de Morato; AYALA, Patryck de Araújo. **Direito ambiental na Sociedade de Risco**. Editora Forense Universitária, 2002.
- LEONARDIS, Piernicola de. La Tutela del Paesaggio. **Rivista trimestrale di diritto pubblico**, n.º 2, ano 1998. p. 353
- LOPERENA, D. La Protección de la salud y el medio ambiente adecuado para ele desarrollo de la persona en la Constitución. **Estudios sobre la Constitución Española, Homenaje ao Profesor García de Enterría**, Madrid: Civitas, vol. I, p. 1458.
- MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Ação Civil Pública (ambiente, consumidor, patrimônio cultural) e Tombamento**. São Paulo : Revista dos Tribunais, 1986.
- _____. **Ação Civil Pública e Tombamento**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1986.
- _____. **Direito Ambiental Brasileiro**, 8ª edição. São Paulo: Malheiros Editores, 2001.
- MANCUSO, Rodolfo de Camargo. Aspectos jurídicos da chamada “Pichação” e sobre a utilização da ação civil pública para tutela do interesse difuso à proteção da estética urbana. **Revista dos Tribunais**, São Paulo, n.º 679. p. 69.
- MATEO, Ramón Martín. **Tratado de Derecho Ambiental**. Madrid: Edisofer S.L., 2003. Tomo. IV.
- MELLO, Celso Antônio Bandeira de. **Curso de Direito Administrativo**. 8ª edição. São Paulo: Malheiros, 1996.
- PITTE, J. R. **Histoire du paysage français**. Paris:Tallandier, 1983.
- PRIEUR, Michel. **Droit de L'environnement**. 3ª edição. Paris : Dalloz, 1996.
- SILVA, José Afonso da Silva. **Direito Ambiental Constitucional**. São Paulo: Malheiros, 1994.
- _____. **Direito Urbanístico Brasileiro**. São Paulo : Malheiros, 1997. pp. 273-274.

**IMPACTO DOS CAMPOS ELE-
TROMAGNÉTICOS
AMBIENTAIS SOBRE A
SAÚDE E A NECESSIDADE DE
ADOTAR-SE O PRINCÍPIO DA
PRECAUÇÃO**

Francisco de Assis Ferreira Tejo

IMPACTO DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS AMBIENTAIS SOBRE A SAÚDE E A NECESSIDADE DE ADOTAR-SE O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Francisco de Assis Ferreira Tejo

SUMARIO: 1. Introdução; 2. A natureza dos campos eletromagnéticos; 2.1. Características de um sinal eletromagnético variável com o tempo; 3. Radiação ionizante e radiação não-ionizante; 4. O Espectro Eletromagnético; 5. Campos Eletromagnéticos não-ionizantes naturais e artificiais; 6. Polarização dielétrica de biomateriais; 7. Comportamento dielétrico de um material biológico; 7.1. Biomoléculas; 7.2. Células e membranas celulares; 8. Conceito de Doença associada ao meio ambiente; 9. Relação entre energia eletromagnética ambiental e doença humana; 10. Importância Sanitária da Energia Eletromagnética Ambiental; 10.1. Estresse biológico; 10.2. Epidemiologia humana; 10.3. Elevados fatores de risco; 11. Os padrões de exposição humana; 12. Atual cenário científico; 13. O Princípio da precaução; 14. Conclusões; 15. Recomendações; 16. Glossário; 17. Referências Bibliográficas.

1. INTRODUÇÃO

Toda a vida na Terra encontra-se imersa em um verdadeiro mar de campos eletromagnéticos (CEM) tecnológicos, emanados de linhas de transmissão de alta tensão, fornos a microondas, antenas de rádio, TV e de telefonia celular (estações rádio base e terminais portáteis) e muitas outras fontes similares. Inúmeros estudos de laboratório, com animais e seres humanos, têm mostrado que a energia eletromagnética associada a esses campos é um **estressor biológico**, no sentido de que ela pode evocar uma resposta adaptativa do organismo exposto. Como ocorre com qualquer estressor, a agressão **crônica** é inimiga do bem-estar do organismo e pode levar a algum tipo de patologia. A energia eletromagnética não produz uma doença específica e, sim, está associada a uma elevação dos níveis de morbidade e mortalidade da população exposta.

A dependência cada vez maior da moderna tecnologia em relação aos campos eletromagnéticos tem feito com que os consumidores comecem a exigir respostas para as inquietações relacionadas à sua própria exposição a esses campos.

Atentos a esse cenário pretendemos abordar, de maneira acessível, alguns conceitos e definições a respeito de campos eletromagnéticos, além das principais características da sua interação com um sistema biológico, visando uma melhor compreensão de um assunto eminentemente técnico. Faremos também um relato de estudos importantes encontrados recentemente na literatura especializada, nos quais se evidenciam vários aspectos de natureza sanitária, relacionados com essa interação, levando em conta não apenas a natureza dos campos

como, principalmente, o tempo de exposição e a susceptibilidade dos indivíduos expostos. Cotejaremos esses estudos com as normas ou diretrizes de exposição humana adotadas em vários países, especialmente no Brasil, onde, recentemente, se travou uma longa discussão no Ministério da Saúde, com vistas à adoção de um padrão de exposição humana prolongada a campos eletromagnéticos na faixa de 0 Hz a 300 GHz, visando substituir ou complementar os limites de exposição constantes da Resolução 303 da ANATEL, em vigor desde julho de 2002.

Finalmente, esperamos que este trabalho possa contribuir para o estabelecimento de posturas de precaução que devem ser adotadas por todos os atores envolvidos com o tema, no sentido de assegurar convivência harmoniosa entre a tecnologia, o bem-estar e a qualidade de vida da população.

2. A NATUREZA DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

Em torno de um ímã permanente existe algo que faz com que uma limalha de ferro seja atraída por ele. Obviamente, trata-se de uma entidade invisível, inodora e incolor, que se manifesta mediante uma **força** atuando sobre a limalha de ferro. Essa entidade é denominada de **campo magnético** e está ilustrada nas Figs. 1(a) e 1(b).

160

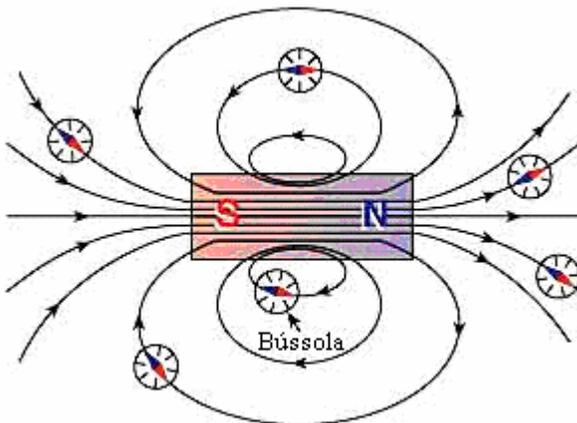


Figura 1(a) As linhas de campo magnético podem ser visualizadas por meio de uma pequena bússola. O pólo norte (azul) da agulha aponta na direção do campo magnético em qualquer ponto do campo produzido pelo ímã.

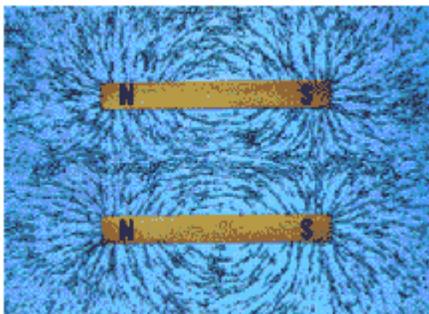


Figura 1(b) As limalhas de ferro se transformam em pequenos ímãs induzidos e sua disposição espacial descreve a configuração do campo magnético dos dois ímãs.

Atritando-se um bastão de vidro numa pele seca de animal e aproximando-o de minúsculos pedaços de papel, observaremos que os pedacinhos de papel serão atraídos pelo bastão. Trata-se, obviamente, de uma entidade igualmente invisível, inodora e incolor, que também se manifesta mediante uma **força** atuando sobre a partícula de papel. Essa entidade recebe o nome de **campo elétrico**. A Fig. 2 ilustra, de maneira pictórica, as **linhas de força** do campo elétrico entre duas **cargas elétricas** puntiformes, representadas, por exemplo, pela extremidade do bastão de vidro (carga positiva) e pelo pedacinho de papel (carga negativa).

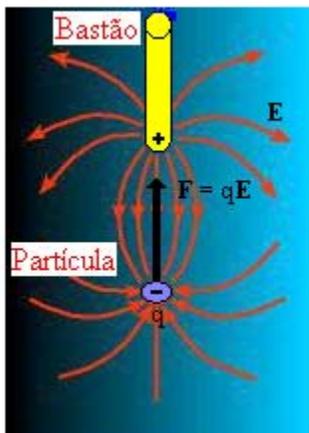


Figura 2 Força de atração entre a carga elétrica positiva de um bastão atritado e uma partícula de papel carregada negativamente.

Os campos elétrico e magnético são, na verdade, abstrações dos cientistas, para melhor compreender a **ação à distância** da eletricidade e do magnetismo, sem a interveniência de nenhum material ou meio especial. Esse fenômeno, outrora considerado impossível, é inquestionável pela ciência contemporânea. Os físicos de muitas gerações vêm tentando resolver os mistérios fundamentais do eletromagnetismo e nenhum deles, nem mesmo Einstein, foi bem sucedido até hoje.

Se, agora, imaginarmos que uma partícula eletricamente carregada está em **movimento**, isto é, se a sua posição no espaço varia com o tempo, então temos uma **corrente elétrica**. Nesta situação, surge um campo magnético em torno dela, além do campo elétrico anteriormente existente devido à simples presença da partícula carregada. Assim, quando as partículas carregadas estão em movimento, os dois campos passam a ser relacionados e sua ação combinada é conhecida como **campo eletromagnético**.

2.1 Características de um sinal eletromagnético variável com o tempo

Um sinal eletromagnético variável com o tempo como, por exemplo, a forma de onda da tensão ou voltagem numa tomada, ou um sinal fisiológico tal como um eletrocardiograma ou um eletro-encefalograma pode ser definido como uma combinação de sinais senoidais, cuja forma geral é dada pela expressão

$$S(t) = A \sin(2\pi ft + \phi)$$

em que A é a **amplitude** do sinal (medida em volts, V; amperes, A; volts/metro, V/m; amperes/metro, A/m, etc.), f é a sua **freqüência** (medida em hertz, Hz), ϕ (pronuncia-se phi) é a sua fase (medida em graus, °, ou radianos, rad) no instante $t=0$ e t é o tempo (medido em segundos, s). As diretrizes de exposição humana a campos eletromagnéticos estabelecem **níveis máximos** de campo elétrico (E , em V/m), campo magnético (H , em A/m), densidade de fluxo magnético (B , em Gauss, G, ou tesla, T), densidade de potência (S , em W/m²), ou ainda taxa de absorção específica (SAR, em W/kg), em função da freqüência do sinal. A Fig. 3 ilustra as características, por exemplo, da componente x de um dado campo elétrico ambiental, em função do tempo, para uma posição fixada z_0 (representando, por exemplo, a posição de um medidor de campo em relação a uma antena de telefonia celular), cuja expressão é $E_x(z,t) = A \sin[2\pi f(t - z_0/c)]$.

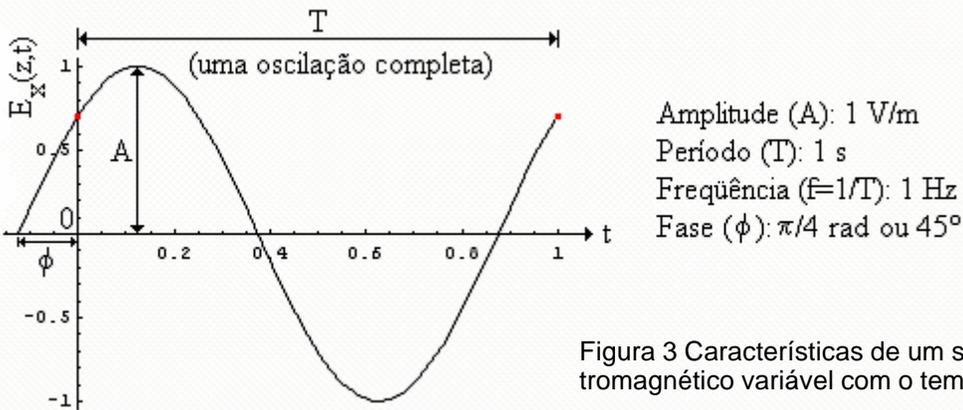


Figura 3 Características de um sinal eletromagnético variável com o tempo.

Na Fig. 4, ilustramos quatro sinais senoidais no domínio do tempo, cujas freqüências são, respectivamente, 1, 2, 5 e 10 Hz, representando, por exemplo, quatro formas de onda de freqüências extremamente baixas.

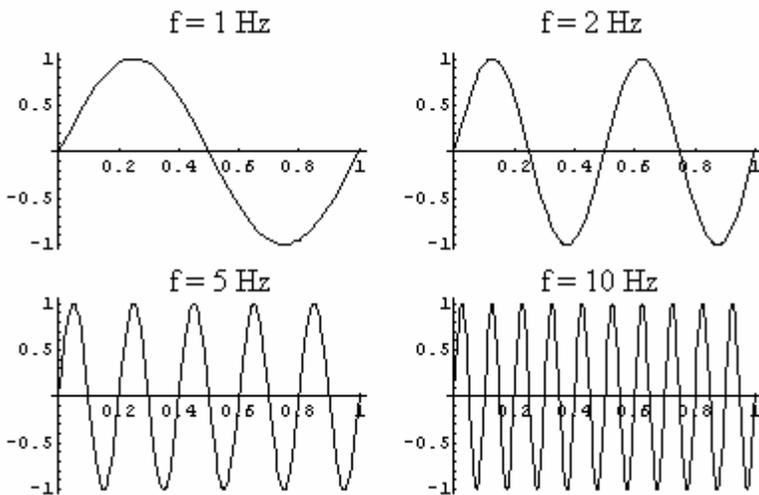


Figura 4 Quatro sinais senoidais de freqüências 1, 2, 5 e 10 Hz, respectivamente.

Uma onda eletromagnética observada em um dado ponto do espaço e em um determinado instante de tempo pode ser definida, em termos gerais, como uma perturbação que aconteceu em um ponto remoto do espaço (a fonte), situado a uma certa distância R do ponto de observação, num instante de tempo anterior e que se propagou até o ponto de observação com a velocidade da luz. A Fig. 5 ilustra a propagação de uma onda eletromagnética senoidal, de frequência $f=1\text{Hz}$, em uma dimensão espacial (como acontece, por exemplo, em uma linha de transmissão), evidenciada pelo deslocamento de uma determinada fase da onda (pequena cruz vermelha), à medida que o tempo evolui durante um período ($T=1/f=1\text{ s}$).

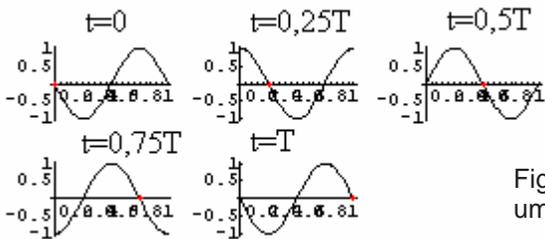


Figura 5 Simulação ilustrando a propagação de uma onda senoidal de 1 Hz

A distância percorrida pela fase da onda (pequena cruz vermelha) enquanto o tempo variou de zero a T (neste caso, igual a 1 s), é chamada período espacial da onda ou simplesmente **comprimento de onda**. Como essa fase se desloca à velocidade da luz, o comprimento de onda será dado pelo produto da velocidade pelo tempo transcorrido, resultando em: $\lambda = cT = 3 \times 10^8 \times 1 = 300.000 \text{ km}$! Como o período de oscilação T é o inverso da frequência f , segue-se que o comprimento de onda também pode ser calculado pela expressão $\lambda = c/f$. Este procedimento de cálculo é válido, qualquer que seja a frequência do sinal.

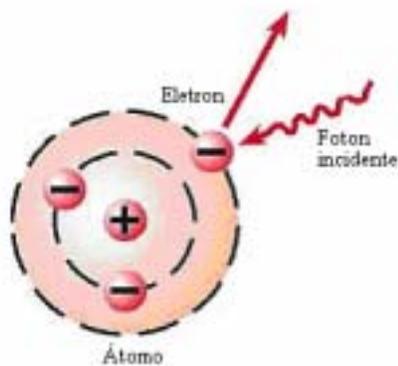


Figura 6 Onda eletromagnética genérica se propagando no espaço livre.

Quando o fator tempo é introduzido, por exemplo, variando-se a intensidade da corrente (alternada) de alta freqüência numa antena de rádio ou a corrente (alternada) de baixa freqüência nos condutores de uma linha de transmissão, temos o fenômeno de geração de um campo eletromagnético variável com o tempo. As flutuações (variações com o tempo) no campo eletromagnético são irradiadas no espaço que circunda a antena ou a linha de transmissão, na forma de **ondas** de energia eletromagnética. Algumas ve- zes essas ondas de energia se comportam como partículas sem massa e sem carga, conhecidas como **fótons**. Este é o caso, especialmente, quando a freqüência é extremamente elevada. Os fótons são também conhecidos como *quanta* de energia. A

F
e

uma onda eletromagnética geral se propagando no



ADIAÇÃO NÃO-IONIZANTE

de freqüência f tem, associado com ela, um fóton, (eletron-volts), em que $h = 6,626 \times 10^{-34}$ Js (joule- Usando esta definição, a energia fotônica corres- das, cujas freqüências variam de 300 MHz (1 MHz $0 \text{ MHz} = 10^9 \text{ Hz}$), caem na faixa de $1,24 \times 10^{-6}$ eV a um processo físico de ionização de um átomo por um

c
s
p
=
1
fóton.

A energia necessária para ionizar um átomo é dada pela expressão $W_{ion} = e\Phi$ eV, em que Φ é o primeiro potencial de ionização, isto é, o potencial elétrico necessário para extrair um elétron da banda de valência do átomo em questão. A Tabela 1 mostra as energias de ionização para os principais átomos que constituem as biomoléculas de um organismo vivo, quais sejam carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

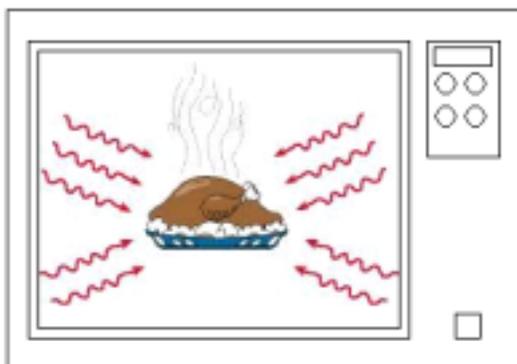
Tabela 1 Potenciais de ionização dos principais átomos de biomoléculas.

Átomo	Energia de ionização (eV)
Carbono (C)	11,26
Hidrogênio (H)	13,59
Oxigênio (O)	13,62

A energia mínima capaz de ionizar um determinado átomo de uma biomolécula é conhecida como o **limiar biológico**, sendo dada por $W_{\text{lim}} = 13,6 \text{ eV}$. Este limiar, entretanto, só é atingido para frequências iguais ou superiores a $3,3 \times 10^{15} \text{ Hz}$, correspondentes a comprimentos de onda iguais ou inferiores a 912 \AA ($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$), isto é, a partir da região do **ultra-violeta (UV)**. O comprimento de onda da radiação é, como vimos acima, calculado pela expressão $\lambda = c/f$, em que $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ é a velocidade da luz no vácuo e f é a frequência em Hz.

Uma radiação eletromagnética **ionizante** contém tanta energia em seus *quanta* individuais de energia % fótons % que é capaz de arrancar elétrons das órbitas nas diversas camadas do átomo. Esse processo cria **radicais livres** na matéria viva, aumentando o risco de danos cromossômicos, anomalias fetais, doenças neurodegenerativas e câncer. Essas conseqüências da radiação ionizante sobre a saúde foram disputadas desde o início do século XX, tornando-se geralmente aceitas em meados do mesmo século.

A radiação **não ionizante**, por sua vez, contém uma energia fotônica insuficiente



cia nos átomos. Entretanto, numerosos radiação não ionizante pode acarretar au- 165), por **ação direta** do campo eletromagné- conseqüências da radiação ionizante.

nte for suficientemente elevada, ela pode Isto acontece, por exemplo, num forno a onversão de energia eletromagnética em olores que constituem um alimento. A Fig.

Figura 8. Aquecimento de um peru no interior de um forno a microondas.

4. O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

Os CEMs são algumas vezes referidos como radiação eletromagnética (REM), quando a sua frequência é igual ou superior a 1 quilohertz (1 kHz = 1.000 Hz). Os CEMs são classificados de acordo com sua frequência, f , ou comprimento de onda, λ ($\lambda = c/f$, em que $c = 3 \times 10^8$ m/s é a velocidade da luz no espaço livre), numa escala conhecida como **espectro eletromagnético**, que varre uma gama muito ampla de frequências.

Os CEMs de frequências mais baixas (abaixo de 3 kHz) são conhecidos como campos de frequências extremamente baixas (ELF, *extremely low frequencies*). Esses campos são gerados, principalmente, por dispositivos e linhas de transmissão de potência, os quais, em geral, operam em 60 Hz ou 50 Hz, dependendo do país. No Brasil, a maioria dos estados opera em 60 Hz, à exceção de alguns, como São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, que operam em 50 Hz.

Frequências na faixa de alguns kHz e poucos MHz (1 MHz = 1.000.000 Hz) são conhecidas como campos de radiofrequências (RF) e são usadas para difusão de rádio e TV e rádios bidirecionais. A região de RF é, arbitrariamente, subdividida em **bandas de frequências** como VLF (*very low frequency*), LF (*low frequency*), MF (*medium frequency*), HF (*high frequency*), VHF (*very high frequency*), UHF (*ultra high frequency*), SHF (*super high frequency*) e EHF (*extremely high frequency*). Além dos equipamentos de rádio-transmissão, os terminais de vídeo de computadores irradiam ondas de RF na faixa de alguns kHz, como também campos ELF associados com o circuito da sua fonte de alimentação.

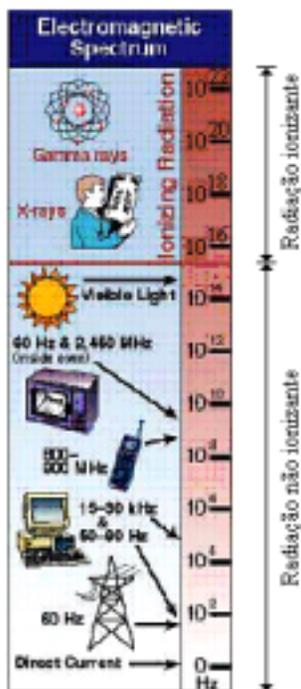


Figura 9 Espectro eletromagnético simplificado.

As frequências na faixa de muitos MHz até vários GHz (1 GHz = 1.000.000.000 Hz) são chamadas campos ou radiação de **microondas** (MW), sendo usadas para telefonia celular, sistemas de comunicação pessoal, fornos a microondas, sistemas de radar e sistemas de comunicação por satélite.

As frequências acima das microondas e abaixo da luz visível (10^{12} – 10^{14} Hz) são conhecidas como radiação **infra-vermelha**. Este tipo de CEM constitui o calor radiante emitido por objetos aquecidos como, por exemplo, fornos e ferros elétricos.

A luz visível é uma estreita banda de frequências em torno de 10^{15} Hz. Essa radiação é emitida de átomos ditos excitados, quando elétrons das camadas mais externas mudam de órbita em torno do núcleo. A Fig. 9 representa um versão simplificada do espectro eletromagnético. Outras versões mais completas podem ser encontradas nos manuais de engenharia de telecomunicações.

A porção ionizante do espectro compreende a radiação ultra-violeta (UV), raios X, raios γ (pronuncia-se gamma) e radiações nucleares (fusão e fissão nuclear). Ela corresponde à faixa de frequências, entre 10^{16} e 10^{22} Hz, ou de comprimentos de onda, entre 300 e 0,0003 μ (pronuncia-se angstrom; 1 μ = 10^{-10} m).

Por outro lado, a porção não ionizante, em ordem decrescente, corresponde ao espectro da luz visível, entre 10^{14} e 10^{16} Hz (30.000 – 300 μ); MW (microondas), entre 0,3 e 300 GHz, com aplicações típicas na telefonia celular e HDTV (televisão digital de alta definição), entre outras; VHF, entre 30 e 300 MHz, com aplicações típicas em rádio FM e TV; HF, MF e LF, entre 30 kHz e 30 MHz, voltadas para rádio AM; VLF, entre 3 e 30 kHz; VF, entre 3 e 3.000 Hz, correspondente ao espectro de voz e, finalmente, ELF, entre 0 e 300 Hz, compreendendo transmissão e distribuição de energia elétrica e demais aplicações industriais de baixas frequências.

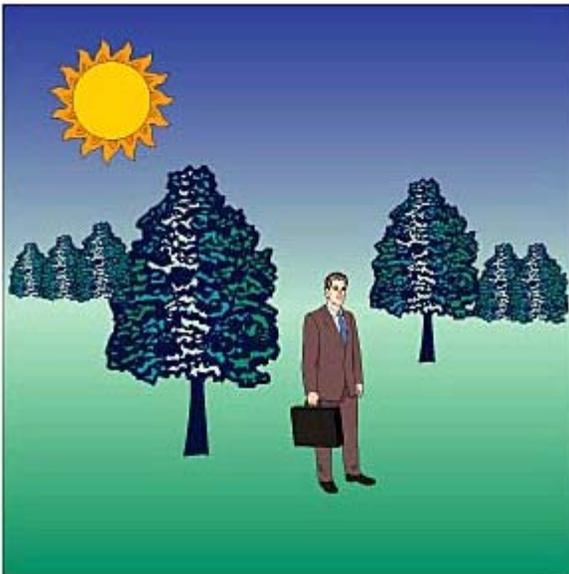
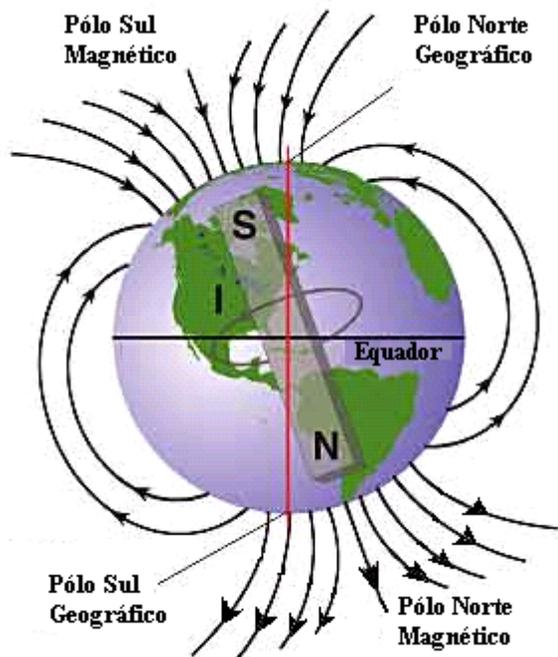


Figura 10 O ambiente “silencioso” das radiações não ionizantes naturais de outrora.

5. CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS NÃO IONIZANTES NATURAIS E ARTIFICIAIS

Pouca gente imagina como e quão abruptamente o desenvolvimento industrial ignética no ambiente em menos de ou praticamente nas últimas década-



gnético era virtualmente “silencioso” sível, então a fonte de energia eletro- olicamente, uma situação ambiental, de novo pela espécie humana.

n dois campos naturais: o campo campo **geo-elétrico** estático de um a superfície e a ionosfera. A Fig. 11 lo campo magnético natural da Terra.

Figura 11 Campo magnético natural da Terra.

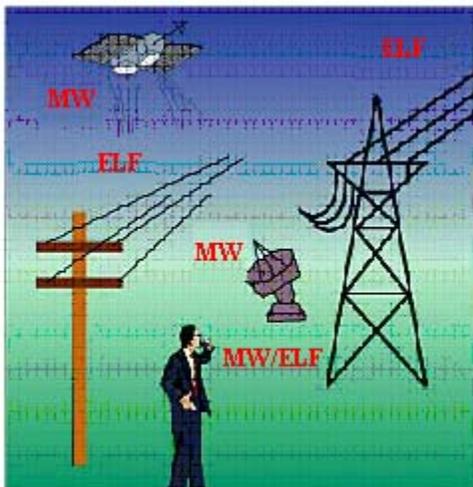


Figura 12 Fontes de campos eletromagnéticos de origem tecnológica.

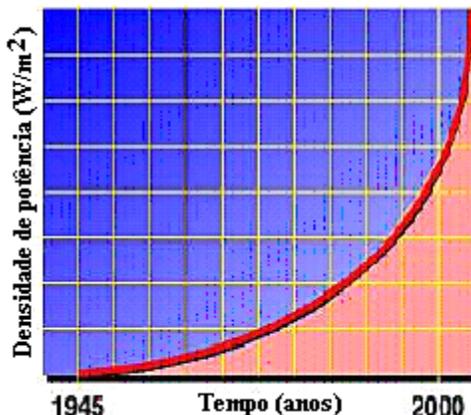


Figura 13 Crescimento exponencial da radiação não ionizante no ambiente terrestre.

O ambiente eletromagnético natural da Terra não inclui componentes significativas nem de radiações de RF (30 kHz-300 MHz), nem de microondas (300-3000 GHz). Por outro lado, a explosão de estações de difusão de rádio e televisão, redes rádio-telefônicas, telefones sem fio e telefonia celular produziu uma densidade de energia no meio ambiente global, cerca de milhões de vezes mais elevada do que a densidade de energia eletromagnética natural, produzida por tempestades tropicais e pela energia solar.

Como resultado desse crescimento exponencial, o nível médio típico de densidade de potência nos ambientes urbanos em geral é, hoje, da ordem de $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, correspondente a uma intensidade média de campo elétrico de 4 V/m.

Essa situação pode ser traduzida, hoje, pelos seguintes números: aproximadamente 1,4 bilhões de aparelhos celulares no mundo e quase 50 milhões no Brasil, onde o número de terminais portáteis já supera o de fixos! As Figs. 12 e 13 ilustram, respectivamente, as fontes de campos eletromagnéticos de origem tecnológica e o crescimento, em termos relativos, do nível de energia eletromagnética no ambiente nos últimos 50 anos.

6. Polarização dielétrica de biomateriais

Uma característica que todos os materiais dielétricos têm em comum, sejam eles sólidos, líquidos ou gasosos, é a sua capacidade de **armazenar** energia elétrica, mediante um deslocamento nas posições relativas das cargas positivas e negativas constituintes, contra as forças de atração molecular e atômica. O mecanismo de separação de cargas, conhecido como polarização, depende do tipo de material dielétrico e da frequência do campo elétrico aplicado.

Esses materiais são caracterizados por um parâmetro chamado **constante dielétrica**, representado pela letra grega ϵ (epsilon). O valor de referência é a constante dielétrica do vácuo cujo valor é $\epsilon_0 = 8,854 \times 10^{-12}$ farad por metro (F/m). A relação entre a constante dielétrica de qualquer material e a do vácuo é chamada de **constante dielétrica relativa**, representada pelo símbolo ϵ_r , cujo valor é igual ou superior à unidade. Se o material possuir perdas de polarização, então a constante dielétrica relativa é complexa, sendo dada por $\epsilon_r = \epsilon'_r - j\epsilon''_r$.

As células e os tecidos biológicos exibem propriedades dielétricas extraordinárias. Assim, eles apresentam constantes dielétricas relativas muito elevadas para frequências ELF, decaindo, em patamares mais ou menos distintos, à medida que a frequência aumenta. Sua dependência com a frequência, conhecida como **dispersão dielétrica**, permite a identificação e investigação de diversos mecanismos fundamentais completamente diferentes. Por esta razão, a caracterização dielétrica dos **biomateriais** tem, há muito, assumido um importante papel na biofísica e na eletrofisiologia.

A polarização dielétrica pode também ser definida como uma perturbação da distribuição de cargas elétricas em uma região de um dado material, induzida pela presença de um campo elétrico externo. Ela não ocorre instantaneamente e a constante

de tempo associada é conhecida como **tempo de relaxação**, representado pela letra grega τ (tau). O inverso desse tempo é chamado de **frequência de relaxação**.

Há quatro tipos principais de polarização dielétrica, com características qualitativas muito similares, que se manifestam, todavia, em frequências muito diferentes. Os elementos microscópicos envolvidos nesse fenômeno estão no nível de uma zona completa do material, de uma molécula, de um íon e de um átomo, respectivamente. Em todos os casos, o equilíbrio elétrico é perturbado porque o campo elétrico aplicado causa a separação de cargas elétricas de sinais opostos. Quando o campo é alternado, a sua frequência determina o tipo de polarização dominante. Assim, a polarização pode ser:

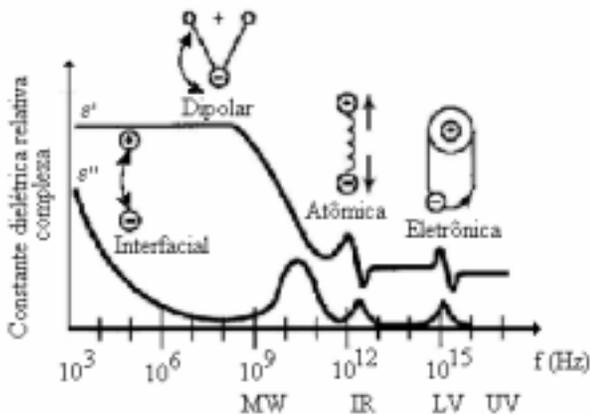


Figura 14 Diagrama de dispersão dielétrica de biomateriais.

- **Interfacial** (ELF, VLF e LF): ocorre quando o material contém elétrons livres, cujos deslocamentos são restringidos por obstáculos, tais como as fronteiras de grãos do material. Quando um campo elétrico é aplicado, os elétrons se acumulam no obstáculo e a separação de cargas resultante polariza o material, fazendo com que regiões inteiras do material se tornem positivas ou negativas. O tempo de relaxação da polarização interfacial é da ordem de segundos. Essa polarização é característica dos materiais **semicondutores**, entre eles os **materiais biológicos**.

- **Dipolar ou rotacional** (RF e MW): ocorre nas frequências mais altas e, também, no nível molecular. Esse mecanismo constitui a essência dos **efeitos térmicos**, sobre os quais estão estritamente baseadas as diretrizes da ICNIRP/ANATEL.

- **Iônica** (IR): ocorre nas frequências do infravermelho, devido à separação dos íons positivos e negativos da molécula. O tempo de relaxação é da ordem de 10^{-9} segundos.

- **Eletrônica**: ocorre nas regiões próximas do ultravioleta, devido à separação entre o núcleo atômico positivo (fixado à matriz do dielétrico) e a nuvem eletrônica, sendo esta deslocada na direção oposta ao campo elétrico aplicado. A polarização eletrônica é um processo relativamente rápido, com tempos de relaxação da ordem de 10^{-12} segundos.

Na prática, esses mecanismos podem se sobrepor e, em geral, não é fácil estabelecer separações bem definidas entre eles. A Fig. 14, conhecida como diagrama de dispersão, ilustra esses mecanismos.

7. Comportamento dielétrico de um material biológico

Um organismo vivo é um complexo heterogêneo de tecidos biológicos, com propriedades condutoras, dielétricas e térmicas bastante dissimilares, no qual o aquecimento localizado, provocado por **exposições agudas de altas intensidades**. A resposta do organismo à radiação deve ser avaliada por técnicas complementares, envolvendo simulações computacionais e experimentos com seres vivos. Além do mais, interações não-térmicas mais específicas podem estar atuando nos níveis celular e molecular.

7.1 Biomoléculas

No nível molecular, podemos descrever muito precisamente o comportamento dielétrico dos constituintes de uma célula, isto é, **aminoácidos**, **protídeos** e **ácidos nucléicos** (DNA e RNA).

Os protídeos podem ser subdivididos em **peptídeos** e **proteídeos** e esses últimos em **heteroproteídeos** e **holoproteídeos** ou **proteínas**.

A proteína é uma macromolécula muito grande, com massa molecular entre 6.000 e 1.000.000, de tal sorte que a sua freqüência de relaxação é baixa e está entre 100 kHz e 50 MHz (relaxação β). Devido à sua grande massa molecular, sua mobilidade é impedida nas freqüências de microondas. Entretanto, entre 200 MHz e 2 GHz (isto é, próximo do início da relaxação γ da água livre), pode-se observar a existência de uma zona estreita, conhecida como relaxação δ , que pode ser explicada em termos da rotação livre de certas porções da molécula. Na hemoglobina a 25°C, a relaxação δ ocorre em 850 MHz, a qual corresponde à faixa de freqüências em que seus peptídeos e aminoácidos constituintes exibem absorção [26,27]. Observe-se que esta é, também, a freqüência da telefonia celular nas bandas A e B!

Os peptídeos e os aminoácidos, muito menores do que as proteínas, ressoam na região de microondas. As freqüências de relaxação para a glicina, a di-glicina, a tri-glicina e a alanil-glicina, a 25°C e pH=6, são, respectivamente, 3.2 GHz, 1,2 GHz, 770 MHz e 960 MHz [28], cujos valores são inversamente proporcional ao tamanho daquelas moléculas.

Os ácidos nucléicos DNA e RNA desempenham um papel muito importante nos processos celulares. A hélice simples do RNA está envolvida na síntese de proteínas, especialmente enzimas, no nível do citoplasma. Por sua vez, o DNA é o portador e transmissor de informação genética. Embora sua dupla hélice seja simétrica e apolar (isto é, não exiba dipolos permanentes), ela exibe uma polarização de baixa freqüência, devido ao deslocamento de íons induzido na superfície da molécula, pela ação do campo elétrico aplicado. O tempo de relaxação do DNA é proporcional ao quadrado do comprimento da dupla hélice [26, 29, 30].

7.2 Células e membranas celulares

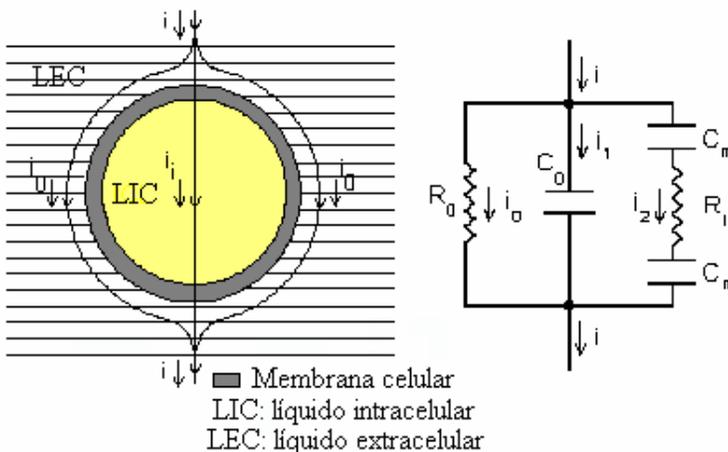
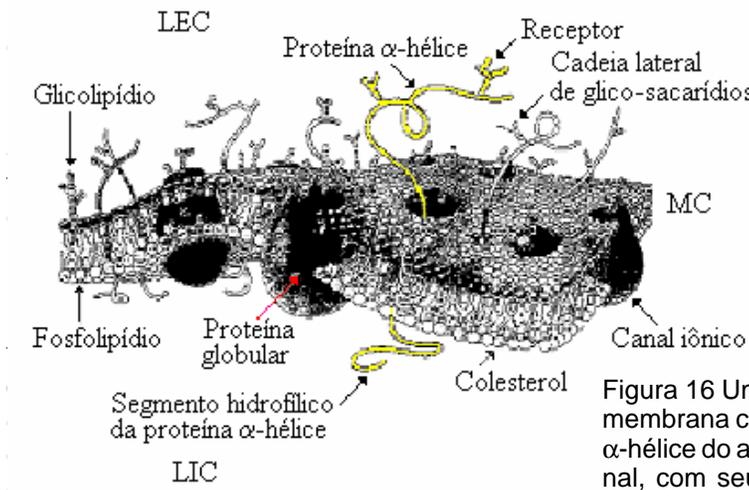


Figura 15 Circuito linear equivalente a uma célula.

De um modo geral, suspensões celulares podem ser descritas como partículas condutoras dispersas em um meio dielétrico. O sangue humano é um exemplo de uma tal mistura e tem sido objeto de diversos estudos, desde 1951 [31], nos quais foi descoberto que $\epsilon'_r = 56$ e $\epsilon''_r = 15,9$ em 3 GHz e a 35°C.



As células, propriamente moléculas, isto é, proteínas sub-estruturas básicas (traz) é a membrana, por ômenos mais interessan- membrana celular é uma satura de aproximadamente ais constituindo os canais controle ativo das trocas A diferença entre as cons- responsável pela acumula-

Figura 16 Um canal iônico na membrana celular. A proteína α -hélice do aparelho de transdução de sinal, com seus receptores em forma de "Y" (100 μm^2 (com 800ms por

centímetro quadrado), representando uma corrente iônica parasítica cruzando a membrana.

O comportamento dielétrico da célula é descrito por Hasted [26]. A dupla camada prediz que a membrana celular é o locus de relaxação β muito acentuada, em frequências variando de algumas dezenas de kilohertz a algumas centenas de megahertz. Em frequências além deste limite, a capacitância da membrana é, essencialmente, um curto-circuito e, teoricamente, nenhum potencial pode ser induzido. A Fig. 15, abaixo, representa **um circuito elétrico linear**, equivalente à célula [33].

As células consistem de um núcleo envolvido pelo citoplasma ou líquido intracelular (LIC), o qual é contido pela membrana celular. Esta, por sua vez, consiste de uma dupla camada biomolecular que é perpassada por diversas estruturas complexas, como mostra a Fig. 16.

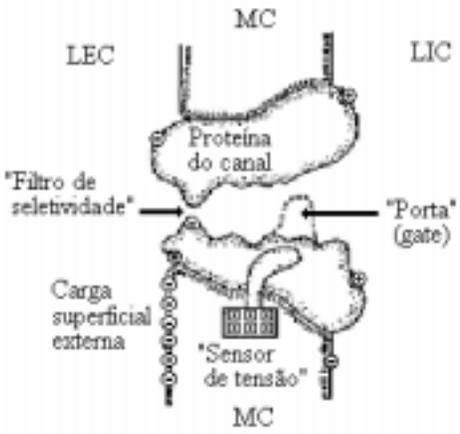


Figura 17 Canal iônico gatilhado a tensão.

A superfície externa da membrana celular, seus receptores e canais iônicos, é negativamente carregada, enquanto o seu interior é positivamente carregado. Isto estabelece um **potencial de membrana**. A carga negativa dos receptores atrai os primeiros mensageiros positivamente carregados, desencadeando um processo de **amplificação** com um **ganho** da ordem de 100.000 a 1.000.000, gerando uma cascata de mensageiros secundários para o interior da célula.

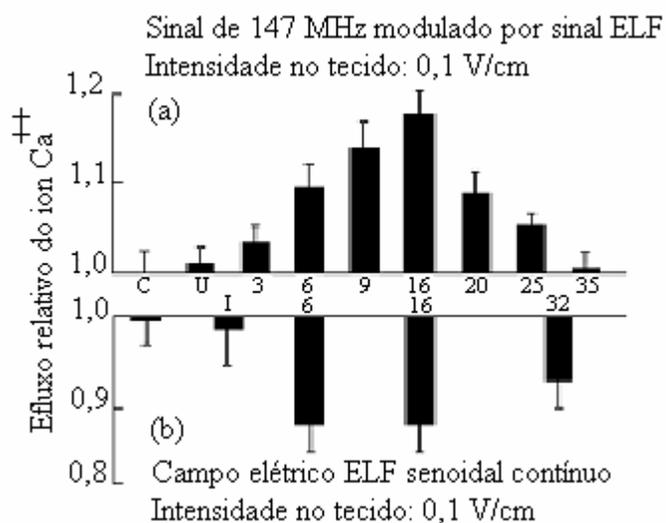


Figura 18 (a) Efluxo do ion Ca^{++} por um sinal de 47 MHz modulado por um sinal ELF; (b) por um sinal ELF contínuo.

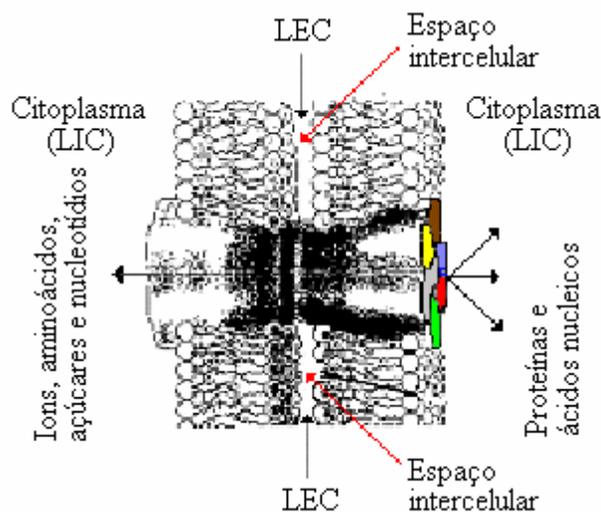


Figura 19 Uma junção de hiato entre duas células contíguas de um mesmo tecido.

Uma estrutura que auxilia a coordenar a atividade celular é o canal iônico gatilhado a tensão que atua como se fora um **transistor**, regulando as correntes iônicas das diversas espécies de íons Ca^{++} , que é onipresente, desempenhando uma série de funções de **comunicação** e **regulação** celular. Ele atua primeiro como transdutor de sinal e, em seguida, como mensageiro [34]. A Fig. 17 ilustra essa estrutura.

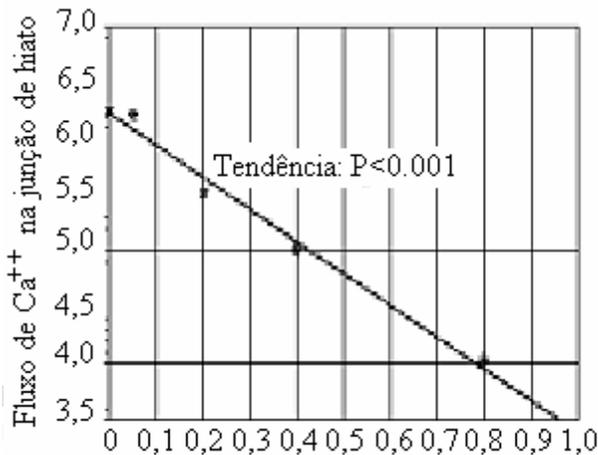


Figura 20 Fluxo de Ca^{++} na junção de hiato, em função da intensidade de campo magnético de 50 Hz. (Fonte: [35])

Intensidade de campo magnético de 50 Hz (mT) para dentro das células, dependendo da combinação das condições de exposição. Essas combinações são conhecidas como “janelas”, porque condições próximas têm efeitos marcadamente diferentes. A Fig. 19 mostra o efluxo do íon Ca^{++} induzido por RF, o qual está associado com um aumento na morte programada da célula (apoptose). Por outro lado, o influxo induzido por um campo ELF está associado com um aumento na sobrevivência de células danificadas, isto é, ele concorre para um aumento de câncer.

As **junções de hiato** são pontes de seis proteínas entre duas células contíguas de um mesmo tecido. Elas são fundamentais na **comunicação intercelular** e na coordenação da regulação celular, necessárias para manter as células saudáveis, conforme ilustrado na figura acima.

A abertura da junção de hiato é regulada pelo íon Ca^{++} e pelo pH [37]. Li e outros [38] observaram que a combinação de um campo magnético de 50 Hz com a aplicação do promotor de câncer TPA acarretou um enfraquecimento no fluxo da junção de hiato, segundo uma relação dose-resposta significativa, em função da exposição ao campo magnético, conforme mostra a Fig. 20.

de **micronúcleos** e constataram que as microondas provocavam um aumento significativo em ambos, segundo uma relação dose-resposta, como mostra a Fig. 21. Um nível de exposição de 30 mW/cm² é usualmente capaz de elevar ligeiramente a temperatura, para tempos de exposição de mais de uma hora. O experimento de Garaj-Vrhovac e outros [39] foi realizado sob condições isotérmicas, com as amostras expostas mantidas a 22°C ± 0,4°C. A correlação entre o tempo de exposição e a contagem de células sobreviventes, em níveis não térmicos, confirma que este é um efeito não térmico ou de baixa intensidade.

Isto é uma forte evidência dos efeitos genotóxicos da exposição prolongada a radiações de RF e microondas. Quando os cromossomos são danificados, uma das principais medidas de proteção é a eliminação das células defeituosas, pelas células assassinas naturais (linfócitos T) do sistema imune. Alternativamente, as células defeituosas podem executar uma ação de suicídio programado, conhecida como **apoptose**.

Garaj-Vrhovac e outros [39] mediram as taxas de células sobreviventes, constatando uma redução destas e um aumento da mortalidade, segundo uma relação dose-resposta, em razão direta com o tempo e a intensidade da exposição, como ilustrado na Fig. 22.

As diretrizes da **ICNIRP/ANATEL**, para frequências superiores a 2 GHz, prevêem limites de exposição de 1 mW/cm² e 5 mW/cm², respectivamente, para o público em geral e para exposição ocupacional. Da Fig. 20, entretanto, podemos observar que mesmo um nível 100 vezes menor do que o primeiro, isto é, 0,01 mW/cm², provoca a morte de cerca de 8% das células, para uma exposição de 30 minutos e de 28 % delas, para uma exposição de 60 minutos!

8. CONCEITO DE DOENÇA ASSOCIADA AO MEIO AMBIENTE

A percepção emergente do homem em relação ao meio ambiente é aquela de um animal adaptável, mas não infinitamente, tentando enfrentar uma miríade de fatores, cada um dos quais encerrando um significado fisiológico potencial [1]. Esses fatores podem ser internos, tais como uma predisposição genética, ou externos, tais como substâncias químicas ou biológicas, no ar ou na água.

Uma doença clínica pode ser vista como uma manifestação do impacto cumulativo desses múltiplos fatores. Ela se desenvolve quando a carga total ultrapassa a capacidade de adaptação do indivíduo [2].

O conceito de carga total se aplica a qualquer fator insistentemente capaz de evoluir em um agente, micro ou macro, que atua como um fator de estresse em indivíduos.

9. F

AMPLITUDE E FREQÜÊNCIA DE SCHUMANN

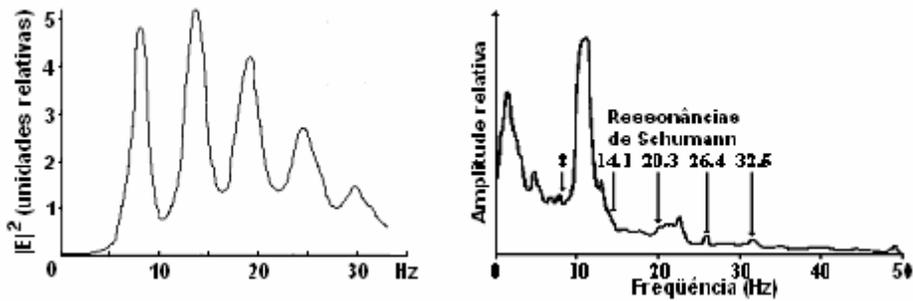


Figura 23 Ressonância de Schumann típica (esquerda) e EEG (estado de alerta) típico, com superposição dos picos de ressonância de Schumann (direita).

Toda forma de vida na Terra está imersa em um verdadeiro mar de campos eletromagnéticos (CEM) naturais de baixas frequências, desde a concepção até a morte de cada espécie. Gerados principalmente pela atividade de tempestades nas zonas equatoriais, esses campos exibem picos no espectro de frequências extremamente baixas (ELF, frequências abaixo de 300 Hz), entre 8 Hz e 32 Hz e são conhecidos como Ressonâncias de Schumann [4, 22, 23], como ilustra a Fig. 23 abaixo. Elas estão confinadas em torno do globo, entre a superfície da Terra e a ionosfera, aproximadamente 140 km acima da superfície. Com uma circunferência de cerca de 41.000 km, a Terra atua como uma gigantesca cavidade, cuja frequência de ressonância é em torno de 8 Hz para ondas se propagando à velocidade da luz (300.000 km/s). Os campos de Schumann são de intensidades muito baixas, com magnitudes de campo elétrico da ordem de 10 mV/m (1 mV/m é a intensidade de um campo elétrico de um milésimo de volt por metro) e de campo magnético na faixa de 1-10 nT (1 nT é a intensidade de um campo de indução magnética de um bilionésimo do Tesla). A título de comparação, o campo magnético estático da Terra tem uma intensidade típica de 50 µT (1 µT = 0,000001 T = 1000 nT).

Ahissar [23] mostra que o cérebro dos mamíferos pode ser assimilado a uma rede PLL (*phase locked loop*) capaz de detetar e reagir a sinais de frequências extremamente baixas. Dessa forma, o cérebro se comporta como se fora um receptor de FM sintonizado, com capacidade de detetar o sinal **envoltório**, composto de frequências extremamente baixas, que **modula** a frequência de uma **portadora** de microondas [24].

Até recentemente, a radiação eletromagnética natural de fundo era relativamente constante, mas a situação mudou drasticamente com o desenvolvimento dos modernos sistemas de potência e de telecomunicações. O ambiente está hoje fortemente impactado pelos CEMs oriundos de rádios, TVs, repetidoras de microondas, telefonia celular e muitas outras fontes similares, com valores típicos mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 Densidade de potência no ambiente eletromagnético americano.

Fonte	S (mW/cm²)	Referência
Walkie-Talkie	12.000	[5]
Forno a microondas	5.000	-
102 ° andar do Empire State	32,5	[6]
Monte Wilson, California	28.000	[7]
Sentinel Heights, NY	1	[8]

Como a antena de um walkie-talkie portátil (como os usados pelos policiais) é mantida muito próximo da cabeça do usuário, podem ocorrer radiações de até 12.000 mW/cm². O nível permitido de vazamento de radiação em fornos a microondas pode atingir 5.000 mW/cm² e níveis ainda maiores podem ser encontrados

em fornos muito usados, com desgastes nas dobradiças e lacres das portas. Nas grandes cidades, antenas são freqüentemente montadas no topo de edifícios muito altos, para aumentar a cobertura e a eficiência de transmissão, resultando em níveis relativamente elevados no interior de edificações adjacentes. Níveis de radiação de até 28.000 mW/cm² foram medidos no parque de antenas do Monte Wilson, nas proximidades de Los Angeles. A área sul de Sentinel Heights, no condado de Syracuse, no estado de Nova York, contém cerca de doze transmissores que produzem em torno de 1 mW/cm² ao longo de uma área de várias milhas quadradas. A Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos divulgou uma estimativa conservadora de que cerca de 1% da população americana está exposta a mais de 1 mW/cm², em qualquer momento considerado [9]. O nível de segurança permissível na Rússia, para exposição a campos eletromagnéticos, passou, recentemente, de 1 para 5 mW/cm². A título de informação, as diretrizes de exposição humana a campos eletromagnéticos nos Estados Unidos têm apenas um caráter voluntário, isto é, não têm força de lei.

Além das radiações eletromagnéticas, os campos elétricos e magnéticos emanados de linhas de transmissão de alta tensão e dos dispositivos que elas energizam, estão também presentes no ambiente. Como ocorre com as radiações eletromagnéticas, a intensidade dos campos elétrico e magnético (unidades, volts/metro e gauss, ou tesla, respectivamente) efetivamente experimentados, depende fortemente da localização. O valor médio do campo elétrico tecnológico de fundo é da ordem de 1 V/m, enquanto que o do campo magnético é de cerca de 800 μ mG [10]. Esses campos estão disseminados no ambiente e não podem ser univocamente identificados com qualquer dispositivo em particular. Campos significativamente mais elevados podem ser medidos na imediata vizinhança de alguns aparatos específicos. A linha de potência em alta tensão é um tal exemplo. Valores típicos ao nível do solo de campo elétrico e magnético, diretamente embaixo dos condutores da linha, são de 10.000 V/m e 0,5 G, respectivamente. A intensidade de ambos os campos decresce com o inverso da distância, à medida que nos afastamos lateralmente para um ou outro lado do eixo da linha. Apesar disso, a zona efetiva de influência das linhas de transmissão de alta tensão, isto é, a distância para a qual o campo elétrico é maior do que 1 V/m, é surpreendentemente larga [10], como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 Zona de influência de linhas de transmissão de alta tensão.

Nível de Tensão (kV)	Zona Efetiva de Influência da Linha (m)
765	762
500	518
345	396
230	244
115	123

A Tabela 4 mostra valores típicos de campo elétrico [11] e magnético [12], nas proximidades de aparelhos eletrodomésticos ordinários.

Tabela 4 Campos elétrico e magnético próximo de utensílios domésticos ordinários

Utensílio	Campo Elétrico (V/m)	Campo Magnético (mG)
Ebulidor (mergulhão)	130	0,5
Secador de cabelo	40	0,5
TV a cores	30	0,8
Aspirador de pó	16	
Fogão elétrico	4	
Lâmpada incandescente	2	

10. IMPORTÂNCIA SANITÁRIA DA ENERGIA ELETROMAGNÉTICA AMBIENTAL

10.1 Estresse biológico

Muitos estudos têm mostrado que a energia eletromagnética (campo elétrico, magnético e radiação eletromagnética) pode alterar o metabolismo dos sistemas nervoso, endócrino, cardiovascular, hematológico, de resposta imune e reprodutivo [10]. Os efeitos sobre cada tecido ou sistema dependem muito das características elétricas específicas do sinal aplicado. Assim, por exemplo, Fisher encontrou que um campo elétrico de 5.300 V/m resultavam em um aumento inicial do nível de norepinefrina no cérebro de ratos, seguido de um declínio abaixo do nível de controle [13]; Grin [14] observou a mesma mudança com um campo de 500 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. A resposta do organismo à energia eletromagnética é parcialmente determinada pela sua história fisiológica e predisposição genética. Assim, animais individuais, mesmo em uma população aparentemente homogênea, podem exibir mudanças de sentidos opostos no parâmetro biológico observado. Por exemplo, quando se mediu a resposta EEG de 24 coelhos expostos a 100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, 14 deles exibiram atividade elevada, 6 exibiram atividade deprimida e 4 não responderam ao campo eletromagnético [15]. A individualidade biológica é um fator distintivo na resposta de um organismo a energia eletromagnética exógena. Essas respostas são geralmente adaptativas e compensatórias.

10.2 Epidemiologia humana

Se a energia eletromagnética ambiental é simplesmente um estressor biológico não específico que pode evocar uma resposta adaptativa sistêmica no organismo exposto, que tipo de sinais clínicos poderão ocorrer em seres humanos expostos? Se um organismo está sujeito, por exemplo, a um estresse do frio, ocorrerão mudanças adaptativas

para combatê-lo. Se o estresse persiste, as defesas do organismo podem entrar em colapso, resultando em uma doença diagnosticável. Porém, não existe doença específica associada ao estresse do frio. O animal pode, então, manifestar qualquer uma de várias doenças como, por exemplo, infecção (se um agente bacteriano ou viral estiver presente no ambiente) e pneumonia (se seu sistema respiratório já estivesse debilitado por outros fatores), entre outras.

Os efeitos produzidos pela energia eletromagnética ambiental também dependem de vários fatores e, por conseguinte, se manifestarão como um aumento em todas as doenças na população cronicamente exposta.

Suponhamos que seja aplicado um segundo estresse ao animal que estava submetido ao estresse do frio como, por exemplo, forçá-lo a viver em um ambiente opressivo. O resultado esperado em um animal submetido a dois fatores de estresse é que, qualquer que seja a doença que ele estava fadado a desenvolver quando estressado além de seus limites, ele manifestará aquela doença mais rapidamente do que se experimentasse apenas um estressor. Assim, em geral, a energia eletromagnética ambiental é um fator ambiental que pode concorrer, mas não de forma absoluta, para o estabelecimento de doenças.

Uma das primeiras ligações documentadas entre energia eletromagnética ambiental e doença humana foi estabelecida por Becker [16], que relatou uma aparente associação entre a energia emanada de antenas de rádio, TV e linhas de alta tensão e a incidência de câncer, no condado de Sentinel Heights, no estado de Nova York. A incidência de câncer no estudo do grupo eletromagneticamente exposto foi duas vezes maior do que o nível esperado, baseado em dados do condado como um todo. Subseqüentemente, uma associação mais conclusiva com câncer foi relatada por Wertheimer e Leeper. Em estudos controlados separados, eles encontraram uma correlação entre exposição a campos eletromagnéticos de linhas de transmissão e aumento na incidência de câncer [12, 17]. Em 1982, uma associação semelhante foi feita no contexto da exposição ocupacional [18]. Quando a incidência de mortalidade por câncer entre indivíduos ocupacionalmente expostos (engenheiros eletricitistas, técnicos, etc.) foi comparada com a incidência esperada, foi encontrada uma chance 1,5 vezes maior de contrair a doença entre os expostos. O relato de Milhman foi confirmado em três estudos independentes [19-21].

No final dos anos 70, Perry e colaboradores observaram o que parecia ser um número excessivamente grande de pacientes com depressão, os quais viviam na vizinhança de linhas de alta tensão. Essas observações acarretaram um estudo epidemiológico detalhado de uma possível relação entre suicídio (para o qual havia dados precisos nos registros de saúde pública) e a intensidade do campo magnético na residência da vítima [22]. Os autores do estudo encontraram uma associação aparente entre suicídio e a intensidade do campo magnético [2], se as vítimas tendiam a morar em regiões de altas intensidades de campo magnético, quando comparado com o grupo de controle (não suicidas).

Devido ao papel etiológico da energia eletromagnética ambiental na doença humana - cujas verdadeiras dimensões são hoje apenas vagamente percebidas - é prudente minimizar a exposição ambiental a campos eletromagnéticos, particularmente entre indivíduos exibindo sensibilidades conhecidas a agentes químicos. Quais os dispositivos que acarretam os maiores riscos? As linhas de alta tensão contribuem para níveis elevados de campo elétrico e magnético no ambiente e são usualmente associadas com exposição prolongada da população que mora ou trabalha na sua vizinhança. O pessoal que opera detetores de metal em aeroportos está sob risco, pois o campo magnético empregado em tais detetores é tão elevado quanto o encontrado em torno de linhas de alta tensão, de maneira a proporcionar um bom acoplamento de energia com o corpo humano. Devido aos altos níveis de vazamento de radiação permitidos pela legislação federal, os fornos a microondas constituem um motivo de preocupação, tanto maior quanto mais antigo for o modelo de forno e para os fornos de intenso uso comercial em lanchonetes, montados à altura dos olhos do operador. Os cobertores elétricos expõem o usuário a campos elétricos e magnéticos relativamente elevados, além de estarem associados a tempos de exposição relativamente longos. Walkie-talkies e rádios CB (faixa do cidadão) resultam em níveis de exposição relativamente elevados, devido à proximidade da antena com relação, principalmente, à cabeça do operador. Finalmente, o uso de telefone celular no interior de automóveis, elevadores e veículos de transporte urbano, submetem, não apenas o usuário direto, mas todas as pessoas nas proximidades, a níveis de exposição significativamente mais elevados. Devido ao efeito de blindagem desses veículos, o circuito do aparelho celular provoca uma amplificação do nível de sinal na antena, a fim de assegurar uma boa qualidade da comunicação.

11. OS PADRÕES DE EXPOSIÇÃO HUMANA

Os efeitos fisiológicos resultantes da exposição a campos eletromagnéticos não ionizantes criam a necessidade de estabelecer regras e regulamentos, que proporcionem proteção do público em geral e dos profissionais rotineiramente expostos a esses campos.

A segurança de uma fonte em relação a um ser humano deve ser examinada de dois pontos de vista complementares. Primeiro, ela deve ser expressa em termos da emissão de energia eletromagnética e requer o controle da emissão pela fonte, de tal modo que ela não apresente qualquer risco ao usuário ou ao público. Em segundo lugar, ela pode ser expressa em termos da **susceptibilidade** à emissão, a qual requer completa exclusão ou acesso limitado de pessoas a regiões nas quais o campo eletromagnético exceda um certo limiar. Assim, uma norma de segurança deve incorporar limites de **emissão** e **exposição**, respectivamente.

A questão se torna muito complicada quando temos que estabelecer os critérios de operação apropriada (isto é, avaliar os limites de campo que podem ser tolerados

pelo ser humano). A definição de padrões de segurança seria grandemente simplificada se fossemos capazes de estabelecer uma clara relação entre níveis de exposição e efeitos patofisiológicos [40].

Assim, por exemplo, se testarmos um agente potencialmente tóxico em 100.000 animais de laboratório, tomando como critério o aumento na taxa de mortalidade depois de um certo período, uma cifra de 10^{-5} não terá nenhum significado. Nesse caso, nós teríamos que aumentar a dose administrada por várias ordens de grandeza e deduzir o limiar de tolerância por interpolação linear [41]. Entretanto, como observado anteriormente, esse protocolo pode ser criticado por diversas razões:

- Os efeitos observados em animais de laboratório não podem ser confiavelmente extrapolados para seres humanos ou, algumas vezes, até mesmo para outros animais de linhagens diferentes; em particular, diferenças em peso exercem um papel importante na capacidade de absorver energia.
- A interpolação linear não é válida porque os processos biológicos são fortemente não lineares.
- Em geral, o critério básico não é a morte, mas algum fenômeno biológico sutil que é mais difícil de observar e medir.
- Em geral, o número de animais testados carece de significância estatística.

Intensidades de campo de referência

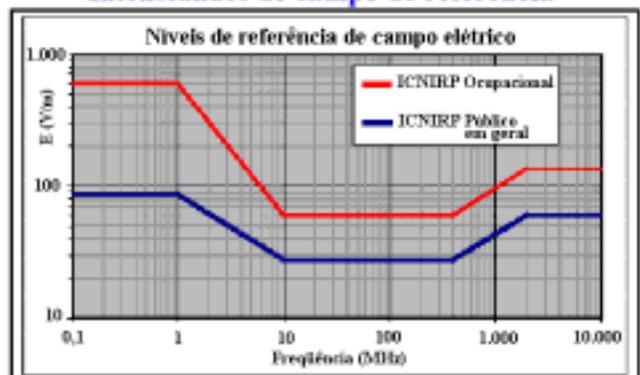


Figura 24 Limites de intensidade de campo elétrico do padrão ICNIRP.

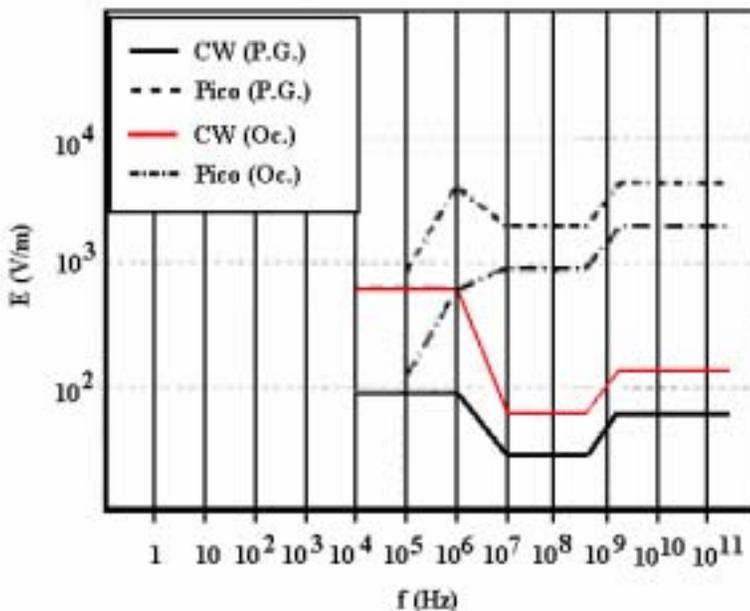


Figura 25 Limites de intensidade de campo elétrico da Resolução 303 da ANATEL.

Existem também profundas diferenças de opinião sobre a existência de efeitos de baixas intensidades, ou atérmicos, o que levou americanos e russos a adotarem, por mais de 50 anos, posições incompatíveis, que resultaram em uma diferença de três ordens de grandeza entre seus padrões de segurança originais. Com algumas exceções, os países pertencentes aos dois blocos se contentaram em adotar os respectivos padrões. Ocorreu uma certa convergência, quando os EUA adotaram um padrão de emissão muito rigoroso para os fornos doméstico a microondas, o qual é significativamente mais rigoroso do que o seu padrão geral de exposição. O diálogo Leste-Oeste começou logo depois que Nixon e Brezhnev se pronunciaram sobre saúde e meio ambiente, com um simpósio internacional em Varsóvia, patrocinado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), pelo Ministério da Saúde da Polônia e pelo Departamento de Saúde, Educação e Bem-Estar dos EUA. Esse diálogo foi subsequente continuado por várias organizações internacionais, tais como o *International Microwave Power Institute* (IMPI), a *International Union of Radio Science* (URSI), a *Bioelectromagnetic Society* (BEMS), fundada em 1978, a OMS e a *International Radiation Protection Association* (IRPA), precursora da ICNIRP. Um certo número de pontos fundamentais foi aceito pelos dois blocos, tais como a validade dos enfoques dosimétricos, o conceito de taxa de absorção específica (SAR), a importância dos fenômenos de ressonância e focalização, o ainda não explicado efeito dos efeitos sinérgicos e a não linearidade da resposta biológica a ondas pulsadas, expressa em termos de janelas de potência e frequência.

A título de ilustração, apresentamos, a seguir, um quadro sobre a questão dos padrões de segurança e sua evolução ao longo dos anos.

- 1953: A Marinha dos EUA observa o aparecimento de cataratas em cães expostos e várias doenças em operadores de radar. Adota, então, o limite ocupacional de $10.000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.
- 1958: A Rússia observa efeitos biológicos de baixas intensidades em animais e no homem e, então, adota um limite ocupacional de $10 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.
- 1966: A ASA (atualmente ANSI) adota o limite ocupacional de $10.000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.
- 1971: O Projeto Pandora analisa problemas de saúde de funcionários da Embaixada Americana em Moscou, os quais foram irradiados, durante anos, em níveis de $10 - 15 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Apesar disso, o governo americano mantém o limite de $10.000 \text{mW}/\text{cm}^2$.
- 1976: A ANSI dos EUA reitera o limite ocupacional de $10.000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.
- 1977: O livro de P. Brodeur denuncia que as Forças Armadas americanas ocultam estudos sobre efeitos biológicos, a fim de proteger os investimentos em radar.
- 1979: A Rússia adota o limite de $1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para o público em geral.
- 1982: A ANSI adota o limite ocupacional de $1.000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.
- 1985: A FCC dos EUA adota o limite de $1.000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para o público em geral.
- 1986: O NCRP dos EUA adota o limite de $200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para o público em geral.
- 1992: A ANSI adota o limite de $200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para o público em geral.
- 1996: A FCC adota o limite de $200 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para o público em geral e espera mudanças nos limites de exposição no futuro.
- 1998: A ICNIRP publica suas diretrizes e adota o limite ocupacional de $5.000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ e de $1.000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ para o público em geral. A Fig. 24 é uma representação gráfica do padrão ICNIRP de intensidade de campo elétrico, em V/m , para exposição ocupacional e para o público em geral.



Figura 26 Sumário das descobertas científicas.

- 1999: A ANATEL adota, provisoriamente, as diretrizes da ICNIRP.
- 2002: A ANATEL, na sua Resolução 303, em vigor desde 02/07/2002, incorpora as diretrizes da ICNIRP para a faixa de 9 kHz a 300 GHz. A Fig. 25 é uma representação gráfica desse padrão.

12. ATUAL CENÁRIO CIENTÍFICO		
<p>Em resposta a uma base crescente de evidências científicas, baseadas em estudos epidemiológicos e laboratoriais, a existência de efeitos biológicos e de saúde pública associados com exposições prolongadas a campos eletromagnéticos, está se tornando cada vez mais difundida e aceita.</p> <p>Um número crescente de cientistas acredita, hoje, na existência de efeitos biológicos de baixas intensidades de interações significativas, devidos a campos eletromagnéticos não ionizantes, de frequências extremamente baixas a 100 Hz e microondas, com modulações de amplitude, frequência ou pulsada, por sinais de frequências extremamente baixas.</p>	<p>Exposição a radiação de telefonia celular provoca alterações nas ondas cerebrais de um EEG.</p> <p>Crianças em idade escolar apresentam alterações nas funções motora, de memorização e atenção (Letônia).</p> <p>Identidade de intervenções significativas, em crianças, com exposição a campos eletromagnéticos extremamente baixos a 100 Hz e microondas, com modulações de amplitude, frequência ou pulsada, por sinais de frequências extremamente baixas.</p>	
<p>Assim, no dia 27 de julho de 1998, 23 renomados cientistas, convocados pelo <i>National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS)</i> dos EUA, decidiram, por 19 votos favoráveis a 4 contrários, que os campos eletromagnéticos de frequências extremamente baixas são possíveis carcinógenos.</p> <p>Aumento duas vezes maior na leucemia em adultos expostos a radiação de AM.</p>	<p>Aumento duas vezes maior na leucemia em adultos expostos a radiação de AM.</p> <p>Referência com dispositivos médicos pelo menos até 1000 MHz.</p>	
<p>Em outubro de 1998, o <i>Workshop on Possible Biological and Health Effects of Radio Frequency (RF/MW) Electromagnetic Fields</i>, na Universidade de Viena, aprovou a seguinte resolução:</p>	<p>Ação direta da RRF na abertura/fechamento do canal de acetilcolina (neurotransmissor).</p>	
<p>Resolução de Viena: Os participantes concluíram que os efeitos biológicos de exposições de baixas intensidades estão definitivamente estabelecidos. Entretanto, o atual estado de consenso científico é insuficiente para estabelecer padrões de segurança confiáveis. A evidência disponível indica a necessidade de pesquisas sobre possíveis impactos sanitários e sobre o estabelecimento adequado de exposição a esse</p>	<p>Testes com crianças detectam diminuição de tempo de reação visual e memória.</p> <p>Diferença de temperatura do sistema nervoso.</p> <p>Alterações no hipocampo (circunvolução há 1882).</p>	<p>Biological effects of low frequency electromagnetic fields. [42]</p>
<p>Em suma, os cientistas do campo da eletromagnética não estão convencidos de que os campos eletromagnéticos tecnológicos induzem efeitos biológicos, sob exposição prolongada. Alguns desses efeitos, verificados em laboratório, têm um padrão similar ao dos mecanismos bioquímicos responsáveis por efeitos neurológicos, como perda de memória recente e o desenvolvimento de doenças sérias como câncer, mal de Alzheimer e mal de Parkinson, entre outras.</p>	<p>Efeitos no sistema imune: elevação da contagem de PFC (células produtoras de anticorpos)</p> <p>Redução de 18% no sono REM, importante na memorização e aprendizagem.</p>	
<p>O quadro abaixo representa um sumário das descobertas científicas mais importantes, no que diz respeito à exposição prolongada a campos eletromagnéticos não ionizantes de baixas e altas frequências.</p>	<p>Redução de 26% na produção de insulina (hormônio secretado pelo pâncreas).</p>	
		<p>Navakatikian, 1994</p>

Dr. Neil Cherry, eminente biofísico da Universidade de Lincoln, na Nova Zelândia, concluiu que: “Estudos científicos no âmbito da célula, com animais de laboratório e epidemiológicos, mostram fortes evidências de que a exposição a níveis muito reduzidos, ... uma diminuta fração dos atuais “padrões de segurança”, ... resultam em altera-

SAR (W/kg)	Efeito Biológico	Referência
0,000021-0.0021	Alterações no ciclo e proliferação celular, provocadas por sinal GSM de 960 MHz.	Kwee, 1997
0,0004	Alterações na BBB, provocadas por sinal GSM pulsado de 915 MHz.	Salford, 1997
0.001	Alteração de ondas cerebrais de EEG.	Von Klitzing, 1995
0.0317	Diminuição no consumo de alimentos e líquidos.	Ray e Behari, 1990
0.005-0.05	Alterações no efluxo (escoamento de um fluido para fora de uma cavidade) do íon cálcio.	Dutta <i>et. al.</i> , 1989
0.14	Mudanças na função do sistema imune.	Elekes, 1996
0.13-1.4	Incidência de linfomas e câncer cerebral 2.5 vezes maior em ratos expostos do que no grupo controle (duas exposições diárias de ½ h a um sinal de telefonia celular de 915 MHz, com modulação pulsada).	M. H. Repacholi, 1997
0,26	Efeitos oculares nocivos: certas drogas podem sensibilizar os olhos a RRF.	Kues, 1992
0.4	Aumento estatisticamente significativo em tumores malignos.	Guy, 1984
0.58-0.75	Desenvolvimento de tumores cerebrais, a 18% do padrão (sinal TDMA de 836 MHz)	Adey, 1996
0.6 e 1.2	Quebras de filamentos simples e duplos de DNA, provocadas por RRF de 2.45 GHz).	Lai <i>et. al.</i> , 1995
2.4-24	Quebras de filamentos simples e duplos de DNA, provocados por exposição a sinais TDMA de 836 MHz).	J. Phillips, 1998
2-3	Aceleração de tumores de pele e de mama, em níveis de exposição de 50-75 % do padrão.	Szmigielski, 1982

ções cerebrais, distúrbios do sono, depressão, cansaço crônico, cefaléia, dificuldades de aprendizado e memorização, efeitos adversos no trato reprodutivo incluindo abortamento, natimortos, nascimentos prematuros e deformidades de nascimento. Muitos outros efeitos nocivos à saúde ... predominantemente câncer em vários órgãos, especialmente câncer no cérebro, leucemia, câncer de mama e câncer nos testículos ...”.

“Por conseguinte, existe uma forte evidência de que os campos ELF e de RF/MW estão associados com o envelhecimento acelerado (aumento da morte celular e do câncer), alterações no humor, depressão, suicídio, ira, violência, principalmente mediante alterações no fluxo do íon cálcio e no equilíbrio melatonina/serotonina”.

A Tabela abaixo mostra alguns efeitos biológicos importantes, recolhidos da literatura especializada, em função da densidade de potência (W/cm^2), para níveis significativamente mais reduzidos do que os atuais padrões de segurança.

Tabela 5 Efeitos biológicos em função da densidade de potência

Dens. de pot.	Efeito biológico	Referência
0,1 $\mu W/cm^2$ 1995		Von Klitzing,
0.16 $\mu W/cm^2$ 1996		Kolodynski,
0.168-1.053 $\mu W/cm^2$		
0.2-8 $\mu W/cm^2$		Hocking, 1996
1.3-5.7 $\mu W/cm^2$		
2.4 $\mu W/cm^2$		Joyner, 1996
2-4 $\mu W/cm^2$		D’Inzeo, 1988
4-10 $\mu W/cm^2$		Chiang, 1989

5-10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ 1974		Dumanski,
10-25 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		
30 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$.	Veyret, 1991
50 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		Mann, 1996
100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	Mudanças na função do sistema imune.	Elekes, 1996
100 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$		

A Tabela 6, abaixo mostra alguns efeitos biológicos importantes, recolhidos da literatura especializada, em função da SAR (Specific Absorption Rate, Taxa de Absorção Específica), em W/kg de tecido, para níveis significativamente mais reduzidos do que os atuais padrões de segurança.

13. O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Quando uma atividade levanta possibilidade de nocividade à saúde humana ou ao meio ambiente, medidas preventivas devem ser tomadas, mesmo que não haja ainda alguma relação de causa-e-efeito completa e cientificamente estabelecida. Durante muitos anos, os movimentos ambientais e de saúde pública têm lutado em busca de caminhos para proteger a saúde e o meio ambiente, principalmente quando ainda existem incertezas científicas sobre causa e efeito.

O público tem arcado com o ônus de provar que uma determinada atividade ou produto é perigoso, enquanto que aqueles que executam as atividades potencialmente perigosas e lançam no meio ambiente substâncias potencialmente perigosas, são considerados inocentes, até prova em contrário. As empresas que adotam práticas perigosas e manuseiam e permitem que produtos químicos cheguem ao meio ambiente parecem, muitas vezes, ter mais direitos que os cidadãos.

O ônus de provar cientificamente que existe uma relação de causa e efeito interpôs uma enorme barreira na campanha em prol da saúde e do meio ambiente. Ações para prevenir danos são normalmente tomadas somente depois que a prova significativa de dano for estabelecida, quando, então, pode já ser muito tarde.

Quando uma comunidade baseia sua demanda para interromper uma atividade particular, com base na experiência e na observação ou algo menos que uma estrita prova científica, ela acusada de ser histérica ou emocional. Para transpor essa barreira, é necessário um instrumento de ação com poder ético e de cunho científico para a tomada de decisões.

Estamos vivenciando uma conjuntura excitante na história da humanidade: de um lado, vemos ameaças nunca havidas à saúde humana e ao meio ambiente que sustenta a vida e, por outro lado, temos a oportunidade de exercer a nossa cidadania para mudar fundamentalmente a maneira como as coisas são feitas.

Nós não temos que aceitar as coisas como elas estão. A precaução é um princípio-guia que podemos e devemos usar para minimizar os riscos à saúde, ao bem-estar e ao meio ambiente.

O Princípio da Precaução é um novo modo de pensar sobre a proteção ambiental ou a saúde pública, principalmente contra a permanência da exposição a situações e agentes de risco em longo prazo. Ele nos desafia a fazer mudanças fundamentais no modo como permitimos e restringimos danos e agravos. Alguns desses desafios serão, provavelmente, considerados como grandes ameaças às agências de governo e aos detentores de tecnologias ou serviços poluidores e vão, assim, encontrar resistência poderosa.

Uma das mais importantes expressões do Princípio da Precaução, internacionalmente falando, é a Declaração do Rio da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, de 1992, também conhecida como Agenda 21, quando afirma: “Com o fim de proteger o meio ambiente, os Estados devem aplicar amplamente o princípio da precaução, conforme as suas capacidades. Quando haja perigo de dano, grave ou irreversível, a falta de uma certeza absoluta não deverá ser utilizada para postergar-se a adoção de medidas eficazes, em função do custo, para impedir a degradação do meio ambiente”.

Uma abordagem do Princípio da Precaução aplicado à tomada de decisão ambiental e de saúde pública inclui cinco componentes principais:

- “Agir com precaução antes que haja certeza científica de causa e efeito”.

A maioria dos Tratados Internacionais, afirmando o Princípio da Precaução, incorpora-o como um dever geral nos países que agem sob a incerteza. Essa atitude proporciona o mecanismo de responsabilidade para prevenir riscos.

- “Estabelecer metas”.

O Princípio da Precaução encoraja o planejamento baseado em metas bem estabelecidas, ao invés de cenários futuros e avaliações de riscos que podem ser prejudicados pelo erro e pela parcialidade. Planejar, ao invés de prever um futuro incerto, é um tipo de ação que gera poucas avaliações incorretas e apressa soluções inovadoras.

- “Procurar e avaliar alternativas”.

Em vez de se perguntar qual nível de contaminação ou exposição é segura ou economicamente ótima, o Princípio da Precaução indaga como reduzir ou eliminar os riscos de danos, considerando todos os meios possíveis de atingir aquela meta, inclusive antecipando a atividade proposta, testando-a previamente e efetuando testes exaustivos após o seu lançamento no mercado. As alternativas devem ser bem definidas para não causar danos em curto e longo prazos.

- “Inverter o ônus da prova”.

Os detentores de uma determinada tecnologia ou atividade devem provar que ela não causará dano indevido à saúde humana ou aos ecossistemas e informar ao público e às autoridades, quando for encontrado um potencial impacto. A ignorância e a incerteza não devem servir de pretextos para adiar ações preventivas de danos, as quais devem ser prontamente definidas e implementadas.

- “Desenvolver métodos e critérios mais democráticos e de tomada de decisão completa”.

O Princípio da Precaução requer um novo modo de pensar sobre a avaliação das evidências científicas ou outras evidências, com relação às incertezas envolvidas, bem como na tomada de decisões. O público deve participar das decisões, tanto em atividades já existentes, quanto em novas atividades.

14. CONCLUSÕES

Os limites de exposição das diretrizes da ICNIRP **não** consideram exposições prolongadas a CEMNI, conforme estabelecido no documento original, na seção **“BASE PARA LIMITAR A EXPOSIÇÃO”** [ICNIRP, 1998], onde se lê:

“... A indução de câncer devido à exposição prolongada a CEM não foi considerada como estabelecida e, assim, estas diretrizes são baseadas em efeitos sobre a saúde **agudos, de curta duração**, tais como **estimulação de músculos e nervos periféricos, choques e queimaduras** pelo contato com objetos condutores e **temperaturas elevadas** do tecido, resultante da absorção de energia durante a exposição a CEMs. ...”

Ao justificar a exclusão de qualquer efeito *não-térmico* na formulação de suas Diretrizes de Segurança, a ICNIRP conclui: [ICNIRP, 1998]

“... Geralmente, a literatura sobre efeitos atérmicos de campos eletromagnéticos modulados em amplitude é tão **complexa**, a validade dos resultados divulgados tão **mal estabelecida** e a relevância dos efeitos sobre a saúde humana é tão **incerta**, que é **impossível** usar este volume de informação como uma base para definir limites de exposição humana a esses campos. ...”

Deve-se ressaltar que isto **não é equivalente a denegar a existência de influências não-térmicas deste tipo de radiação, ou seu potencial de provocar reações sanitárias adversas** – como freqüentemente apregoado pela Indústria de Telefonia Móvel – mas simplesmente que, na visão da ICNIRP, tais efeitos não podem ser usados como uma base para estabelecer limites de exposição [Hyland, 1998]

Dr. Neil Cherry (Lincoln University, NZ), em um recente relatório, concluiu:

“... A REM de ERBs, provavelmente, aumentará a incidência de abortamentos, câncer, doenças neurológicas, cardíacas e morte. A REM dos telefones celulares, provavelmente, aumentará a incidência de doenças neurológicas e tumores cerebrais, nos próximos 10 a 20 anos. Os problemas apontados continuarão a se agravar, a menos que sejam tomadas as medidas necessárias para reverter esta tendência, tal como reduzir a potência (ou aumentar a distância) a níveis tecnicamente possíveis e só instalar novas ERBs em locais que produzam exposições residenciais extremamente reduzidas”.

15. RECOMENDAÇÕES

Ante o exposto, recomendamos adotar-se o Princípio da Precaução, considerando:

- Premissa: minimização de possíveis riscos à saúde devido a exposições prolongadas;
- Se não há provas conclusivas de que a exposição prolongada a CEMNI pode acarretar agravos à saúde, também não as há em sentido contrário;
- Inversão do ônus da prova;
- Inexistência de pré-testes e pós-testes com relação à tecnologia de telefonia celular e de telecomunicações em geral;
- Aspectos de viabilidade técnica, operacional e financeira;
- Adesão do Brasil desde a ECO'92, no Rio;
- Colaborar com a SVS-MS, na elaboração de um padrão brasileiro de exposição humana a CEMNI, na faixa de 0-300 GHz;
- Propor revisões periódicas sobre os padrões de exposição em vigor, sempre que justificadas por novas descobertas científicas sobre o assunto;

- Desestimular o uso de telefones celulares por crianças e pré-adolescentes, a não ser em casos de extrema necessidade;
- Proibir campanhas publicitárias voltadas para crianças e pré-adolescentes.

Francisco de Assis Ferreira Tejo,
professor,
Laboratório de Eletromagnetismo Aplicado
Departamento de Engenharia Elétrica – CCT – UFCG

GLOSSÁRIO

Barreira hemato-encefálica: sistema de filtros dos vasos sanguíneos do cérebro que evita a passagem de toxinas e substâncias químicas perigosas para os tecidos cerebrais sensíveis.

BEMS: *Bioelectromagnetics Society* (Sociedade de Bioeletromagnetismo). Uma associação profissional que organiza reuniões científicas sobre efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos não ionizantes.

Carcinogênico: qualquer fator causador de câncer.

CDMA: *Code Division Multiple Access* (Múltiplo Acesso por Divisão em Código). Um tipo de sinalização de telefonia digital, que permite a transmissão de várias chamadas em uma mesma portadora, pela alternância de diferentes mensagens codificadas, geradas em um computador.

CEM: campo eletromagnético. O termo genérico que designa a energia eletromagnética emanada de dispositivos eletromagnéticos.

CTIA: *Cellular Telecommunications and Internet Association* (Associação de Telecomunicações Celulares e Internet). Um grupo corporativo que representa os interesses dos provedores de telefonia celular e internet nos EUA, tais como AT&T Wireless, Motorola, Verizon Wireless e outras.

FDA: Food and Drug Administration (Administração de Drogas e Alimentos). Agência federal americana responsável pelo controle de alimentos e drogas, bem como produtos emissores de radiação, tais como telefones celulares.

gigahertz: um bilhão de ciclos por segundo, ou 10⁹ Hz.

GSM: Global System Mobile (Sistema Móvel Global). O sistema de telefonia celular usado na Europa e em outras partes do mundo, inclusive no Brasil.

Hertz: uma unidade equivalente a um ciclo por segundo, indicando a rapidez com que um determinado sinal varia no tempo e no espaço.

kilohertz: mil ciclos por segundo, ou 10³ Hz.

Leucemia: um câncer das células sanguíneas da medula óssea.

Leucócito: uma célula do sangue também conhecida como glóbulo branco.

Linfócito: um tipo de glóbulo branco com função do sistema imune.

Linfoma: um câncer do tecido linfóide (encontrado principalmente nos nodos linfáticos e no baço).

Maligno: canceroso. Um tipo de tumor que cresce continuamente.

Marcapasso: um dispositivo médico implantado em pacientes cardíacos para controlar os batimentos do seu coração.

megahertz: um milhão de ciclos por segundo, ou 106 Hz.

Micronúcleos: fragmentos de DNA envolvidos por uma membrana, que são uma indicação de dano genético. As células do sangue normal não contêm micronúcleos.

Mutágeno: qualquer agente capaz de causar dano ao DNA ou alterar genes.

Neuroma acústico: um tumor benigno do nervo acústico. Este nervo, também conhecido como nervo auditivo, controla a audição e se estende do ouvido até o tronco cerebral.

NIEHS: National Institute of Environmental Health Sciences (Instituto Nacional de Ciências Ambientais da Saúde). Uma agência federal dos EE.UU. que cuida da relação do meio ambiente com a saúde.

PCS: Personal Communication System (Sistema de Comunicação Pessoal). A nova geração de produtos de comunicação sem fio.

SAR: Specific Absorption Rate (Taxa de Absorção Específica). A quantidade de energia absorvida por um tecido biológico, por unidade de tempo e por unidade de massa corporal, medida em watts de potência por quilograma (W/kg).

TDMA: Time Division Multiple Access (Múltiplo Acesso por Divisão no Tempo). Um tipo de sinalização de telefonia digital, que permite a transmissão de várias chamadas em uma mesma portadora, pela alternância de diferentes mensagens, transmitidas em diferentes intervalos de tempo.

Telefone analógico: um tipo de telefone celular ou sem fio que envia sinais em ondas contínuas similares a ondas de rádio FM. Os primeiros telefones celulares eram analógicos, mas atualmente eles estão sendo substituídos pelos digitais.

Telefone celular: um tipo de telefone sem fio que opera nas faixas de 800-900 MHz ou de 1800-1900 MHz.

Telefone digital: um tipo de telefone celular que usa modulação pulsada.

Telefone PCS: um tipo de telefone celular que opera na faixa de 1900 – 2200 MHz.

terahertz: um trilhão de ciclos por segundo, ou 1012 Hz.

Teste de pré-comercialização: testes exigidos pelo governo para determinar a segurança de produtos de consumo, antes da sua comercialização.

Tumor benigno: um tumor ou crescimento não canceroso.

um potencial risco de agravar a saúde das pessoas.

Vigilância pós-comercialização: acompanhamento e monitoramento de pessoas que usam produtos de consumo, tais como telefones celulares, para verificar se eles desenvolvem ou não problemas de saúde associados com o seu uso. Esta é uma exigência de governo para a maioria dos produtos de consumo que têm um potencial risco de agravar a saúde das pessoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Dickey, L. D., "Getting back to the basics in clinical ecology", *Jlm En* 12, p. 119, 1984.
- [2] Rea, W. J. and Suits, C. W., "Cardiovascular disease triggered by foods and chemicals", In Dickey, L. D., Ed., *Clinical Ecology*, Springfield, Illinois: Charles C. Thomas, p. 99, 1976.
- [3] Rea, W. J., "Principles of environmental triggering in disease processes", Proc. 3rd Ann. Int. Symp. On Man and His Environment, Dallas, TX, Feb. 21-24, 1985.
- [4] Schumann, W. O., "Über Elektrische Eigenschwindungen der Hohlräume End-Luft-Ionosphäre, erregt durch Blitzentladungen", *Zeits Angew J. Phys.* 9, pp. 373-378, 1957.
- [5] Lambdin, D. L., "An investigation of energy densities in the vicinity of vehicles with mobile communications equipment and near a hand-held walkie-talkie", ORP/EAD 79-2, Las Vegas, Nevada: US Environmental Protection Agency, 1979.
- [6] Tell, R. A. and Hankin, N. H., "Measurements of radio frequency field intensity in buildings with close proximity to broadcast systems", ORP/EAD 78-3, Las Vegas, Nevada: US Environmental Protection Agency, 1978.
- [7] Tell, R. A. and O'Brien, P. J., "An investigation of broadcast radiation intensities at Mount Wilson, California", ORP/EAD 77-2, Las Vegas, Nevada, US Environmental Protection Agency, p. 191, 1977.
- [8] Cohen, J., "Report to the Town Board of the Town of Onondaga", Onondaga, New York, 1978.
- [9] Tell, R. A. and Mantiply, E. D., "Population exposure to VHF and UHF broadcast radiation in the United States", ORP/EAD 78-5, Las Vegas, Nevada: US Environmental Protection Agency, 1978.
- [10] Becker, R. O. and Marino, A. A., *Electromagnetism & Life*, Albany: State University of New York Press, 1982.
- [11] Electronic Systems Command, Department of the Navy, "Fact Sheet for the Sanguine System: Final Environmental Impact Statement", 1972.
- [12] Wertheimer, N. and Leeper, E., "Adult cancer related to electrical wires near the home", *Int. J. Epidemiol.* 11, p. 341, 1981.
- [13] Fisher, G., Udermann, H. and Knapp, E., "Ubt das netzfrequente Weebsefeld zentrale Wirkungen aus?", *ZblBaktlyg, IAbtOrigB* 166, p. 381, 1978.
- [14] Grin, A. N., "Effects of microwaves on catecholamine metabolism in the brain", Springfield, MA: National Technical Information Service, JPRS publication No. 72606, p. 14, 1978.
- [15] Bychkov, M. S. and Dronov, I. S., "Electroencephalographic data on the effects of very weak microwaves", Springfield, VA: National Technical Information Service, JPRS publication No. 63321, p. 75, 1973.
- [16] Becker, R. O., "Microwave Radiation", *New York State J. Med* 77, p. 2171, 1977.
- [17] Wertheimer, N. and Leeper, E., "Electrical wiring configurations and childhood cancer", *Am. J. Epidemiol.* 109, p. 273, 1979.
- [18] Milhman, S., "Mortality from leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields", *N. Eng. J. Med.* 307, p. 249, 1982.
- [19] Wright, W. E., Peters, J. M. and Mack, T. M., "Leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields", *Lancet* 2, p. 1160, 1982.
- [20] McDowall, M. E., "Leukemia mortality in electrical workers in England and Wales", *Lancet* 1, p. 246, 1983.
- [21] Coleman, M., Bell, J. and Skeet, R., "Leukemia incidence in electrical workers", *Lancet* 1, 982, 1983.

**SAÚDE, ECOLOGIA,
VIGILÂNCIA SANITÁRIA
E DIREITO**

Geila Radünz Vieira

SAÚDE, ECOLOGIA, VIGILÂNCIA SANITÁRIA E DIREITO

Geila Radünz Vieira

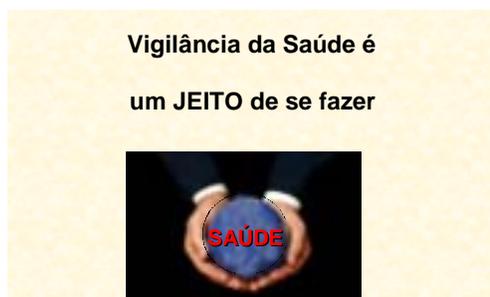
O acidente na usina nuclear de Chernobil (Rússia, 1986), o excesso de gases poluentes liberados pelas indústrias da costa leste americana e suas conseqüências, o caso da baía de Minamata, as vítimas da talidomida; chuvas ácidas e radioativas, lagos, campos e solos contaminados da Europa à Roraima, da Ucrânia à Antártica; os efeitos da guerra do Vietnã, as conseqüências dos métodos usados na guerra fria, estes são exemplos da necessidade de o homem estudar e conhecer, a partir da metade do século passado, as relações de causa e efeitos entre os danos provocados à natureza e o impacto na sua própria saúde.

Em definição ampla, Saúde não é apenas a ausência de doença, mas o perfeito equilíbrio entre o homem e o meio ambiente, ambos interagindo, recebendo e exercendo influências de outros sistemas.

Para analisarmos saúde, temos que fazê-lo em um contexto e modo integrado, interdisciplinar e global, portanto, sem considerar a existência de fronteiras políticas, e as ações para resolução dos problemas advindos devem ser implementadas, com certeza, a partir do meio ambiente; caso contrário estaremos atuando no efeito/resultado e não na causa, determinando gasto descomunal, equiparado a uma espiral ascendente infinita. Os danos causados ao meio ambiente afetam toda a sociedade, cujo modelo de organização – individualista, consumista e descartável – dificulta o entendimento, por parte de cada cidadão, da sua parcela de responsabilidade diante de sua saúde e dos problemas ambientais.

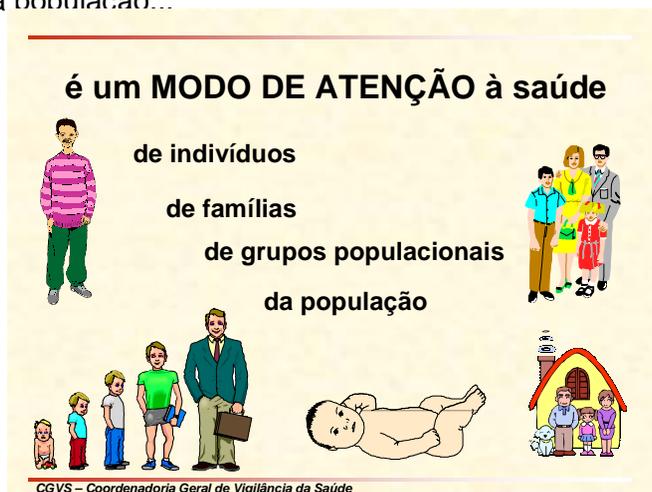
Saúde é Ecologia!

Há que se incorporar novos e alterar velhos hábitos, assim como mostrar que dependendo do impacto ambiental gerado, a atividade ou ação causadora deve e pode ser alterada, resultando em mais, menos ou ausência de saúde. Para tanto, e sendo a saúde um direito de todos e um dever do Estado é nosso dever fazer Vigilância da Saúde, em conjunto com os vários setores, inclusive da sociedade civil organizada.



Vigilância da Saúde é, portanto um jeito de se fazer Saúde...

É um modo de atenção à saúde dos indivíduos, de famílias, de grupos populacionais, da população...



Neste modo de atenção da Vigilância da Saúde, toda a população é usuária do Sistema Único de Saúde (SUS), independente de classe social, classe econômica, cor, credo, idade, cultura; estando presente nas mais variadas fases da vida das pessoas.

Na Vigilância do Meio Ambiente observa-se que as radiações eletromagnéticas aparecem em nosso cotidiano em proporções muito maiores que se imagina. A poluição eletromagnética tornou-se hoje uma das grandes preocupações ambientais. Assistimos ao fenômeno causado pela proliferação das estações radiobase (erb /RBS) e aparelhos celulares espalhados pelas cidades, configurando-se desta forma uma questão de saúde pública necessitando do olhar da Vigilância Sanitária.

É vasta a literatura a cerca dos efeitos biológicos das radiações eletromagnéticas, antigamente divididos entre efeitos térmicos e não térmicos (ou atérmicos), cujos térmicos levaram ao estabelecimento de regramentos/limites de exposição em vários países no mundo, a exemplo das normas americana e européia, (ICNIRP – Comissão Internacional Sobre Proteção à Radiação Não Ionizante), onde observa-se inclusive variações de limites de exposições entre ambientes ocupacionais e não ocupacionais

Com o passar do tempo e dos eventos que a humanidade tratou de realizar, pesquisadores independentes apresentaram na literatura especializada uma grande variedade de efeitos não térmicos adversos à saúde humana, provenientes de exposição prolongada. Junto a isto, vemos hoje uma brutal mudança de estilo de vida e hábitos das populações.

Convém ressaltar-mos a grande e valiosa contribuição da Medicina Ocupacional para o conhecimento do tema , uma vez que de forma pioneira levantou os efeitos das radiações eletromagnéticas no ser humano, e que sem dúvida é a área da Medicina que mais conhece os efeitos das radiações eletromagnéticas no homem.

Junto a ela veio juntar-se nos dias de hoje a Medicina por Evidência, a qual reforça o estudo donexo causal.

Infelizmente o conhecimento dos técnicos dos mais variados segmentos envolvidos não acompanha as vertiginosas mudanças que o mundo moderno determina. Temos países como a Suíça com legislação sanitariamente correta, mas restritiva se comparada com o Brasil que nada tem como um todo, somente algum Estado ou município (Porto Alegre , Campinas) e de forma distinta e variável, e outros que nem se quer ouviram falar, ou tomaram conhecimento apenas pelo lado do lucro e não da despesa que terão com saúde.

Temos, pois que reconhecer também a mudança no campo dos Direitos Humanos. Após termos conhecido a Primeira Geração dos Direitos Humanos, onde era tratado os direitos e garantias individuais, vimos chegar a Segunda Geração dos Direitos Humanos, a qual tratava dos direitos sociais; e a Terceira Geração, mescla das duas anteriores, para agora assistirmos ao advento da Quarta Geração de Direitos Humanos, somente possível porque as inovações tecnológicas criam para a humanidade problemas de ordem tal que o Direito forçosamente, sob pena de alteração e deterioração humana, se vê instado a apresentar soluções, propondo limites e regramentos, pois “O Leviathan da organização não poderá engolir o indivíduo sem selar a sua própria e inevitável sepultura” – Bertalanffy.

Vemos então o PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO surgir em 1998 em Wigsread como uma maneira sensata de proteger a Saúde Pública e o Meio Ambiente, o qual deveria ser fundamentado na reforma de leis e regulamentos assim como na criação de novas leis , o qual cada vez mais é evocado, hoje em dia em Saúde Pública e Meio Ambiente.

Tudo isto nos permite concluir que :

- Saúde e Qualidade de vida são muito mais conseqüências de nossos atos e atitude, que mero acaso.
- Da necessidade de mudança nos pensares.
- Mudança no Pensar Legislativo, onde a Saúde deve ser vista como um direito e não uma concessão eleitoreira.
- Mudança no Pensar Médico, onde saúde deve ser vista como necessidade humana essencial, direito de cidadania e bem público. Saúde como expressão completa das determinações econômicas e sociais sobre as condições de vida; campo de luta pelo pleno respeito aos direitos sociais, econômicos e culturais do indivíduo e das populações.
- Mudança no Pensar Jurídico, com a inclusão nos aparatos jurídicos do pleno direito à saúde, com universalidade, integralidade e eqüidade; e alocação de oportunidades e recursos suficientes para responder às necessidades sociais em qualidade de vida e saúde.

Sem dúvidas, há um desafio coletivo, o de construir e difundir uma percepção ampliada da saúde como elemento indispensável para a justiça social, percebendo saúde como direito e um patrimônio de cada cidadão e de cada coletividade.

***Geila Radünz Vieira,
médica da Secretaria Municipal de Saúde de Porto Alegre,
médica auditora da Secretaria da Saúde do estado do Rio grande do Sul,
professora colaboradora do Curso de Pós-graduação
em Medicina do Trabalho da FFFCMPA/ABRASS***

**ANÁLISE COMPARATIVA DOS CRITÉRIOS DE NORMALIZAÇÃO DAS
RADIAÇÕES
ELETROMAGNÉTICAS NÃO
IONIZANTES NO LESTE
EUROPEU (RÚSSIA) E
PAÍSES OCIDENTAIS**

Nestor Raul Minhuey Mendez

ANÁLISE COMPARATIVA DOS CRITÉRIOS DE NORMATIZAÇÃO DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NÃO IONIZANTES NO LESTE EUROPEU (RÚSSIA) E PAÍSES OCIDENTAIS

Nestor Raul Minhuey Mendez

SUMARIO: 1.Introdução; 2. Histórico; 3. Sistema de Normatização Sanitária das Radiações Eletromagnéticas na Rússia; 4. Princípios e Conceitos de Normatização;5. Comparação dos princípios e critérios de normatização das radiações eletromagnéticas utilizadas na Rússia e os utilizados nos Estados Unidos, alguns países europeus e organizações internacionais; 5.1. Diferenças; 5.2. Coincidências; 5.3. Harmonização dos padrões das radiações eletromagnéticas; 6. Aspectos sociais, jurídicos derivados da normatização das REM; 7. Anexo; 8. Referências bibliográficas.

205

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a poluição eletromagnética tem-se convertido numa das formas de contaminação ambiental que mais se espalha no mundo. Isto, pelo crescente desenvolvimento de aparelhos eletro-eletrônicos, tanto profissionais quanto domésticos. Seu estudo é alvo de intensivas pesquisas a nível mundial que visam verificar sua possível nocividade à saúde humana e ao meio ambiente.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) reconhece a poluição eletromagnética ambiental e vem desenvolvendo o Projeto Internacional sobre Campos Eletromagnéticos (Projeto CEM). Este projeto tem como objetivo estudar o impacto dos campos eletromagnéticos, tanto de baixa como de alta frequência, na saúde populacional. O resultado final desta pesquisa deve ser divulgado somente em 2007.

Um dos assuntos a serem resolvidos na OMS é referente ao problema da chamada *Harmonização de Normativas* com os países que têm adotado diferentes critérios de normatização. Historicamente, os países do leste europeu, especialmente a ex-União Soviética e agora a Rússia, conserva as normas relativas à exposição do público e do trabalhador aos campos eletromagnéticos baseados em mais de 40 anos de pesquisa na área.

Neste sentido, a OMS e países ocidentais vêm dialogando com os países do leste europeu (Rússia, Polônia, Bulgária etc.), para chegar a um consenso referente aos diversos aspectos da normatização das radiações eletromagnéticas. Este processo é extremamente difícil devido a critérios totalmente diferentes no enfoque deste problema.

Analisar os critérios de normatização dos países do leste europeu, centralizado na Rússia em comparação aos países ocidentais, é o foco do presente trabalho. Também serão abordados alguns aspectos sociais e jurídicos decorrentes da adoção do tipo de normativa.

2. HISTÓRICO

As primeiras normativas, a nível governamental, para as Radiações Eletromagnéticas na faixa de altas frequências (300 MHz-300 GHz) foram estabelecidas na Rússia em 1958. Isto mostra que a Rússia esteve na vanguarda nas pesquisas sobre as radiações eletromagnéticas e saúde populacional; o que se verifica por mais de 40 anos de desenvolvimento das normativas de caráter sanitário (GRYGORIEV, Yu. *et al.*, 2003).

Os primeiros padrões foram baseados em resultados de pesquisas clínicas e sanitárias, que têm como parâmetros de normatização a intensidade e o tempo de exposição populacional e profissional. Os valores destes parâmetros nos últimos 40 anos não tiveram maior variação, visto que as pesquisas multidisciplinares as apontam como sanitárias. (GRYGORIEV, Yu, 2002). Esta posição foi estabelecida antes do surgimento da telefonia móvel; cujas características podem incentivar normas mais restritivas.

3 . SISTEMA DE NORMATIZAÇÃO SANITÁRIA DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS NA RÚSSIA

Na Rússia, os órgãos encarregados de promulgar os padrões sobre segurança ante as radiações eletromagnéticas são as Organizações de Padrões Governamentais (GOST) e a de Normas e Réguas Sanitárias (SanPiN) do Ministério da Saúde. Os documentos são complementares e de cumprimento obrigatório no país. Estes documentos também incluem normativas para a conservação da saúde e capacidade de trabalho do profissional. A liberação das normativas é realizada através do Comitê Governamental de Padronização da Federação Russa.

As Normas sanitárias vêm geralmente acompanhadas com Diretrizes Metodológicas para a realização do controle da situação eletromagnética e de atividades de defesa ante elas. O controle é realizado pela Vigilância Sanitária.

Até o presente, em base às Normas SanPiN 2.2.4/2.1.8.055-96 (Radiações Eletromagnéticas da Faixa de Radiofrequências para a População Geral) a padronização se realiza segundo valores da intensidade de campo elétrico E, campo magnético H e Densidade de Potência medido em $\frac{1}{4}W/cm^2$, W/m^2 ou mW/cm^2 .(GRYGORIEV,

Yu. *et al.*, 2003). Na tabela 1 apresentam-se os valores atuais de irradiação máxima permitida da população em comparação às ocidentais.

A introdução em ação das Normativas Sanitárias é realizada pelo Ministério da Saúde da Federação Russa.

4. PRINCÍPIOS E CONCEITOS DE NORMATIZAÇÃO

Na Rússia, se tomou como base para a determinação dos Níveis Máximos Permissíveis (NMP) de irradiação o *princípio do limiar de ação desfavorável* das radiações eletromagnéticas no homem.

Em qualidade de critérios fundamentais para a Normatização das radiações eletromagnéticas, visando a conservação da saúde populacional, se prioriza os critérios médicos e biológicos ante os técnicos, os de cálculo e os econômicos.

O nível de perigo de qualquer fonte de REM se valoriza não só pelo seu efeito médico biológico no organismo humano, mas também pelo estado de saúde da população em geral (KALUGINA, A. 2002). Isto está em acordo com o preâmbulo da ordenança da Organização Mundial da Saúde: *“Saúde é o estado de completo bem-estar físico, moral e social e não só ausência de doenças ou defeitos físicos”*.

Na Rússia, tendo como princípio a defesa da saúde populacional em qualidade de NMP das REM, se aceitam os valores que em irradiação diária não causa na população (sem distinção de sexo e idade) doenças ou alterações do estado de saúde no período de irradiação ou em longos períodos após a irradiação. Assim, o principal critério de determinação do NMP de irradiação populacional é a seguinte: *“A irradiação não deve causar no homem qualquer alteração temporária da homeostase (inclusive da função reprodutiva), assim como tensão dos mecanismos de adaptação e compensatórios do organismo, tanto em períodos curtos como em períodos longos de tempo”*. Isto significa, na prática, que o NMP é um valor inferior (10 vezes menos) que o valor crítico capaz de causar qualquer tipo de reação no organismo humano possível de ser observada com qualquer método.

5. COMPARAÇÃO DOS PRINCÍPIOS E CRITÉRIOS DE NORMATIZAÇÃO DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS UTILIZADAS NA RÚSSIA E OS UTILIZADOS NOS ESTADOS UNIDOS, ALGUNS PAÍSES EUROPEUS E ORGANIZAÇÕES INTERNACIONAIS

5. 1. Diferenças

1. Recomendação do Conselho de Proteção da Radiação e Medidas (National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP) (1981) sobre a normatização dos campos eletromagnéticos pelo parâmetro SAR (Specific Absorption Rate - Taxa de Absorção Específica).

Na Rússia, utiliza-se o parâmetro da carga energética para a normatização, isto é, a soma de fluxo energético que cai na unidade de superfície irradiada pelo tempo de irradiação (Densidade de potência x tempo) e não o SAR.

O parâmetro SAR é confuso, segundo os pesquisadores russos, e precisa ser calculado e não medido, além de requerer de equipamentos especiais. Ele está sendo questionado também por cientistas ocidentais (ROSS A., 1999) e não seria um parâmetro sanitário adequado, visto que considera somente os efeitos térmicos e não leva em conta outros fatores como a modulação das REM (GRYGORIEV, Yu. *et al.*, 2003).

2. Nos modos de valorizar o bioefeito registrado no organismo humano para definição de perigo ante as radiações eletromagnéticas:

- Definição como limiar os efeitos ante os quais o organismo humano poderia se adaptar (princípio russo chamado geralmente *não térmico*);
- Definição como limiar somente os efeitos que se costuma denominar como patológicos (princípio ocidental chamado geralmente *térmico*).

O efeito térmico ou não térmico indica o esquentamento dos tecidos pela radiação e este seria a única causa de alteração da saúde nos países ocidentais. Já o efeito não térmico indicaria que mesmo não havendo aquecimento dos tecidos biológicos, ocorreriam efeitos nocivos, sendo esta posição defendida pela Rússia, baseada em sua experiência de pesquisa (CHUKOVA Yu., 2002).

3. Não se valoriza a ação da modulação pelos cientistas americanos e de alguns europeus.

Os cientistas russos têm pesquisas que demonstram que a modulação tem papel importante nos efeitos das radiações no organismo humano (DOLGACHOVA L. 2000).

4. Sistemas diferentes de estudo e aprovação de normativas. As normativas russas incluem, obrigatoriamente, para qualquer fonte de radiação populacional, áreas de segurança sanitária complementares às técnicas.

5. Exigências de seleção e valorização de trabalhos científicos publicados para a fundamentação das normativas. Na Rússia não são aceitas as recomendações da International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection ICNRP (Comissão Internacional para a Proteção ante as Radiações Não Ionizantes) sobre este assunto.

5.2. Coincidências

1. Fator de diminuição do NMP igual a 10. Isto forneceria segurança de ausência do efeito limiar biológico registrado. No caso das normativas ocidentais, segurança de não aquecimento dos alvos biológicos, sem levar em conta os efeitos não térmicos.

2. Normativas separadas para a população geral e profissional.

5.3. Harmonização dos padrões das radiações eletromagnéticas

A harmonização é o acordo internacional para a elaboração de diretrizes de proteção do público e de trabalhadores ante as radiações eletromagnéticas. Este processo está a cargo da OMS. No momento, se está elaborando um anteprojeto de padrões sobre as radiações eletromagnéticas.

Os cientistas russos do Comitê Russo sobre Radiações Eletromagnéticas apresentaram suas propostas de emendas e correções deste anteprojeto, sendo as principais (GRYGORIEV, Yu. et al., 2003):

- Assinalar que os efeitos biológicos são a reação do organismo ante as radiações eletromagnéticas nos níveis moleculares, celulares, teciduais, orgânicos, sistêmicos e no organismo em sua totalidade. O grau da reprodutibilidade dos resultados destas reações depende do grau de exatidão de reprodutibilidade de todas as condições do experimento;
- Nos experimentos em longo prazo (crônicos) e nas pesquisas sobre os bioefeitos das REM nas radiofrequências, a principal atenção deve ser dada aos efeitos a níveis não térmicos;
- Na definição do limiar de ação desfavorável das REM, é importante avaliar o estado dos sistemas nervoso, endócrino, imunológico, reprodutivo e sanguíneo do organismo;
- É necessário formular no projeto o conceito de Nível Máximo Permissível de irradiação das REM;

O anteprojeto está longe de resolver muitas perguntas sanitárias e tecnológicas.

Para a harmonização de padrões, os cientistas russos propõem (GRYGORIEV, Yu. et al., 2003):

- Elaborar critérios únicos de avaliação de periculosidade, avaliação de rádio sensibilidade individual e hipersensibilidade;
- Levar em conta o tempo de irradiação avaliando as conseqüências em longo prazo (anos), assim como a possibilidade de acumulação;
- Determinar o grau de periculosidade da radiação eletromagnética modulada;
- Desenvolver métodos de avaliação da dose de radiação absorvida localmente e de modo geral, em dependência ao comprimento de onda; polarização; e irradiação em espaço livre e blindado;
- A necessidade de aperfeiçoar a metodologia de pesquisas epidemiológicas e biomédicas;
- A necessidade de continuar desenvolvendo métodos de extrapolação de dados experimentais obtidos nos animais para o homem. Por exemplo, é correto aplicar os dados obtidos em ratos irradiados em todo o corpo com radiação eletromagnética modulada do telefone celular em longo tempo? No caso do usuário de telefonia celular, principalmente o cérebro está sob irradiação;
- Intensivo estudo de novas fontes de REM, como a da telefonia celular;

6. ASPECTOS SOCIAIS, JURÍDICOS DERIVADOS DA NORMATIZAÇÃO DAS REM

Como foi descrito, historicamente a Rússia e os países ocidentais têm posições muito diferentes relacionadas ao controle sanitário das REM sendo estas, em vários aspectos, até antagônicas. Possivelmente, por isso se explique também o diferente custo social que acompanha a introdução de novas tecnologias que fazem uso de campos eletromagnéticos como recentemente, da telefonia celular.

Os padrões atuais do NMP em diferentes países têm enorme diferença (vide Tabela 2). Na Rússia, o NMP (provisório) para a faixa de frequências de telefonia móvel (800-1900 MHz) na exposição para o público geral é de $10 \frac{1}{4} \text{W/cm}^2$. Já nos países ocidentais, que seguem as recomendações da ICNRP, o máximo calculado, para estas frequências, é de $450 \frac{1}{4} \text{W/cm}^2$. No entanto, existem países ocidentais que têm adotado normativas próprias seguindo o Princípio da Precaução. Para exemplificar, a densidade de potência máxima na Suíça é de $1 \frac{1}{4} \text{W/cm}^2$. Isto pelo fato de que em diversas pesquisas internacionais foram comprovados também no ocidente os chamados efeitos não térmicos nocivos ao ser humano (LAI H. et al., 1994; SALFORD, L. et al., 1994; HYLAND G. 1999; CHERRY N., 1998). Na tabela 3 estão expostos os níveis de irradiação em $\frac{1}{4} \text{W/cm}^2$ e os efeitos não térmicos encontrados. Esta tabela esta sendo apresentada na Espanha, como referencial, para normatização usando os parâmetros densidade de potencia e distancia sanitária, toda vez que estes são de interesse populacional. O parâmetro SAR não seria conveniente para esta avaliação sanitária (MUNTANE M., 2002).

Esta situação de diferentes normativas e critérios de avaliação sanitária tem alertado as populações onde se seguem as normativas que não reconhecem os efeitos não térmicos. Tem-se observado um crescente protesto das populações a nível mundial (BIANUCCI P., 2001).

Com a grande expansão da telefonia celular, as populações que moram junto às estações base, assim como as não usuárias do telefone celular, enfrentam uma crítica situação derivada da falta de legislação clara e de caráter preventivo; o que gera a seguinte situação social e jurídica (SOMOV, A., 2002; MARSALEK E., 2003; BAUMANN B., 2003):

- Irradiação involuntária- população submetida à irradiação sem o seu consentimento (24 horas, no caso dos vizinhos das estações base que, às vezes, estão localizadas a 10 metros das moradias);
- Temor- a possibilidade de contrair alguma doença gera preocupação;
- Desinformação- população sem acesso à informação oficial sobre o tema. Isto tem levado as populações a tentarem informar-se pelos seus meios sobre as REM e saúde, às vezes, através de informações alarmistas;
- Sensação de injustiça e desamparo- pelo fato de não ter legislação de caráter sanitário ou preventivo;
- Dano patrimonial- depreciação do valor do imóvel de moradia;

- Dano moral e psíquico;

Esta aguda situação social criada pelas irradiações eletromagnéticas antrópicas poderia ser enfrentada com uma legislação preventiva de enfoque sanitário. Esta legislação teria como referência experiências de países onde as leis de caráter preventivo foram implantadas e tal problema não tem esse elevado custo social. Para isto, seria aconselhável apreciar a experiência da Rússia, junto aos países que têm adotado o Princípio da Precaução (OMS), cujo “*objetivo geral procurado consiste em utilizar as radiações não ionizantes para o proveito da humanidade evitando, porém, os seus efeitos potencialmente nocivos para a saúde e para o ambiente*”. Neste contexto, a Conferência Internacional de Salzburg, realizada em Áustria, 2000 e que contou com a participação de cientistas especialistas neste assunto, recomendou aos países a adoção do princípio da precaução para a telefonia celular, reconhecendo os efeitos não térmicos. Na oportunidade, cientistas sugeriram uma máxima densidade de potência de radiação populacional em $0,1 \frac{1}{4} \text{w/cm}^2$. A Rússia, participante da Conferência de Salzburg, apoiou esta posição.

No Brasil, o custo social derivado da poluição eletromagnética ambiental, especialmente da telefonia celular, não é diferente do internacional (CONDESSA D., 2003). Por isto, baseados na experiência exterior comparativa da Rússia e países ocidentais (GRYGORIEV, Yu. et al., 2003), podem-se enumerar as seguintes recomendações em defesa da saúde do povo brasileiro:

1. Adotar o Princípio da Precaução para a regulamentação das radiações eletromagnéticas e população tendo como base que a “*saúde é o estado de completo bem-estar físico, moral e social e não só ausência de doenças ou defeitos físicos*”;

No cumprimento deste princípio, a população deve ter uma participação importante que garanta às pessoas o direito de viver num meio ambiente livre de contaminações garantida pela constituição.

2. Adotar normativas de caráter sanitário de acordo com o princípio da precaução, tendo como paradigma cidades que o adotaram como Salzburg, Viena, Catania ($0,1 \frac{1}{4} \text{w/cm}^2$) e a nível de país, Suíça ($1 \frac{1}{4} \text{w/cm}^2$), seguindo as recomendações da Resolução de Salzburg. É necessário também introduzir zonas de segurança como área restritiva de presença humana ou animal de acordo com os padrões sanitários, a exemplo de países como a Suíça, Itália.

3. Nas normativas, levar em consideração que a unidade SAR é recomendada, mas não é universal, visto que existe dúvida sobre sua eficácia sanitária.

4. Nas normativas, deve recomendar-se o não uso de telefones móveis por crianças de até 16 anos, mulheres gestantes e pacientes com doenças neurológicas;

5. Os fabricantes de telefones móveis devem informar os níveis de radiação dos telefones e os dados do laboratório onde foi realizada a medição;

6. Ampla informação objetiva aos usuários e população em geral sobre a poluição eletromagnética e seus riscos;

7. Criar um Programa Nacional de Pesquisa e Educação sobre Radiações Eletromagnéticas e Meio Ambiente;

O objetivo geral deste programa seria incentivar o estudo do impacto das radiações eletromagnéticas no homem e nos ecossistemas por cientistas independentes e especialistas na área. Isto elevaria a cultura e a educação ecológica populacional assim como diminuiria a dependência científica na área, além de dar suporte aos órgãos governamentais neste polêmico tema;

8. Criar no INMETRO, a exemplo dos países desenvolvidos e de alguns em vias de desenvolvimento, o Laboratório de Calibração de Antenas e Campos Eletromagnéticos. Isto forneceria proteção governamental do espectro radioelétrico como recurso natural e via de transmissão, compatibilidade eletromagnética e proteção da saúde populacional e meio ambiente.

Nestor Raul Minhuey Mendez,
Ph.D., Universidade do Extremo Sul Catarinense UNESC,
Laboratório de Foto e Radiobiologia

ANEXO

Tabela 1. Comparação dos Níveis Máximos Permissíveis das radiações eletromagnéticas na faixa de radiofrequências e microondas na Rússia, USA e países Europeus

País	Densidade de Potência mW/cm ²	SAR, W/kg	
		Para todo o corpo	Para parte localizada do corpo
EUROPA:		0,08	2,0*
- 400-2000 MHz	f/2000		
- 400-2000 MHz	1,0		
USA:		0,08	1,6
- 300-1500 MHz	f/1500		
- 1500-100000 MHz	1,0		
RÚSSIA:		-	-
- para estação base telefone celular	0,01		
- para telefone móvel celular	0,1		

* só para a cabeça; f-frequência

Tabela 2. Comparações de padrões das Radiações Eletromagnéticas nos países ocidentais em $\frac{1}{4}$ W/cm². Faixa de frequências de telefonia móvel (800-1900MHz) para exposição do público geral

ICNIRP	USA	BRASIL	UK	ITALIA	SUIÇA	AUSTRIA
400-900	570-1000	435	10	10	1	0,1

Tabela 3. Escala de nove graus e suas distancias de risco sanitário:

Telefone móvel e antena emissora

GRAU	DESCRIÇÃO	RADIAÇÃO	TEL. MÓVEL	ANTENA EMISSORA
		UNIDADE		
		$\mu\text{W}/\text{cm}^2$	Potência (10 W)	Potência (40 W)
			Distância: metros	Distância: metros
9	EPICENTRO TÉRMICO	1.000	0,08 m	3 m
8	CAMPO CERCANO	100	0,25 m	9 m
7	LEI RUSSA	10	0,80 m	30 m
6	VALOR RESTRITIVO	1	2,5 m	90 m
<i>Dr. Neil Cherry: Evidência epidemiológica de leucemia infantil em 2,4 microW/cm2.</i>				
5	ALTERAÇÃO E.E.G. ALTERAÇÃO CROMOSSOMAS	0,1	8,00 m	300 m
<i>Nível de risco documentado por Dr. Henry Lai, Dr. Neil Cherry e Dr. G.J. Hyland.</i>				
4	NÍVEL RADIAÇÃO MÉDIO	0,01	25,00 m	900 m
<i>A potência 0,02 microW/cm2. altera a Melatonina durante a noite. Glândula pineal.</i>				
3	NATURAL SOL	0,001	80,00 m	3000 m
2	GLOBAL DOMÉSTICO	0,0001	250,00 m	9000 m
1	TRANSMISSÃO MÍNIMA	0,00001	800,00 m	30000 m
0	NÍVEL RADIAÇÃO	0,000001	2500,00 m	90000 m
Obs. Sinal Cerebral				

β
χ
δ
ε
φ
γ

213

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAUMANN J. The application of the precautionary principle to EMF protection in Switzerland. EC/WHO/NIEHS-meeting. Application of the Precautionary principle to EMF, Luxembourg Feb. 23, 2003 <http://europa.eu.int/comm/health/ph_determinants/environment/EMF/Conf24_26feb2003/baumann.pdf> Acesso em: 1 maio 2004
2. BIANUCCI P. La Problemática Social y Sanitaria Asociada al Uso de Telefonos Móvil. Maestria em Gestion Ambiental, FAU, UNNE Argentina, 2001. <http://arandu.org.ar/pub/monografia_moviles.pdf>. Acesso em 1 maio 2004.

3. CONDESSA D. Poluição Ambiental e Exposição Humana a Campos Eletromagnéticos. Estudo de casos no município de Belo Horizonte com ênfase nas estações de Radio base de Telefonia Celular, Dissertação Mestrado, Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais, 2003
4. CHERRY, Neil. Nova Zelândia. **Critica della valutazione degli effetti cancerogeni nel rapporto ICNIRP**. 1998. Endereço eletrônico: <www.verdinrete.it/ondakiller>. Acesso em 10 set 2001.
5. CHUKOVA Yu. A importância científica e prática da correta eleição do paradigma sanitário de normatização. Instituto de Ecologia, Rússia. Proc. 3^{ra} Conferencia Internacional "Campos |Eletromagnéticos e Saúde. Pesquisas Fundamentais e Aplicadas". Moscou, Rússia, 2002
6. DOLGACHOVA L., SEMENOVA T, ABZHALELOV B., AKOEV I. Influências dos campos eletromagnéticos na ação do monoaminoxidase A no cérebro de ratos. Rev. Biologia das Radiações. Radioecologia, 2000, T.40, nº4, p.429-432.
7. GRYGORIEV, Yuri; VASIN, Andrei; MINHUEY, Nestor; GRYGORIEV, Oleg. Aspectos Comparativos dos Padrões dos Campos Eletromagnéticos e Problemas de sua Harmonização. Rev. Campos Eletromagnéticos e População, Moscou, Rússia, p. 109-116, 2003.
8. GRYGORIEV, Yuri; GRYGORIEV Oleg; MINHUEY MENDEZ Nestor; GRYGORIEV Konstantin; VASIN, Andrei. A Telefonia Móvel: uma Fonte Real de Interação das Radiações Eletromagnéticas na População (Telefones e Estações Base). Revista Campos Eletromagnéticos e População, Rússia, p.29-75.
9. GRYGORIEV, Yuri. O Comitê Nacional da Rússia de Defesa ante as Radiações Eletromagnéticas e problemas da Segurança Eletromagnética da População. Proc. 3^{ra} Conferencia Internacional "Campos |Eletromagnéticos e Saúde. Pesquisas Fundamentais e Aplicadas". Moscou, Rússia, 2002, p.27.
10. HYLAND, G.J – **Celulares e Saúde**. Dezembro 1999. Disponível em <www.emfguru.com/EMF/hyland/hyland.htm>. Acesso em: 27 set 2001.
11. KALUGINA, A.B. Aspectos sociais do problema de avaliação dos impactos na população dos campos eletromagnéticos não ionizantes. Centro científico médico radiobiológico da Academia de Ciências da Rússia, Obninsk, Rússia. Proc. 3^{ra} Conferencia Internacional "Campos Eletromagnéticos e Saúde Humana. Pesquisas aplicadas e fundamentais". 17-24 setembro 2002, Moscou, Rússia. p.28.
12. MARSALEK E. A precautionary consensus-model for mobile-phone-installations. EC/WHO/NIEHS-meeting. Application of the Precautionary principle to EMF, Luxembourg Feb. 23, 2003 <http://europa.eu.int/comm/health/ph_determinants/environment/EMF/Conf24_26feb2003/marsalek.pdf> Acesso em: 1 maio 2004.
13. MUNTANE, M.M- Nueva estrategia industrial para proteger la salud humana de la radiación emitida por las estaciones base de telefonía móvil. Disponível em www.geocities.com/club22.geo/nueva_estrategia_industrial_febrero_2002.html> Acesso em: 26 maio.2004
14. LAI H, HORITA A, GUY AW. Microwave irradiation affects radial-arm maze performance in the rat. Bioelectromagnetics 15: 95-104, 1994.
15. ROSS A., Review of Radio Science, 1996-1999. Oxford Univ.Press, 1999, pp 845-872.
16. S0nPiN 2.2.4/2.1.8.055-96 Réguas e Normas Sanitárias "Radiações Eletromagnéticas da Faixa de Radiofrequências". Ministério da Saúde da Rússia, 1996
17. SALFORD, L., BRUN, A., STURESSON, K., EBERHARDT, J.L. and PERSSON, B.R. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, 200Hz. Microscopy Research and Technique 27:535-542, 1994
18. SOMOV, A. Risco voluntário e forçado das radiações eletromagnéticas do sistema móvel celular. Proc. 3^{ra} Conferencia Internacional "Campos Eletromagnéticos e Saúde Humana. Pesquisas aplicadas e fundamentais". 17-24, setembro 2002, Moscou, Rússia. p.115.

**FENOMENOLOGIA DO DE-
SASTRE
TECNOLÓGICO: RISCO E
PRECAUÇÃO EM SAÚDE**

**FENOMENOLOGIA
DO DESASTRE
TECNOLÓGICO: RISCO E PRE-
CAUÇÃO EM SAÚDE**

Renato Rocha Lieber e Nicolina Silvana Romano-Lieber

FENOMENOLOGIA DO DESASTRE TECNOLÓGICO: RISCO E PRECAUÇÃO EM SAÚDE

Renato Rocha Lieber e Nicolina Silvana Romano-Lieber

SUMÁRIO: 1. Introdução; 2. Acontecimento e evento; 3. Evidência e incerteza; 4. produção do conhecimento científico; 5. Desastre Tecnológico; 6. Sociedade de risco; 7. Princípio da precaução; 8. Considerações finais.

A exposição a seguir não tem propósito normativo ou doutrinário. Enquanto abordagem fenomenológica para os desastres, o pressuposto é que o conhecimento decorre de uma co-emergência do fenômeno e de seu observador. Sendo assim, as questões colocadas, longe de buscar explicações imediatas, tentam não deixar que a dúvida se perca, traduzindo o entendimento como um processo.

O processo escolhido foi partir da distinção de conceitos, como “acontecimento” e “evento” para mostrar a diferença entre “causa” e “contexto”. Com isto, o enfoque cientificista é objetivamente criticado, de acordo com os pressupostos do próprio método da produção de conhecimento científico. A condição de “incerteza” presta-se como interstício de ligação para as exposições subsequentes, mostrando o papel político da ação social através das idéias de risco, precaução e efetivação do juízo.

217

1. INTRODUÇÃO

Desastres são acontecimentos ou fatos singulares caracterizados por diferentes prejuízos, entre os quais aqueles relativos às condições favoráveis à vida. Embora os desastres possam atingir qualquer ser vivo indistintamente, a condição social de homem o particulariza. Neste, por um lado, articulam-se os prejuízos materiais, morais, físicos e emocionais, de forma que os sobreviventes configuram com frequência quadros patológicos específicos, como o estresse pós-traumático¹. Ao mesmo tempo, o homem conta com ação social. Graças à ordem do Estado, das instituições e mesmo das redes interpessoais nas comunidades, o homem convive melhor com as incertezas, com os infortúnios e se habilita mais facilmente à recuperação do seu papel

¹ Estresse pós-traumático corresponde a uma síndrome, comum entre sujeitos envolvidos em acontecimentos catastróficos, de forma individual ou coletiva, abrangendo desde a perda de conjuge, queimaduras graves até danos mais coletivos como aqueles decorrentes de conflitos bélicos ou desastres naturais. Revisões de literatura médica, procedimentos de defesa civil e outras medidas são reunidas pela Organização Mundial da Saúde em www.who.org

social uma vez superada a *crise*. Desastres, portanto, não são mero fenômenos naturais. Enquanto algo que emerge no meio social, os desastres interrogam a sociedade em seus meios e propósitos, tanto por aquilo que (não) se fez antes (a prevenção e a precaução), como naquilo que (não) se faz durante (a gestão da crise) ou depois (as transformações necessárias).

Desastres, enquanto acontecimentos, acontecem. Ou seja, a menos que se trate de um atentado ou sabotagem, o desastre pressupõe uma condição acidental, onde há falta de intencionalidade para aquilo que se expressa. Nesse entendimento, é uma falha conceitual buscar-se “a causa” do desastre. *Por que* o desastre se deu nesse instante e não em outro ou atingiu essa pessoa e não outra, só se explica pelo *acaso*, ou “falta de causa”, como quis Aristóteles na antiguidade. A questão necessária, objeto da ciência, é *como* se dá o desastre. Ou seja, como diferentes circunstâncias são reunidas, se articulam num *processo* e resultam no desastre. A ciência tenta, portanto, aproximar-se da natureza do fenômeno a partir da configuração do *contexto*, cuja forma possibilita o *acaso* que leva ao desastre.²

Cada um dos diferentes aspectos que formam o contexto são insuficientes por si mesmos para possibilitar o desastre. A idéia de atribuir-lhes condição de “causa”, portanto, sob o ponto de vista prático, fica impossibilitada. Além disso, o papel contributivo ou de preponderância de cada aspecto do contexto para o desastre não pode ser entendido apenas por ele mesmo. O que é favorável numa situação pode ser prejudicial em outra. As contribuições de contexto, portanto, só podem ser entendidas no processo, ou na forma como cada uma delas se articula com as demais. Sendo assim, cada fator de contexto configura-se como uma “contribuição incerta” ou, mais precisamente, como um *fator de risco*.

Em síntese, uma compreensão científica do desastre implica em entendê-lo como fato único, ou acontecimento, onde fatores de risco configuram um contexto próprio para um acaso perigoso. Exemplificando, um sujeito que morre soterrado numa encosta desmoronada em dia de chuva é fato único. Mas a presença do sujeito, a chuva, a natureza da encosta, as possibilidades de socorro e outros aspectos são fatores de risco, pois a concomitância deles, embora não suficiente para aquela morte, foi necessária.

2. ACONTECIMENTO E EVENTO

As proposições científicas decorrem de inferências dedutivas. A análise de um fato singular deve sugerir a generalização, cuja validade depende de observações ou experimentos posteriores, sempre singulares. No caso de um desastre, ainda que as condições de contexto se reproduzam, nenhum cientista pode dar “certeza” do seu resulta-

² Lieber RR. & Romano-Lieber NS. Acidentes e catástrofes: Causa ou fatores de risco? ver em www.bvs-sp.fsp.usp.br/tecom/docs/2001/lie001.pdf

do. Na melhor das hipóteses, a ciência permite uma medida da incerteza. Em outras palavras, cada fator de risco pode configurar uma *probabilidade* de desastre. Como?

Para configurar uma probabilidade, se faz necessário uma série histórica. Todavia, como cada desastre é um acontecimento único, uma série histórica não é possível a menos que se reduza o acontecimento à uma coleção de fragmentos passíveis de observação sistemática ao longo do tempo. Estes fragmentos são os *eventos*. Eventos são a presença ou não de dado fator de contexto. Se uma situação reúne vários eventos antes presentes em outros desastres, pode-se afirmar que esta também é catastrófica?

A rigor não. Primeiro porque um evento qualquer (presença/ausência de fator de contexto) não determina, mas apenas possibilita o acontecimento. Segundo, o fato de um evento ter sido encontrado não exclui o fato de o mesmo evento poder ser encontrado em outras situações não catastróficas. Na melhor das hipóteses, pode-se formalizar uma probabilidade, dividindo-se o total de catástrofes pelo total de ocorrências). E terceiro, como visto, o evento, referindo-se ao fator de contexto, só tem sentido na configuração do processo. Por isso, o entendimento depende de uma construção de sentido, aquilo que se conhece como *teoria*. Por exemplo, a “fase da lua” é algo que permite uma série histórica, presente ou ausente em desastres. Todavia, a “fase da lua” só é fator de contexto (ou evento válido) se uma implicação puder ser estabelecida, dentro de uma acepção lógica no conhecimento existente. Logo, “fase da lua” pode possivelmente ser fator de contexto para maremoto, mas dificilmente o será para incêndio ou explosão. Isto porque, há uma teoria possível no primeiro caso (forças gravitacionais) mas não há ainda para o segundo caso.

Do exposto, fica claro a importância da articulação entre o fato empírico e a proposição teórica para o entendimento dos desastres. Se a teoria se presta ao entendimento do desastre, o desastre se presta à teoria, confirmando ou refutando os seus pressupostos. Isto ocorre particularmente no desastre tecnológico, resultado do uso da ciência. Antes de se examinar esta particularidade, convém rever como a ciência moderna convive com a incerteza e produz conhecimento a partir das evidências empíricas.

3. EVIDÊNCIA E INCERTEZA

Os processos e práticas estabelecidos pela ciência moderna subentendem a formulação de hipóteses e a verificação empírica. Tal orientação hipotético-dedutiva capacita (embora sem suficiência) o pesquisador ao prognóstico, ao fazer uso de teorias. Ao mesmo tempo, ela condiciona a necessária contingência de todas as afirmações científicas, caracterizadas sempre como um conhecimento provisório e sujeito a revisão.

Tratando-se de conhecimento científico, portanto, evidência e incerteza se articulam, pois aquilo que se apresenta, se apresenta graças ao recurso científico, ele próprio contingente e, ao mesmo tempo, instrumento da constatação da contingência daquilo que havia se verificado até então. A realidade que se descortina com o uso de

uma lupa dissipa-se com o uso do microscópio ótico ou ganha novos sentidos quando iluminada por comprimentos de onda que escapam à visão. Em suma, a cuidadosa apreensão pelos sentidos e o pleno consenso entre os observadores não garante o conhecimento da coisa. Este foi um dos legados de Galileu (1564-1642) à ciência moderna, graças às suas observações astronômicas decorrentes do seu invento. Todavia, mais importante que o instrumento em si, foi a forma de criá-lo. Galileu concebeu um telescópio sem jamais ter sido um polidor de lentes e o faz a partir de relações geométricas, na precisão matemática e não na tentativa e erro do ato empírico, próprio de sua época. A partir daí, o mundo pensado e o mundo vivido deixaram de ser incompatíveis, como supunha-se desde a Grécia antiga, e a realização humana ganhou uma perspectiva ilimitada de realização, porque a capacidade de imaginação é infinita. Consequentemente, o empirismo abnegado, limitado ao que é, como da alquimia, perdeu toda a pretensão de ciência. Ao mesmo tempo, a humanidade tornou-se capaz de manipular não apenas a natureza do mundo mas a sua própria, como demonstra a intervenção nos genomas.

Mas qual é o significado deste paradoxo de libertar-se das possibilidades do mundo real para dominá-lo? Ou melhor dizendo, no que consiste essa incerteza decorrente deste paradoxo? Se evidência e incerteza se articulam como verso e reverso na ciência moderna, é a análise deste processo que possibilita algum entendimento.

4. PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Entender o processo da produção do conhecimento científico é uma necessidade não apenas daquele que faz ciência, mas também daquele que faz uso dos seus resultados, submetendo alguém ou submetendo-se ele próprio aos seus prognósticos. Como foi ensinado por Poincaré (1854-1912)³, a convergência entre a evidência empírica, em sua circunstância particularíssima da observação controlada, e o mundo real vindouro, objeto de circunstâncias próprias daquele novo tempo, só pode se dar pela ponte da formulação teórica. Aquilo que foi obtido no laboratório tem significado restrito à própria observação, sempre sujeita ao erro. É por isso que não se admite em ciência nenhuma extrapolação pura e simples daquilo que se observa. (figura 1A). No resultado empírico não há a “verdade” do fenômeno, cabendo à imaginação encontrá-la com o recurso da perfeição do cálculo matemático. A proposição teórica, portanto, é a “verdade do fato”. É verdade porque é perfeita, é perfeita porque é matemática e pertence ao fato porque o mundo empírico liga-se à ela por relações perfeitas (interpolação matemática ajustada). Além disso, ou sobretudo por isso, é verdade “porque funciona”, conforme o pragmatismo de Bacon (1561-1626), e possibilita um “mundo novo” fatural, graças à extrapolação que a função matemática permite (Figura 1B).

³ Poincaré, H. (1902) *A ciência e a hipótese*. 2ed, Brasília, ed. UnB, 1988.

Todavia, existe uma outra “verdade” contida no processo. A escolha da função matemática (ou relação teórica) não é um processo meramente decorrente das evidências fatuais. O cientista não só usa um conjunto de gêneros de funções preestabelecido, como também “ajusta” ou “concilia” suas observações com a função pretendida. Ao se excluir o “idiossincrático”, salva-se o paradigma teórico. Além disso, a pretensa perfeição do processo de passagem do dado empírico para o teórico, decorre do pressuposto de uma lógica no erro! Em outras palavras, as evidências contêm erros, mas estes erros são todos da mesma natureza, basta, por exemplo, minimizá-los (processo dos mínimos quadrados, por exemplo).

Não surpreende, portanto, que o “mundo criado” seja catastrófico. Surpreendente é o fato do automóvel rodar como pretendido! Ou, rodar quase sempre assim! Em síntese, é próprio do uso da ciência, a possibilidade de um desastre particular, o desastre tecnológico.

5. DESASTRE TECNOLÓGICO

Desastres tecnológicos distinguem-se não apenas dos desastres naturais, como sugere o senso comum, mas também de desastres *técnicos*. Isto porque, tecnologia não é o mero uso de técnicas.

A palavra “técnico” deriva do grego “*tekhnikós*”, cujo uso equivalente latino é “*ars*”, dando origem ao termo “arte”. Técnica pressupõe habilidade, reprodução, virtuosidade. A condição técnica é própria de um artesão. O artesão, quando constrói um barco, o faz conforme uma “arte” consolidada. Se o barco naufraga, o desastre é técnico, pois faltou a perfeição reprodutiva de uma tradição aceita.

A tecnologia é algo muito diferente. A tecnologia é o resultado do traspasse entre o mundo empírico (próprio ao lidar técnico) e o mundo imaginado (próprio à reflexão), iniciado por Galileu no século XVII ao criar o telescópio. A partir dele, a imaginação, como visto, estabeleceu o novo referencial para fazer as coisas. Foi possível inventar-se um mundo novo, correspondendo aos objetos, máquinas, materiais ou mesmo seres vivos absolutamente artificiais, cuja disponibilidade, de uma forma ou de outra, facilita a existência.

Todavia, esta mesma imaginação, embora infinita, não se dá de forma completa. O mundo empírico continua a surpreender pela sua extravagância. A efetiva descoberta científica, possível na medida que se avança na prova das possibilidades da teoria, é o resultado inaudito, contrário aos pressupostos existentes e, portanto, sempre um “desastre” sob o ponto de vista formal (figura 1C). A nova teoria, agora mais completa, será, da mesma forma, submetida aos novos limites, até mostrar-se insuficiente na efetividade do “seu desastre”, recomeçando o ciclo.

Sendo assim, este processo de descoberta, ao proporcionar novas e melhores possibilidades, não exclui uma perda de fato, relativa não só às idéias e concepções

incompletas, mas também referente aos objetos e seres vivos colocados à prova. Se uma simples relação de custo-benefício pode ser estabelecida para os primeiros, o mesmo não pode ser feito em relação às existências, em particular à do homem, cujo pressuposto é a dignidade.⁴

A tecnologia, portanto, facilitando a existência e prolongando a vida, decorre da força imaginativa da teoria científica, cujo avanço em validade depende do confronto empírico, por natureza, desastroso. As implicações do desastre dependem, como mencionado, daquilo que se faz antes, durante e depois dele. As relações de custo-benefício, por sua vez, dependem das possibilidades de retorno econômico da nova descoberta ou proposição teórica decorrente. Este retorno se efetiva na sociedade e será maximizado com a nova teoria levada agora ela mesma aos seus limites de predição. Como este limite é desconhecido de antemão, configura-se uma situação de incerteza ou de risco. A generalização desta situação singular abre espaço para o surgimento daquilo que veio a ser conhecido como “*sociedade de risco*”.

6. SOCIEDADE DE RISCO

A expressão “*sociedade de risco*” foi cunhada pelo sociólogo alemão H. Beck em 1986⁵ e tornou-se referência obrigatória no estudo contemporâneo do “risco” nas ciências sociais. Sua análise dos problemas da sociedade contemporânea e do papel do “risco” cobre diferentes áreas, tratando de várias questões atuais, como contingência, ambivalência, pluralismo e individualização.

O termo “*sociedade de risco*” é introduzido como uma forma de tentar definir o momento presente, farto de perigos ambientais e das inseguranças decorrentes do processo de modernização, pois, no seu entender, a modernização envolve não apenas mudanças estruturais, mas também a transformação das relações entre estruturas sociais e seus agentes. Assim, observa-se as classes sociais perdendo referência, sendo substituídas pela condição de “classes de risco”, onde a distribuição de “risco” toma o lugar do processo da distribuição desigual de riqueza.

Para Beck a produção e a distribuição de riqueza é inseparável da produção de “risco” e da sua distribuição nas esferas ecológica e psicosocial. Ele argumenta que a cada avanço na produção tecnológica surge um novo “risco” imprevisível de degradação dos recursos ambientais, criando demanda para mais cientificismo na produção. O processo acaba se configurando numa geração contínua, “*algo como um jogo auto-mantido entre o risco e economia*”. Assim, medo e sua sociedade são meramente simbólicos e independem do seu contexto para satisfazer as necessidades humanas. Para ele, proliferação de riscos decorre do fato do processo de inovação tecnológica ter perdido o controle social, convertendo-se em solução para qualquer problema. A

⁴ O uso de organismos vivos pela ciência, seja de qual for a natureza, sujeita-se a normas e recomendações de procedimentos (bioética). Envolvendo pessoas, há restrições específicas a serem observadas por força de Lei. Ver exposição detalhada em www.bioetica.ufrs.br

⁵ Ver Beck U. (1986). *Risk Society: Towards a New Modernity*. SAGE Publications, Newbury Park, 1992.

sociedade virou um laboratório em que ninguém mais se responsabiliza pelos resultados das experiências. Por isso, ele clama por uma “cultura de incerteza”, distinta daquela mantida até agora, limitada entre a adoção do controle do “risco” marginal (seguro) por um lado e a adoção de barreiras à inovação, ou de segurança absoluta (o não “risco”), por outro.

A obra de Beck é ampla e extensamente discutida. O entendimento das implicações depende de outros conceitos, em particular da distinção entre a perspectiva objetivista e subjetivista para o significado de risco. Risco não é um mero cálculo de probabilidade, mas é também uma construção social, ditando o que é e o que não é perigoso, própria para exercício do poder.⁶

Em síntese, a lógica de mercado, converte o conhecimento científico em mercadoria, ao transformá-lo em tecnologia. Como em toda lógica de mercado, os retornos marginais (lucro) são sempre decrescentes e o empreendimento capitalista depende de inovações para superação das suas crises inevitáveis, conf. Schumpeter (1883-1950). A exposição social aos desastres tecnológicos, portanto, decorre desse convívio cada vez mais próximo com o “mundo de descoberta” (figura 1C), antes próprio ou exclusivo ao laboratório. Nestes termos, o significado do risco vai muito além do aspecto científico ou mesmo da aceitação pessoal. É o projeto social que está em jogo e, assim sendo, trata-se de um problema político, como sugere a proposta do “*princípio da precaução*”.

7. PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Princípio da precaução (PP) é uma diretriz que se generaliza no mundo da ciência aplicada, onde as relações, cada vez mais, se exprimem em termos de “riscos” ao invés de “causas”. Isto por que, enquanto o risco se configura por relações probabilísticas, o cálculo da probabilidade por si mesmo é apenas capaz de dimensionar a incerteza, mas não de excluí-la. Há sempre algo em todo fenômeno que não se pode medir, pois é desconhecido. Logo, como proceder cientificamente em relação ao que se ignora? Agir com “prudência”, ou com “virtude”, é a resposta que se dispõe. O “princípio da precaução” é, em síntese, a relação entre esse agir virtuoso e a natureza do conhecimento científico sempre incompleto.

As primeiras propostas para uso do PP surgem na Alemanha nos anos 70, originalmente para se lidar com alguns problemas ambientais específicos. A partir dos anos 90, o uso do PP ganhou maior destaque na França, quando se denunciou sérias contaminações de sangue e de hemoderivados por HIV. Todavia, só em fins do ano 2000, a Comunidade Européia chegou a um consenso, possibilitando a reformulação das legislações nacionais pelos diferentes membros. Hoje, o seu emprego alcança as mais diversas áreas de proteção à saúde, orientando desde o uso

⁶ Lieber RR & Romano-Lieber NS O conceito de risco: Janus reinventado. In: Minayo MCS & Miranda AC *Saúde e ambiente sustentável: estreitando os nós*. Rio de Janeiro, Ed. Fiocruz/Abrasco, 2002. p.69-111.

⁷ Para revisão recente, ver p. ex. Kriebel D, Tickner J, Epstein P. e col. The precautionary principle in environmental science. *Environ. Health Perspect*, 109:871-6, 2001.

de telefones celulares até o de organismos geneticamente modificados, abrangendo desde a saúde ambiental até a farmacoterapia.⁷

O PP aplica-se onde o risco potencial combina o perigo com a escassez de conhecimentos a respeito da complexidade envolvida. O PP inova ao separar o conhecimento científico da tomada de decisão, ao inverter o ônus da prova e ao criar um contexto normativo novo. O PP não é a “prevenção” por si mesmo (não se pode prever o que não se sabe). Todavia, ele a enfatiza, ao exigir maior formalização do conhecimento do perigo e não a sua mera “gestão”, como propõe a “análise de riscos” nos EUA.

A base conceitual do PP é a “*certeza da incerteza*”. Consequentemente, o PP interfere em diferentes interesses e relações sociais, sendo objeto de intenso debate em diversas áreas de conhecimento. Seu emprego crescente (ou mesmo incondicional) na atualidade decorre sobretudo da crise contemporânea. Por um lado, há demandas por uma vida mais segurança no mundo desenvolvido e, por outro, os empreendimentos na economia capitalista carecem de inovações para vencer os retornos marginais decrescentes. Todavia, as argumentações, prós e contra, focam sobretudo aspectos instrumentais e raramente se atém ao fato que a “certeza da incerteza” no conhecimento científico decorre do próprio processo da sua obtenção, como apresentado acima. Além disso, poucos se dão conta também que o PP não deriva de relações propriamente objetivas. Pelo contrário, ele advém do conjunto de virtudes proposto na Grécia antiga, o qual permitia justificar as ações éticas de cada indivíduo na sua comunidade. Sua introdução no mundo atual, assim, não se dá sem razão.

Na saúde coletiva o PP é o mais forte aliado na prevenção das decisões autoritárias, muitas vezes bem intencionadas mas calamitosas em seus resultados. Expressando cautela sobre o que se dispõe, o PP embasa relações mais equitativas entre os diferentes interesses. Ele constitui por si um forte argumento para refutar o cientificismo, para democratizar a escolha de opções, para promover o avanço das pesquisas em busca de tecnologias mais seguras e, sobretudo, para inovar os procedimentos do uso da ciência no entendimento da natureza e da condição humana.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ciência moderna, com sua inusitada capacidade de predição, tornou-se presente em praticamente todas as esferas do saber, conduzindo iniciativas e orientando decisões com sucessos, mas também com fracassos. O brilho do êxito, em detrimento dos malogros, não decorre apenas da dissimulação das incertezas, nem da mera relação de frequência, como poderia sugerir o pensamento utilitarista. O fato é que, embora a noção de compaixão venha sendo pouco a pouco substituída pela idéia de direito universal, as expressões individuais de dor continuam carentes na capacidade de tradução, particularmente num contexto em que o embotamento converteu-se em estratégia defensiva. Logo, são os desastres, com seus impactos e magnitudes sociais, que reposicionam as per-

cepções, constituindo, por vezes, a rara oportunidade de manifesto legítimo de aflições há muito represadas. Todavia, nem a dimensão do acontecimento, nem a grandeza do clamor são suficientes para promover transformações efetivas. É o pressuposto da equidade, alvo permanente da tradição ocidental, que fomenta a relação política, dando impulso às realizações sonhadas. Essa vem sendo a lição da história contemporânea, cujos percalços nas utopias políticas e econômicas terminaram por mostrar que desenvolvimento científico efetivo se dá no plenitude democrática. São as chances de questionamento pela sociedade que possibilitam o seu avanço e não a simples justificação dos meios pelos fins, como é prática no totalitarismo.

A esfera normativa, como não podia deixar de ser, vai refletir a tradição e o contexto social transformador em que se vive. Com a incerteza, explicitamente colocada pela ciência, e com a condição democrática, agora mais plena graças ao exercício de liberdades mais fundamentais⁸, o apelo é a retomada das virtudes. Em outras palavras, é a constatação que a vida social, embora prescindindo das relações objetivas proporcionadas pela ciência, não dispensa as relações subjetivas orientadas pelos valores. O ressurgimento da precaução, um termo de uso mercantil que se emprega no sentido virtuoso da prudência, próprio da *pólis*, mostra o projeto social moderno em vias de transformação. A tradição grega, cuja interrogação era: O que eu faço para ser bom?, torna-se alternativa para a tradição latina: O que eu devo fazer se eu faço correto?⁹ Em síntese, o amparo da sociedade burguesa na exatidão (através da ciência) e nos deveres imanentes e transcendentos (códigos, leis, culpa e pecado) ficou insuficiente. A incerteza reconfigura o espaço do possível. E se para a ciência emerge o novo, para o homem surge a oportunidade inusitada de realização do juízo, configurando aquilo que se entende por responsabilidade.¹⁰

Renato Rocha Lieber,

Professor Doutor do Departamento de Produção da Faculdade de Engenharia da UNESP, campus de Guaratinguetá

Nicolina Silvana Romano-Lieber,

Professora Doutora do Departamento de Prática de Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da USP

⁸ Conf. A. Senn, liberdades fundamentais são aquelas relativas ao corpo, como liberdade de ir e vir ou liberdade das privações como a fome, ver Senn A (1999) *Desenvolvimento com liberdade*. São Paulo, ed. Cia das Letras, 2000. Também H. Arendt enfatiza esta condição, lembrando que a concepção geral de liberdade como liberdade psíquica ou do espírito foi decorrente da fé cristã e sua ênfase no controle da vontade. Ver Arendt, A (1954) *Entre o passado e o futuro*. 5ª. ed. São Paulo, ed. Perspectiva, 2001. p.159.

⁹ Conf. MacIntyre A (1966) *A short history of ethics*. New York, Ed. Touchstone, 1996. pp.94-109.

¹⁰ Ver estudo das implicações da incerteza no âmbito da ação com base na obra de H. Arendt em Lieber, RR. & Romano-Lieber NS. Risco, incerteza e as possibilidades de ação na saúde ambiental. *Rev. Bras. Epidemiol.*, 6(2):121-34, 2003.

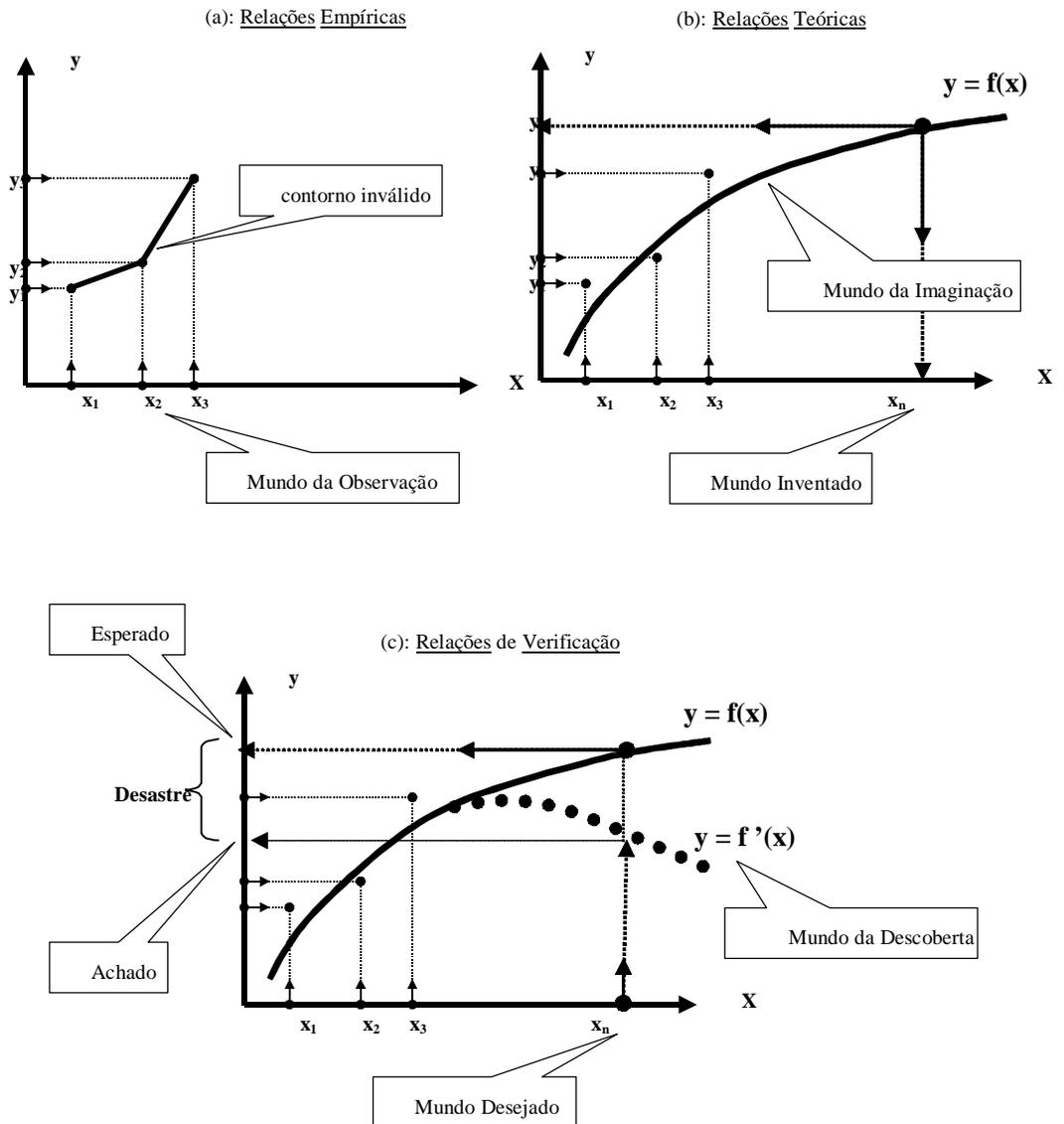


Figura 1: Processo de produção e uso do conhecimento científico. (a) As relações empíricas (X_i e Y_i) correspondem ao mundo observado mas não podem ser extrapoladas, pois contém o erro da observação. (b) Quando uma relação teórica é estabelecida, a extrapolação é possível porque a relação matemática é perfeita, permitindo a invenção do não existente. (c) A verificação empírica da teoria deixa explícito o mundo da descoberta. Quando o achado não confere com o esperado, configura-se o “desastre” e a relação teórica pode assumir uma nova forma, mais completa.

**CEM - CAMPOS
ELETROMAGNÉTICOS -
ASPECTOS LEGAIS E
IMPACTOS SOBRE A SAÚDE**

Ivens Drumond, Guilherme Franco Netto e André Fenner

CEM – CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS – ASPECTOS LEGAIS E IMPACTOS SOBRE A SAÚDE. Perspectivas e sugestões

Ivens Drumond, Guilherme Franco Netto e André Fenner

SUMÁRIO: 1 - Introdução; 2 - Campos Eletromagnéticos; 3 – GT intrasetorial do Ministério da Saúde; 4 - Impactos sobre a saúde; 5 – A vigilância Ambiental em Saúde no Brasil; 6 – Aspectos legais relacionados a normalização da exposição humana a campos eletromagnéticos; 6.1 – Da saúde do trabalhador no Sistema Único de Saúde – SUS; 6.2 – Da Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel; 6.3 – Da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa; 6.4 – Da competência do Ministério da Saúde das Comunicações; 7 – Do Princípio da Precaução; 8 – Perspectivas do Ministério da Saúde; 9 – Considerações finais; 10 – Conclusões; 11 – Referências Bibliográficas

1 - INTRODUÇÃO

Em 1974, a Associação Internacional de Proteção a Radiações (IRPA) organizou um grupo de trabalho sobre radiação não ionizante (RNI), que investigou os problemas originados no campo da proteção contra os vários tipos de RNI. No Congresso da IRPA em Paris em 1977, este grupo de trabalho tornou-se a Comissão Internacional de Radiações Não Ionizantes (International Non-Ionizing Radiation Committee [INIRC]).

Em colaboração com a Divisão de Saúde Ambiental da Organização Mundial de Saúde (OMS), a IRPA/INIRC desenvolveu vários documentos contendo critérios de saúde, como parte do Programa de Critérios de Saúde Ambiental da OMS, patrocinado pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (United Nations Environmental Programme – UNEP). Cada documento inclui uma visão geral das características físicas, técnicas de medição e instrumentação, fontes e aplicações de RNI, uma análise completa da literatura sobre efeitos biológicos, e uma avaliação de riscos de saúde devido a exposição ao RNI. Estes critérios de saúde proporcionaram uma base de dados científica para posterior desenvolvimento dos limites de exposição e dos procedimentos relacionados a RNI.

Como resposta às demandas da sociedade sobre um possível efeito na saúde resultante de um incremento na exposição no número e na diversidade das fontes de campos eletromagnéticos, a Organização Mundial da Saúde iniciou um grande trabalho multidisciplinar de pesquisa. O Projeto Internacional de Campos Eletromagnéticos (EMF Project) pode oferecer um conhecimento atual e fontes acessíveis de informações científicas para o tema.¹

¹ (<http://www.who.int/peh-emf/index.htm>)

Por sua vez, no Brasil, as preocupações da sociedade brasileira quanto à crescente exposição humana de longo prazo aos equipamentos e tecnologias que geram ou veiculam campos eletromagnéticos (CEM) vem exigindo do Ministério da Saúde – MS, por meio da Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde – CGVAM a tomada de decisão quanto aos aspectos normativos, políticos e técnicos relacionados à definição de valores máximos permissíveis de exposição humana.

O tema “campos eletromagnéticos” começou a ser tratado pelo MS em 2002, devido a solicitações da sociedade civil organizada. Neste sentido, o MS realizou um seminário sobre geração de CEM em linhas de transmissão elétrica, sobre nossa coordenação, tendo a participação de diversos setores da sociedade civil organizada, visando aprimorar o conhecimento científico e assessorar no posicionamento e nas teses a serem construídas pelo setor saúde. Esse seminário, tornou-se a primeira ação no sentido de começarmos a definir as formas de proteger a saúde das populações localizadas nas proximidades das linhas de transmissão e subestações de energia elétrica.

Este seminário resultou na edição da Portaria FUNASA n.º 220 de 20 de junho de 2002, na qual constituiu Grupo de Trabalho para propor normas e procedimentos referentes aos limites de padrões máximos de exposição humana a CEM de frequência até 60Hz, geradas em linhas de transmissão de energia elétrica de alta tensão. Tendo como resultado prático a proposta de criação de um outro Grupo de Trabalho com o intuito de avaliar e normalizar os aspectos relacionados à exposição humana a campos eletromagnéticos, em todo o espectro não ionizante. Sendo o mesmo instituído pela Portaria MS n.º 677 de 4 de julho de 2003.

Até o presente momento, em nosso país, o CEM tem tido pouca participação do Governo Federal na regulamentação de aspectos de interesse à saúde, ao ambiente, à ciência e tecnologia, entre outros. Portanto, urge a necessidade de definição de limites máximos de exposição humana a CEM tendo como base o Princípio da Precaução, onde a defesa da saúde humana, a proteção do ambiente e as necessidades tecnológicas, macroeconômicas e do mercado privado possam ser harmonizados pelo governo respeitando não só o capital, mas também o cidadão e os consumidores destes serviços emissores de CEM.

Não é excessivo salientarmos que este processo está circundado de dificuldades na sua gestão, devido a algumas razões, tais como: tema novo para o conhecimento; incertezas científicas; interesses Diversos (Saúde; Minas e Energia; Telecomunicações, Trabalho e Emprego, Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia, Cidades); interface ampla com outros setores; ausência de Estudos Epidemiológicos Brasileiros; ausência de referência normativa brasileira e dificuldade de aplicar o Princípio da Precaução.

2 - CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

Dentro do espectro eletromagnético as radiações são divididas em duas faixas: as ionizantes (que alteram a estrutura da matéria) e não-ionizantes (que não alteram a

estrutura da matéria). Na faixa das radiações não-ionizantes, os campos eletromagnéticos ocupam os níveis de frequência de 0 a 300GHz, onde as principais fontes em baixa frequência(de 0 Hz até 300 kHz) são: linha de transmissão e estação distribuidora/transformadora de energia elétrica. E em alta frequência(de 300kHz até 300 GHz) são as seguintes: estação-rádio-base de celular; unidade de telefonia celular, torre de antena de rádio e TV.²

O Brasil foi um dos países que desde 1999 tem as diretrizes ICNIRP como referência provisória através da Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL), que depois a regulamentou na forma de Resolução n.º 303, de 2 de julho de 2002, considerando o espectro de frequência de 9kHz a 300 GHz. A Suíça e a Itália são exemplos de países que elaboraram suas regulamentações de CEM adotando o “Princípio da Precaução”.

O “Princípio da Precaução” foi redigido no item 15 como um dos princípios na Declaração das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que o Brasil é um dos signatários, pregando, segundo tradução do Ministério das Relações Exteriores do Brasil.

“De modo a proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deve ser amplamente observado pelos estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para postergar medidas eficazes e economicamente viáveis para prevenir a degradação ambiental”.

A OMS apesar de reconhecer a ICNIRP e de ter assumido suas diretrizes, não está satisfeito com os resultados. No entanto, está sensível a questão promovendo uma agenda de investigações que tem como objetivo identificar qualquer efeito dos CEM prejudiciais à saúde e ainda fomentar o “Projeto Internacional Campos Eletromagnéticos”.

3 – GRUPOS DE TRABALHOS INTRASETORIAIS DO MINISTÉRIO DA SAÚDE

O processo de internalização do tema CEM no MS exigiu do gestor habilidade na compreensão de que a matéria é nova, com incertezas científicas, dificuldades na convergência de interesses com outras esferas do governo, e que para contornar as adversidades precisava divulgar e discutir exaustivamente com outros atores sociais e governamentais.

A atuação do MS baseou-se na abertura do debate com a sociedade como a melhor estratégia para dirimir dúvidas e dar clareza e transparência aos fatos, e, assim, melhor atender e proteger a população exposta, da suspeição que envolve agravos à saúde por exposição humana a fontes geradoras de CEM.

² www.anatel.gov.br

Nesse sentido, o Ministério da Saúde instituiu pela Portaria MS n.º 677 de 04 de julho 2003, um Grupo de Trabalho em Campos Eletromagnéticos com o propósito de avaliar e recomendar sobre aspectos normativos relacionados à exposição humana a campos eletromagnéticos – CEM - no espectro de 0 Hz a 300 GHz.³

4 - IMPACTOS SOBRE A SAÚDE⁴

Com a expansão de serviços e produtos que ampliaram a distribuição per capita e a intensidade da exposição humana a CEM, especialmente as tecnologias de telecomunicações a partir do início da década de 90, a comunidade internacional começou a ficar preocupada com os possíveis efeitos na saúde.

Do ponto de vista científico, embora haja evidência experimental de que os CEM alteram os mecanismos fisiológicos das células, prevalece a incerteza quanto à identificação e caracterização de danos permanentes que estas exposições podem causar nos tecidos biológicos, afora os efeitos ditos térmicos.

Estudos epidemiológicos apresentam alguma evidência de que populações que vivem no entorno de linhas de transmissão de energia elétrica (baixa frequência) e os trabalhadores do setor elétrico apresentam maior probabilidade de desenvolver leucemia e câncer de cérebro, respectivamente, do que populações não expostas. Do ponto de vista dos efeitos à saúde relacionados à exposição a CEM de alta frequência, não há ainda evidência de causa-efeito nos estudos epidemiológicos. A OMS/IARC classifica os CEM como provável carcinógeno.

A Comissão Internacional de Proteção contra Radiações Não-Ionizantes - ICNIRP, publicou em 1998 o resultado de uma análise de toda literatura científica publicada sobre o assunto e a editou sob a forma de um documento “Diretrizes para Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos Variáveis no Tempo (até 300 GHz)” Esse documento reflete as dúvidas que envolvem a ciência, e por isso estabelece limites somente para efeitos na saúde em exposição humana de curto prazo (estimulação dos nervos periféricos e músculos, choques e queimaduras causadas por tocar em objetos condutores, e elevação de temperatura nos tecidos), não o fazendo para exposição de longo prazo por concluir “... que os dados disponíveis são insuficientes para prover uma base para fixar restrições à exposição, embora pesquisas epidemiológicas tenham produzido evidências sugestivas, mas não convincentes, de uma associação entre possíveis efeitos carcinogênicos e a exposição à densidade de fluxo magnético de 50/60 Hz em níveis substancialmente inferiores aos recomendados nestas diretrizes”.

Essa controvérsia em torno dos limites de exposição e seus possíveis agravos à saúde, gerou um cenário internacional complexo e não homogêneo, do ponto de

³ Relatório e recomendações das atividades do GT instituído pela Portaria MS 677/03, de 04 de junho de 2003 do Ministério da Saúde, 2004.

⁴ OMS

vista do estabelecimento de padrões de limites de exposição humana a CEM. Havendo países que adotam limites acima daqueles preconizados pela ICNIRP; outro conjunto de países que adotam o padrão de recomendações dessas diretrizes; e outros que julgaram ter razões suficientes para estabelecerem limites abaixo dos recomendados pela ICNIRP, avocando a utilização do princípio da precaução, bem como outros países que ainda não estabeleceram limites.

A possibilidade de uma associação entre a exposição a campos eletromagnéticos de baixa frequência e a ocorrência de câncer em grupos populacionais e de trabalhadores vem chamando a atenção de grande número de pesquisadores em diferentes países. Desde a publicação do primeiro estudo mencionando tal associação (Wertheimer e Leeper, 1979), grande número de pesquisas sobre este tema tem sido realizadas, existindo um grande debate sobre a veracidade ou não de seus resultados.

A OMS argumenta que: “É necessário esclarecer cientificamente os possíveis efeitos sobre a saúde da exposição a campos elétricos e magnéticos estáticos e variáveis no tempo. Os campos eletromagnéticos (CEM) de todas as frequências constituem uma das influências do entorno mais comum e de crescimento mais rápido sobre as quais existe uma crescente ansiedade e especulação. Hoje em dia, todas as populações do mundo estão expostas a CEM em maior ou menor grau, e conforme avança a tecnologia, o grau de exposição continuará crescendo. Por isso, um pequeno efeito sobre a saúde da exposição a CEM poderá produzir um grande impacto na saúde pública”.

5 - A VIGILÂNCIA AMBIENTAL EM SAÚDE NO BRASIL

A Vigilância Ambiental em Saúde (VAS) compreende um conjunto de ações e serviços prestados por órgãos e entidades públicas e privadas que visam o conhecimento e a detecção ou prevenção de qualquer mudança nos fatores determinantes e condicionantes do ambiente que interferem na saúde humana, com a finalidade de recomendar e adotar medidas de prevenção e controle dos fatores de risco relacionados às doenças e outros agravos à saúde da população.

Atualmente, a **Secretaria de Vigilância em Saúde** tem a competência de coordenar o Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde - SINVAS e o estímulo a estruturação da VAS nas Secretarias Estaduais de Saúde, incluindo o ambiente de trabalho, de acordo com a nova estrutura Regimental do Ministério da Saúde instituída pelo Decreto n.º 4.726, de 9 de junho de 2003.

O SINVAS aponta as prioridades para intervenção da vigilância em saúde e estão voltadas para a qualidade d'água para consumo humano, ar, solo, substâncias químicas, fatores físicos (radiações ionizantes e não ionizantes), desastres naturais, acidentes com produtos perigosos, ambiente de trabalho além de fatores biológicos representados pelos vetores, hospedeiros, reservatórios e animais peçonhentos.

Numa iniciativa de desenvolvimento de um modelo de vigilância em saúde relacionado a fatores físicos, o MS estará instituindo um Subsistema Nacional de Vigilância Ambiental relacionado a radiações não ionizantes, no âmbito do SUS com objeti-

vo de acompanhar, detectar e recomendar ações para a redução de riscos causados pelos campos eletromagnéticos.

6 - ASPECTOS LEGAIS RELACIONADOS A NORMALIZAÇÃO DA EXPOSIÇÃO HUMANA A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

A Lei nº 8.080/90 normalizou as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes estabelecendo, inclusive, que a saúde humana tem como fatores determinantes e condicionantes, entre outros, o meio ambiente, o trabalho, acesso aos bens e serviços essenciais e todas as demais ações que se destinam a garantir às pessoas e à coletividade condições de bem-estar físico, mental e social (art. 3º c/c § único).

O art. 6º da mesma lei inclui no campo de atuação do SUS a execução de ações de vigilância sanitária; vigilância epidemiológica; saúde do trabalhador; a colaboração na proteção do meio ambiente, nele compreendido o do trabalho; o controle e a fiscalização de serviços, produtos e substâncias de interesse para a saúde; e, a participação no controle e na fiscalização da produção, transporte, guarda e utilização de substâncias e produtos psicoativos, tóxicos e radioativos.

Mais adiante, define vigilância sanitária como “um conjunto de ações capaz de eliminar, diminuir ou prevenir riscos à saúde e de intervir nos problemas sanitários decorrentes do meio ambiente, da produção e circulação de bens e da prestação de serviços de interesse da saúde, abrangendo: o controle de bens de consumo que, direta ou indiretamente, se relacionem com a saúde, compreendidas todas as etapas e processos, da produção ao consumo; e o controle da prestação de serviços que se relacionam direta ou indiretamente com a saúde.”(art.6º, § 1º)

Depreende-se da leitura acima que cabe ao Ministério da Saúde a proteção e a defesa da qualidade de vida do cidadão, por meio da adoção de um conjunto de medidas para eliminação, diminuição e prevenção de riscos de agravo à saúde individual ou coletiva.

Ademais, o artigo 16 (Lei 8.080/90) é taxativo ao estabelecer como competência da direção nacional do SUS – no caso o Ministério da Saúde -, entre outras, a:

“...participar na formulação e na implementação das políticas de controle das agressões ao meio ambiente; participar da definição de normas e mecanismos de controle, com órgãos afins, de agravo sobre o meio ambiente ou dele decorrentes, que tenham repercussão na saúde humana; estabelecer critérios, parâmetros e métodos para o controle da qualidade sanitária de produtos, substâncias e serviços de consumo e uso humano; controlar e fiscalizar procedimentos, produtos e substâncias de interesse para a saúde.”(incisos II, IV, VIII, XII)

Portanto, não reconhecer a competência do Ministério da Saúde no tocante ao estabelecimento de limites de exposição humana a CEM é desconhecer ou deturpar todo o arcabouço jurídico nacional referente à determinação de políticas públicas de saúde.

6.1 - Da Saúde do Trabalhador no SUS

São direitos dos trabalhadores, urbanos e rurais, a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança (art. 7º, inciso XXII, da CF). A saúde do trabalhador também é citada pela CF expressamente na Seção que disciplina o Direito à Saúde, como competência do Sistema Único de Saúde, consoante dispõe o art. 200, inciso II, *in verbis*:

Art. 200 – Ao Sistema Único de Saúde compete, além de outras atribuições, nos termos da lei:

(...)

II – executar as ações de vigilância sanitária e epidemiológica, bem como as de saúde do trabalhador;

VIII – colaborar na proteção do meio ambiente, nele compreendido o do trabalho.

Por sua vez, o § 3º, do art. 6º, da Lei 8.080/90 conceitua e delimita o campo de atuação das ações em Saúde do Trabalhador nos seguintes termos:

Art. 6 - Estão incluídas ainda no campo de atuação do Sistema Único de Saúde - SUS:

(...)

c) de saúde do trabalhador; e

v – a colaboração na proteção do meio ambiente, nele compreendido o do trabalhador;

§ 3º. Entende-se por saúde do trabalhador para fins desta Lei, um conjunto de atividades que se destina, através de ações de vigilância epidemiológica e vigilância sanitária, à promoção e proteção da saúde dos trabalhadores submetidos aos riscos e agravos advindos das condições de trabalho: abrangendo:

(...)

III - participação, no âmbito de competência do Sistema Único de Saúde - SUS, da normalização, fiscalização e controle das condições de produção, extração, armazenamento, transporte, distribuição e manuseio de substâncias, de produtos, de máquinas e de equipamentos que apresentam riscos à saúde do trabalhador;

IV - avaliação do impacto que as tecnologias provocam à saúde.

(...)

O parágrafo 3º, acima citado, diz expressamente que as ações em saúde do trabalhador serão executadas através de vigilância sanitária e vigilância epidemiológica visando à promoção e proteção da saúde dos trabalhadores submetidos aos riscos e agravos advindos das condições de trabalho.

Dessa forma, também podemos afirmar que saúde do trabalhador e ambiente do trabalho está no campo da Saúde Pública e, portanto, o estabelecimento de exposição ocupacional a campos eletromagnéticos também é competência comum dos três entes federados(União, Estados e Municípios).

Vale lembrar que o art. 200, inciso VI do Decreto n.º 5.452, de 1 de maio de 1943, que aprova a Consolidação das Leis Trabalhistas – CLT já previa as radiações ionizantes e não ionizantes como objeto de medidas especiais de proteção do trabalhador expostos a tais radiações.

Ressalte-se , também, que o Decreto n.º 3.048, de 6 de maio de 1999, que regulamenta a Previdência Social e da outra providências, em seu Anexo II prevê como agentes etiológicos ou fatores de risco de natureza ocupacional os campos eletromagnéticos (Neoplasias – Tumores - Grupo II da CID-10).

6.2 - Da Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel

A Lei Geral de Telecomunicações – LGT, criou a Agência Nacional de Telecomunicações – Anatel, sob regime autárquico especial, vinculado ao Ministério das Comunicações. Cumpre destacar que a LGT positiva a organização do setor de telecomunicações e acima de tudo a política pública federal do setor de telecomunicações, por meio de diretrizes gerais. A política pública federal do setor está condensada no art. 2º da LGT, que estabelece os princípios e os deveres aos quais está sujeito o Poder Público, conforme veremos:

“Art. 2º - O Poder Público tem o dever de:

I – garantir a toda a população o acesso às telecomunicações, a tarifas e preços razoáveis, em condições adequadas;

II – estimular a expansão do uso de redes e serviços de telecomunicações pelos serviços de interesse público em benefício da população brasileira;

III – adotar medidas que promovam a competição e a diversidade dos serviços, incrementem sua oferta e propiciem padrões de qualidade compatíveis com a exigência dos usuários;

IV – fortalecer o papel regulador do Estado;

V – criar oportunidades de investimento e estimular o desenvolvimento tecnológico e industrial, em ambiente competitivo; e

VI – criar condições para o desenvolvimento do setor seja harmônico com as metas de desenvolvimento social do País.

Nesse sentido, em nenhum momento a LGT teve, tem ou terá alguma preocupação com a saúde da população em seu arcabouço legal instituidor. Na verdade, da

⁵ Documento encaminhado pelo Executivo Federal para o Congresso nacional da Lei Geral de Telecomunicações – E M n.º 231/MC, de 10 de dezembro de 1996.

leitura minuciosa da LGT e da exposição de motivos⁵ que o executivo enviou ao congresso como justificativa para sua aprovação, fica patente que seu foco essencial é promover a competição nos serviços de telecomunicações e que não se encontra nada que permita justificar a habilitação da referida agência para estabelecer limites e fiscalizar a exposição humana a campos elétricos e magnéticos.

As Agências nada podem fazer ou exigir além dos limites que lhe são autorizados por lei. Pelo princípio da legalidade no direito brasileiro, “ninguém será obrigado a fazer ou deixar de fazer alguma coisa senão em virtude de lei (CF, art. 5º, II).

Dessa forma, fica evidente que a Anatel violou o princípio da legalidade, eis que não possui função ou competência definida na lei que a criou e na CF para tratar de questões afetas à saúde pública, como muito bem nos ensina o ilustre Advogado Geral da União nos autos da Ação Direta de Inconstitucionalidade n.º 2902, de 17.06.2003⁶, senão vejamos:

“Analisando o ato normativo atacado, verifica-se que houve restrições à emissão de radiação não-ionizante pelas concessionárias responsáveis pelas instalações de antenas transmissoras de telefonia celular, bem como o estabelecimento de injunções à construção das redes transmissoras.

O exame prefacial desse efeito ocasionado pela norma impugnada pode induzir na assertiva de que houve invasão à competência legislativa da União acerca de telecomunicações, pois, indubitavelmente, há prescrições a serem obedecidas pelas empresas concessionárias dos serviços de telefonia celular em sua atividade econômica.

Entretanto, observa-se que os comandos emitidos pela legislação vergastada têm a finalidade de proteger a saúde da população do Estado de São Paulo, diante dos efeitos funestos provocados pela radiação não ionizante. Ora, o valor jurídico protegido pela norma denota que não se trata de legislação acerca de telecomunicações, e sim de saúde pública.”

Ademais, a Anatel não possui função legislativa propriamente dita, somente sendo possível a edição de atos que regulamentem os respectivos contratos de concessão, e desde que sejam os parâmetros estabelecidos na lei. A professora Maria Sylvania Zanella di Pietro *apud*⁷ Advogado Geral da União:

“Com relação à ANATEL e à ANP, pode-se reconhecer sua função reguladora, porque se trata de entidades previstas na Constituição como órgãos reguladores. No entanto, não se pode entender que esses órgãos exerçam função legislativa propriamente dita, com a possibilidade de inovar na ordem jurídica, pois isto contrariaria o princípio da separação dos

⁶ Ação direta de Inconstitucionalidade – ADIM proposta pela Associação Brasileira das Prestadoras de Serviços de Telecomunicações Competitivas, objetivando a declaração de inconstitucionalidade dos artigos 3º, 4º e 5º da Lei n.º 10.995, de 21 de dezembro de 2001, do Estado de São Paulo, diploma normativo que trata da instalação de antenas transmissoras de telefonia celular no referido Estado - membro.

⁷ Parecer elaborado pelo Advogado Geral da União - AGU nos autos da ADIM n.º 2902.

poderes e a norma inserida entre os direitos fundamentais, no artigo 5º, II, da Constituição, segundo a qual ninguém é obrigado a fazer ou deixar de fazer alguma coisa senão em virtude de lei. Ao falar em órgão regulador, esta a Constituição reconhecendo ao mesmo a possibilidade de regulamentar a lei a partir de conceitos genéricos, princípios, standards, tal como as agências norte americanas. Além disso, as matérias que podem ser objeto de regulamentação são única e exclusivamente as que dizem respeito aos respectivos contratos de concessão. Observados os parâmetros e princípios estabelecidos em lei. Não, podem invadir matéria de competência do legislador.”

Por fim, deve-se levar em consideração o princípio da proporcionalidade para resolver a controvérsia desta matéria. No caso de conflito entre dois bens jurídicos protegidos pela Constituição, o que possui maior densidade social deve preponderar sobre o valor de menor eficácia social.

“In casu, a proteção à saúde pública ganha destaque se comparada com os interesses particulares das concessionárias de telefonia celular.”⁸

Vale salientar que, caso se comprove os efeitos nocivos provocados pela exposição humana à campos eletromagnéticos, os agravos e doenças invariavelmente são irreversíveis, e nos casos de possíveis tumores, as seqüelas em regra são permanentes.

6.3 - Da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa

A ANVISA, autarquia de natureza especial, atua como entidade administrativa independente, sendo-lhe assegurada nos termos da Lei n.º 9.782, de 26 de janeiro de 1999, as prerrogativas necessárias ao exercício adequado de suas atribuições. Sua finalidade institucional maior é a proteção da saúde da população por intermédio do controle sanitário da produção e da comercialização de produtos e serviços submetidos à vigilância sanitária, inclusive dos ambientes, dos processos, dos insumos e das tecnologias a eles relacionadas.

São competências da Anvisa, entre outras, estabelecer normas, propor, acompanhar e executar as políticas, as diretrizes e as ações de vigilância sanitária; *estabelecer normas e padrões sobre limites de contaminantes, resíduos tóxicos, desinfetantes, metais pesados e outros que envolvam risco à saúde*; proibir a fabricação, a importação, o armazenamento, a distribuição e a comercialização de produtos e insumos, em caso de violação da legislação pertinente ou de risco iminente à saúde.

Incumbe ainda à Agência, regulamentar, controlar e fiscalizar os produtos e serviços que envolvam risco à saúde pública. *Consideram-se bens e produtos submetidos ao controle e fiscalização sanitária as instalações físicas, equipamentos, tecnologias, ambientes e procedimentos envolvidos em todas as fases dos processos de produção dos bens e produtos submetidos ao controle e fiscalização sanitária.* A Agência também poderá regulamentar outros produtos e serviços de interesse para o controle

⁸ Parecer elaborado pelo Advogado Geral da União - AGU nos autos da ADIM n.º 2902.

de riscos à saúde da população, alcançados pelo Sistema Nacional de Vigilância Sanitária.

Pelo exposto, ainda que se reconhecesse a competência das agências para determinar políticas públicas, a competência para estabelecer limites de exposição humana a campos eletromagnéticos seria da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. Ocorre que, o Decreto n.4.726, de 9 de junho de 2003, confere competência à Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde propor e formular a Política de Vigilância Sanitária do País (art. 29, XII).

6.4 - Da Competência do Ministério da Saúde e do Ministério das Comunicações

No tocante especificamente a execução de serviços e ações sobre saúde e telecomunicações por parte da União, a orientação a ser seguida é a disposta na Lei n.º 10.683/2003 que dispõe sobre a organização da Presidência da República e dos Ministérios, e dá outras providências. Ao Ministério das Comunicações compete executar a: política nacional de telecomunicações; política nacional de radiodifusão; serviços postais, telecomunicações e radiodifusão.

No que concerne ao Ministério da Saúde a lei preceitua competência para: propor política nacional de saúde; coordenar e fiscalizar o Sistema Único de Saúde; *realizar as ações de saúde ambiental* e ações de promoção, proteção e recuperação da saúde individual e coletiva, inclusive a dos trabalhadores e dos índios; pesquisa científica e tecnológica na área da saúde.

É importante notar, também, a definição que a Portaria n.º 410, de 10 de agosto de 2000, que aprova o Regimento Interno da Fundação Nacional de Saúde, em seu art. 92, parágrafo único, deu à Vigilância ambiental, *in verbis*:

“Parágrafo único. Para fins do disposto neste artigo, entende-se por vigilância ambiental como o conjunto de ações que proporciona o conhecimento, a detecção ou prevenção de qualquer mudança nos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente que interferem na saúde humana, com a finalidade de recomendar e adotar as medidas de prevenção e controle dos fatores de riscos e das doenças ou agravos, em especial as relativas a vetores, reservatórios e hospedeiros, animais peçonhentos, qualidade da água para consumo humano, contaminantes ambientais, desastres naturais, acidentes com produtos perigosos, saneamento básico, disposição de dejetos humanos e animais e condições habitacionais.”

Por sua vez, a saúde ambiental tem sua atuação administrativa prevista no Decreto n.º 4.726 de 9 de junho de 2003. O Ministério da Saúde tem a seguinte estrutura organizacional: “... e) *Secretaria de Vigilância em Saúde: Departamento de Vigilância Epidemiológica; e Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde;...*”

Vale ressaltar que todos os aspectos do Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde - SINVAS estão compreendidos na Coordenação Geral de Vigilância

Ambiental em Saúde, da Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde – CGVAM/SVS/MS.

Ora, se afirmarmos diante de todo o exposto, que compete a Anatel, estabelecer limites de exposição humana a CEM visando cuidar da saúde da população e do trabalhador, admitir-se-ia, que as ações desenvolvidas pela Anatel também seriam de caráter de proteção da saúde pública. Por conseguinte estabelecer-se-ia um conflito dentro da Constituição e da legislação infraconstitucional que regem as matérias em debate, vez que as ações de saúde ambiental, de proteção e recuperação da saúde da população brasileira foi inserida pelo legislador constitucional, na seção da Saúde, com competência do Sistema Único de Saúde.

Portanto, nos termos das Leis 10.683/03, 9.782/99 e 8.080/90, compete ao Ministério da Saúde, como gestor do componente federal do SUS, estabelecer limites de exposição humana a campos eletromagnéticos.

7 - DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Todos os dados referente aos impactos ambientais e seus efeitos à saúde da população que as Estações Rádio Base – ERB's provocam, inobstante, estudos científicos que provam o seu grau de nocividade, eles ainda são freqüentemente contestados pelas operadoras de telefonia móvel. Todas essas respostas deveriam ser dadas no Estudo de Impacto Ambiental e no Estudo de Impacto de Vizinhança já que é uma atividade potencialmente poluidora (art. 225, IV da CF 88 e art. 4, inciso VI, da Lei n.º 10.257/01 – Estatuto das Cidades).

Segundo o Ministério Público do Paraná⁹, estes procedimentos são a mais pura expressão do princípio democrático, pois, através do EIA/RIMA e do EIV, a sociedade tem condição de conhecer detalhadamente e discutir todo o processo econômico que pode provocar um relevante impacto ambiental em sua cidade.

Também é a mais pura expressão do princípio da precaução ou da prevenção, pois permite discutir, antecipadamente, os malefícios que uma atividade impactante pode causar e eventuais medidas compensatórias e mitigadoras.

É o dizer de Édis Milaré, *verbis*:

“Tem razão Ramón Martín Mateo quando afirma que os objetivos do Direito Ambiental são fundamentalmente preventivos. Sua atenção está voltada para o momento anterior à da consumação do dano - o do mero risco. Ou seja, diante da pouca valia de simples reparação, sempre incerta, e, quando possível, excessivamente onerosa, a prevenção é a melhor, quando não há única solução”

E continua o eminente jurista ambientalista, *verbis*:

⁹ Parecer do Procurador de Justiça do Estado do Paraná sobre a análise do Processo n° 02000.000562/2002-59 referente a Proposta de Resolução para licenciamento de Cemitérios. Saint-Clair Honorato Santos, 2003

“De fato, não pode a humanidade e o próprio Direito contentar-se em reparar e reprimir o dano ambiental. A degradação ambiental, como regra, é irreparável. Como reparar o desaparecimento de uma espécie? Como trazer de volta uma floresta de séculos que sucumbiu sob a violência do corte raso? Como purificar um lençol freático contaminado por agrotóxicos? Com efeito, muitos danos são compensáveis mas, sob a ótica da ciência e da técnica, são irreparáveis”¹⁰. (grifos)

É também o que ficou firmado na Declaração do Rio na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente - Rio 92, *verbis*:

“Com o fim de proteger o meio ambiente, os estados devem aplicar amplamente o critério da precaução conforme às suas capacidades. Quando haja perigo de dano grave ou irreversível, a falta de uma certeza absoluta não deverá ser utilizada para postergar-se a adoção de medidas eficazes em função do custo para impedir a degradação do meio ambiente.” (grifos)

De igual modo, recentemente, ficou firmado na mesma Convenção da ONU, na chamada CARTA RIO + 10, *verbis*:

“1. POLÍTICAS PÚBLICAS E MEIO AMBIENTE

“Na aplicação do princípio da prevenção, antes da adoção de medidas mitigadoras, deve-se procurar evitar o dano.

.....

O novo conceito de governança exige a democratização do processo de elaboração das decisões públicas, a participação dos diversos componentes da sociedade civil na definição e implementação das políticas públicas e a execução de procedimentos de controle e de estudos científicos independentes.” (grifos)

Segundo Paulo de Bessa Antunes, a questão que deve ser proposta então é:

Não emita uma substância se não tiver provas de que ela não irá prejudicar o meio ambiente¹¹. (grifos)

8 – PERSPECTIVAS DO MINISTÉRIO DA SAÚDE

Na tentativa de regulamentar os limites de exposição humana a campos eletromagnéticos, é importante destacar que existem alguns passos que deverão ser dados para que se alcancem êxitos, em relação à proteção da saúde da população brasileira.

¹⁰ MILARÉ, Edis. *Direito do ambiente*. 2ª ed. São Paulo, RT: 2001. p. 118 -19.

¹¹ ANTUNES, Paulo de Bessa. *Direito ambiental*. 5ª ed. Rio de Janeiro, Lumen Juris: 2001. p. 29.

Primeiro devemos observar que o Projeto Internacional de CEM da OMS, embora seja uma referência, está programado para dar frutos somente em 2007, portanto, a ausência de uma norma nacional - elaborada por quem de direito - setor saúde - que permita estabelecer limites de exposição humana a CEM, e com isso garantir maior nível de segurança sanitária e ambiental, não deve perdurar, sob pena de ser caracterizada como omissão.

Se para a faixa ionizante do espectro é de extrema valia e relevância a existência de norma brasileira, a simples adoção da referência internacional disponível para a faixa não ionizante vem se mostrando insuficiente por não atender ao princípio da precaução na exposição humana, principalmente em médio e longo prazo.

Num segundo momento é necessário desenvolver estudos brasileiros que objetivem estabelecer métodos que subsidiem o licenciamento, o controle das populações expostas o monitoramento e a fiscalização de fontes emissoras de CEM.

Terceiro momento, enquanto os estudos OMS e brasileiros não são concluídos, e devido as incertezas científicas, estabelecer critérios para utilizar o Princípio da Precaução e do Desenvolvimento Sustentável em norma nacional.

Num quarto momento, embora a resolução ANATEL constitua-se na única norma brasileira sobre CEM - como já citado, esta é apenas a tradução das diretrizes ICNIRP - que não se traduz em consenso pela comunidade científica internacional, com o agravante de suprimir a faixa do espectro de 0 a 9kHz, exatamente onde encontra-se a faixa operada pelo setor elétrico de 50/60Hz.

Ademais, esta não atente integralmente as obrigações legais do Ministério da Saúde de proteger a saúde humana por não conter elementos que possamos classificar como de precaução e/ou prevenção; quando aplicada serve tão somente para ato meramente licenciatório, no âmbito da faixa de Radiofrequências; e do ponto de vista de acompanhamento das populações expostas.

Num quinto momento, a sociedade precisa ter um programa de informação dos possíveis riscos que impõe as fontes de CEM, há um apelo da sociedade brasileira para que o SUS se pronuncie de forma precisa em defesa do cidadão, adotando uma postura que traga a necessária precaução às incertezas científicas, até que elas se elucidem, e não sem atender aos interesses do desenvolvimento econômico e tecnológico.

Portanto, o Ministério da Saúde deverá continuar desempenhando seu papel articulador e promotor de eventos que viabilizem a regulamentação dos CEM, principalmente no que é considerado hoje áreas sensíveis, como: imóveis residenciais, creches, estabelecimento de ensino, hospitais, locais de trabalho, asilo, no aguardo de regulamentação mais definitiva.

9 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ante o exposto, procedendo à interpretação das disposições constitucionais e infra-constitucionais em debate, conclui-se que:

a) A resolução n.º 303 de 2 de julho de 2002, na verdade, não regula matéria de telecomunicações e sim possui finalidade de proteger a saúde da população em geral e

ocu-pacional. Logo, não se trata de norma sobre telecomunicações e, sim, de saúde pública;

b) Em realidade, a proteção da saúde da população e do trabalhador estão no campo da Saúde Pública, portanto, competência do Ministério da Saúde no que se refere a direção nacional do SUS, cujas ações encontram fundamento de validade nos artigos 23, II, 196, 197, 198, I e especialmente no art. 200, I, II, VII e VIII;

c) Conseqüentemente, compete ao SUS, fiscalizar as emissões de campos eletromagnéticos, na forma e nos limites estabelecidos pela Constituição e Lei Orgânica da Saúde;

Não se pode olvidar que a saúde da população e do trabalhador assumiu papel fundamental no contexto nacional com a CF 1988. As condições sociais, por sua vez, revelam o respeito à dignidade da pessoa humana, ao cidadão, bem como determinam o nível de qualidade de vida e desenvolvimento de um país, portanto, merece todo o empenho das autoridades públicas competentes e da sociedade para cumprir o papel que lhes incumbem pela ordem constitucional vigente.

Vale ressaltar que os agravos e doenças invariavelmente são irreversíveis, e nos casos de possíveis tumores, as seqüelas, em regra, são permanentes e custosas ao sistema de saúde. Portanto, a prevenção ainda é o meio mais eficaz no combate a agravos e doenças da população.

Portanto, conclui-se que, negar competência ao SUS de estabelecer limites de exposição humana à campos eletromagnéticos, além de contrariar as prioridades estabelecidas na Constituição Federal – no caso a atuação preventiva no cuidado da saúde -, parece-nos ainda ensejar responsabilidade por omissão do poder público. Entendimento diverso implicaria em aceitar que a Anatel tem competência para cuidar da saúde da população e ocupacional eliminando e restringindo a competência do SUS.

10 - CONCLUSÕES

Considerando tratar-se de tema eminentemente intersetorial, o Ministério da Saúde - MS propôs à Casa Civil envio de proposta de elaboração de projeto de lei, medida provisória ou portaria interministerial instituindo uma Comissão Nacional de Bioeletromagnetismo, composta pelos diversos setores relevantes, inclusive a sociedade civil organizada. Os objetivos desta comissão são:

- 1.** definição de estratégias de estabelecimento dos limites máximos de exposição ocupacional e humana a CEM, pelo MS;
- 2.** definição de parâmetros para subsidiar a criação de um GT de Licenciamento Ambiental no Conama relacionado a empreendimentos que gerem ou veiculem CEM;

3. fomento à pesquisa epidemiológica relacionada à exposição ambiental e ao desenvolvimento de alternativas tecnológicas relacionadas a emissões de CEM, com a aplicação de parte dos recursos disponíveis captados na cobrança das tarifas dos usuários dos serviços;

4. criação de um centro nacional de coleta e referência de publicações e trabalhos, visando à disponibilização na Internet e disseminação à sociedade civil de informações sobre CEM;

5. realização de um seminário internacional no ano de 2005, em parceria com a OMS, sob o âmbito do Projeto CEM. (cujas informações podem ser obtidas na página web <http://www.who.int/peh-emf/project/en/>)

**Ivens Drumond,
Guilherme Franco Netto
e André Fenner**

**Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde,
Secretaria de Vigilância em Saúde
e Ministério da Saúde.**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, Paulo de Bessa. Direito Ambiental. 5 ed., Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde. Relatório e recomendações das atividades do GT instituído pela Portaria MS 677/03, de 04 de junho de 2003 do Ministério da Saúde, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde. Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde – SINVAS, 2001. MILARÉ, Edis. *Direito do ambiente*. 2ª ed. São Paulo, RT: 2001. p. 118 -19.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. Direito Ambiental brasileiro. 7ed., São Paulo: Malheiros, 1996.

Parecer do Procurador de Justiça do Estado do Paraná sobre a análise do Processo nº 02000.000562/2002-59 referente a Proposta de Resolução para licenciamento de Cemitérios. Saint-Clair Honorato Santos, 2003

SANTOS, Lenir e CARVALHO, Guido Ivan de. SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE: Comentários à Lei Orgânica da Saúde. 3 ed., Campinas: Unicamp, 2001.

SANTOS, Lenir. Saúde e Meio ambiente. Competências das três esferas de governo. O Sistema Único de Saúde -SUS no meio ambiente. www.idisa.org.br

SCHWARTZ, Germano. Direito à Saúde: Efetivação em uma Perspectiva Sistêmica. 1ed., Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2001.

www.anatel.gov.br

(<http://www.who.int/peh-emf/index.htm>)

Cad. Jur., São Paulo, v 6, nº 2, p. 227-244, abr./jun. 2004

**EFEITOS DAS RADIAÇÕES
ELETROMAGNÉTICAS
EMITIDAS PELA TELEFONIA CE-
LULAR NA SAÚDE HUMANA**

Vitor Baranauskas

EFEITOS DAS RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS EMITIDAS PELA TELEFONIA CELULAR NA SAÚDE HUMANA

Vitor Baranauskas

SUMARIO: 1. O corpo humano como antena receptora; 2. Hipertermia; 3. Cataratas; 4. Câncer; 5. Marca-passos, válvulas e próteses; 6. Referências Bibliográficas.

1. O CORPO HUMANO COMO ANTENA RECEPTORA

O corpo humano é um mecanismo biológico extremamente complexo e, do ponto de vista elétrico, apresenta estruturas de alta condutividade iônica e eletrônica como por exemplo as redes de neurônios, os fluidos sanguíneos, o líquido cerebral, etc.. Por sermos bípedes, isto é, andarmos na posição vertical, funcionamos também como ótimas antenas receptoras para a absorção da radiação eletromagnética. A eficiência da absorção vai depender principalmente das dimensões físicas do corpo e do comprimento de onda da radiação emitida no espaço livre (λ).

Podemos modelar o corpo humano considerando pelo menos quatro diferentes dimensões: a altura de corpo inteiro (relacionada ao sistema circulatório ou ao sistema linfático), o comprimento da coluna vertebral (por onde circula o líquido céfalo-raquiano) a distância cabeça-pescoço (relacionada a barreira hematoencefálica, distribuída no encéfalo e medula espinhal) e as dimensões da caixa craniana.

A Figura 1(a) apresenta, por exemplo, os lóbulos de absorção correspondentes ao sistema nervoso central, considerando a caixa craniana como um dipolo e os axônios da medula espinhal como uma antena longa. A Figura 1 (b) apresenta os lóbulos de absorção de corpo inteiro, correspondentes por exemplo ao sistema circulatório. Como podemos observar, estes lóbulos de absorção casam-se perfeitamente com os lóbulos de radiação da antena do telefone celular ou com a direção das antenas das ERBs (Estações Rádio-Base).

É importante ressaltar que cada ser humano têm dimensões diferentes, e que estes valores variam muito, comparando-se por exemplo, uma pessoa adulta e um bebê. Como a telefonia celular emite radiação com comprimentos de onda entre 33,7 cm e 36,3 cm, pode-se concluir que estes valores coincidem com a ressonância, isto é, a maior absorção na caixa craniana e na barreira hematoencefálica de pessoas adultas, ou na radiação de corpo inteiro em bebês.

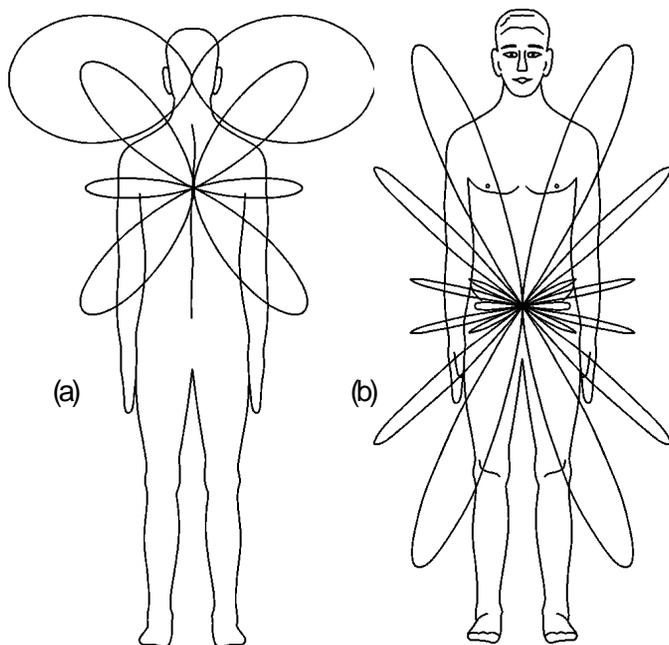


Figura 1(a-b) Lóbulos de absorção de um ser humano na frequência de 825 MHz, considerando (a) o sistema nervoso central (liquor encefalo-raquiano) e a caixa craniana ou (b) considerando o sistema circulatório (veias e artérias) ou o sistema linfático, como antenas.

É importante observar também que várias crianças e adultos possuem também próteses e válvulas, as quais também funcionam como antenas absorvedoras.

Uma vez absorvida, a radiação eletromagnética influencia diversos mecanismos de bio-regulação como por exemplo, a temperatura corpórea, a taxa de hormonal, a atividade celular (replicação do DNA, atividade das mitocôndrias, difusão nas membranas celulares,...) etc.. As alterações vão depender principalmente da frequência da radiação e da frequência de vibração natural das estruturas, células, ou moléculas, além da intensidade dos campos elétrico e magnético. Diferentemente das radiações de fonte naturais como por exemplo o Sol, a radiação eletromagnética produzida pelas antenas têm coerência de frequência, como os lasers, por exemplo. Assim, se houver coincidência da frequência da radiação absorvida com alguma frequência de vibração própria de algum órgão, tecido, ou fluido do organismo humano, os resultados poderão ser catastróficos.

De uma forma não seletiva, mas igualmente prejudicial, a absorção da radiação também provoca a hipertermia (aquecimento excessivo), produzindo diferentes temperaturas nas diversas partes do complexo corpo humano.

2. HIPERTERMIA

As microondas, ao serem absorvidas pelo organismo humano, geram aquecimento, ou seja, aumentam a temperatura corpórea. Este aquecimento não é homogêneo pois os tecidos ou órgãos têm diferentes taxas de absorção específica (TAE). A temperatura final depende também da capacidade de dissipação da energia absorvida, e está relacionada com a capacidade de termo-regulação de cada um destes sistemas, assim como das condições fisiológicas de cada indivíduo.

Um exemplo simples para ilustrar a questão das diferentes taxas de absorção é o problema do “frango no microondas”. Pode-se observar que o frango preparado no forno de microondas doméstico pode ter o seu interior completamente cozido enquanto que sua pele continua crua. Isto ocorre porque a pele, por ter muito pouca água, têm uma TAE muito menor do que as partes internas do frango, e como consequência, ainda não está cozida quando, comparativamente, o interior do frango já está pronto.

Da mesma forma, um indivíduo, exposto à radiação de microondas poderá sofrer queimaduras internas sem que nenhuma transformação visível possa ser diagnosticada em sua pele.

O indivíduo saudável possui mecanismos de defesa que podem ser ativados como resposta ao aquecimento desde que ele possa ser detectado e dentro de certos limites. Por exemplo, quando tocamos um objeto quente, ocorre quase que imediatamente, o envio de uma grande quantidade de água para estabilização da temperatura, como pode ser observado pela presença das bolhas nas queimaduras. Esta termo-regulação têm mecanismos diferentes em diferentes órgãos, ocorrendo até mesmo em nível celular. O principal mecanismo é a circulação sanguínea. O aumento da temperatura induz a vasodilatação o que permite um maior volume de sangue irrigado na área atingida. Órgãos de extrema importância, como por exemplo as glândulas e os neurônios, são fácil e irrecuperavelmente danificados com aumento da temperatura. Este é um dos motivos pelo qual o cérebro é irrigado com um volume extremamente grande de sangue.

Um exemplo clássico de termo-regulação é dado pela comparação entre o coelho e o cão de caça. O coelho tem uma velocidade muito maior do que o cão, mas seu nariz, responsável pelo resfriamento do sangue é muito curto, comparado ao do cachorro. Se o coelho não encontrar um esconderijo rápido ele rapidamente desmaia e é alcançado pelo cão.

Dependendo da saúde do indivíduo, da potência de microondas e da região do corpo em que ela é absorvida, a hipertermia pode ser “aparentemente” reversível ou não. Em outras palavras, um sujeito saudável submetido a uma baixa densidade de radiação de microondas terá um aumento da temperatura corpórea, a qual poderá voltar aparentemente ao normal quando o indivíduo se afasta da fonte de radiação. “Aparentemente” neste caso, quer dizer que macroscopicamente o sistema corpóreo restabeleceu seu equilíbrio, sem o desenvolvimento de uma patologia associada. Entretanto, microscopicamente, sabe-se lá quais e quantas estruturas biológicas foram danificadas ou não.

Os efeitos térmicos provocados pela radiação de microondas também contribuem para a alteração psicológica do indivíduo, podendo provocar alterações de comportamento e fadiga.

Portanto, não há nenhuma dúvida na literatura científica de que a hipertermia provocada pelas radiações eletromagnéticas é potencialmente prejudicial à saúde humana [1-9].

Quando se observa ou quando se encosta em um objeto quente, nossa ação espontânea é nos afastarmos deste objeto para prevenir possíveis queimaduras. Sentimos a temperatura por receptores localizados próximos da pele ou visualmente, quando a tem-

peratura é alta. Infelizmente não temos nenhum receptor no organismo para detectar a radiação eletromagnética, a qual também é invisível. A sensação de aquecimento só ocorre onde estão localizados os sensores. Usando um telefone celular junto a cabeça pode-se notar o aquecimento devido aos receptores próximos a pele (pode ocorrer uma diferença de mais de 4 °C quando comparado a temperatura de um lado da cabeça com o outro) mas não podemos detectar automaticamente o aquecimento que ocorre nos neurônios e em outras estruturas cerebrais.

Além das possíveis doenças provocadas pela hipertermia, a radiação eletromagnética também pode provocar outras patologias e nestes casos em níveis de radiação muito mais baixos do que os detectados pelos efeitos térmicos.

3. CATARATAS

O olho humano é um órgão extremamente complexo formado pela córnea, humor aquoso, cristalino, humor vítreo, retina, nervos ópticos e músculos (vide Figura 2). A proteína estrutural da córnea e da lente é o colágeno, que é basicamente a mesma molécula que forma os ossos, por exemplo. Para que a córnea e a lente possam ser opticamente transparentes as moléculas de colágeno são orientadas de forma bastante complexa e específica, com uma hidratação entre as moléculas bem definida. A água e o colágeno também são os componentes do humor vítreo.

Figura 2 Estrutura básica do olho humano



A córnea e o cristalino são portanto estruturas muito delicadas e que devem estar sempre bem hidratadas. A função do piscar da pálpebra, por exemplo, serve principalmente para garantir a umidade da superfície da córnea. A irrigação sanguínea nestas estruturas é ausente pois a vascularização prejudica a transparência dos mesmos.

Portanto, no caso da córnea e do cristalino, existem dois fatores que potencializam os danos da radiação de microondas, que são: a necessidade de hidratação e a baixa irrigação sanguínea. Outro aspecto importante é a dificuldade de regeneração destes tecidos quando desidratados. Com a eliminação da água, as fibras de colágeno se aproximam e enrolam-se entre si formando uma adesão molecular bastante forte. Tanto a córnea quanto a lente perdem a sua estrutura molecular característica que lhe garantiam a transparência óptica e passam a ter um esbranquecimento (opacidade), cuja transparência é irreversível.

Os processos de catarata podem ocorrer também devido a mecanismos de iniciados por outros fatores, como por exemplo, problemas vasculares, deficiência

imunológica, envelhecimento etc. Pessoas que já tenham estas deficiências vão ter também os efeitos da radiação de microondas somatizados.

A literatura científica sobre a catarata induzida por radiação de microondas é bastante vasta [10-18].

4 . CÂNCER

As células humanas em um indivíduo saudável estão em constante reprodução pois este processo representa a vitalidade que envolve o crescimento, o desenvolvimento e manutenção dos diversos órgãos, tecidos, ou fluidos do corpo. As células que cumpriram seu tempo de vida ou que foram danificadas por agressões internas ou externas ao organismo são substituídas pelas novas. As informações para que as células se reproduzam estão basicamente contidas em seu DNA, o qual é transmitido para as células seguintes. Entretanto, por algum tipo de influência, a reprodução pode levar a células “diferentes”, com alterações no DNA, na quantidade de gens, ou da morfologia. Se o sistema de auto-defesa (sistema imunológico) do indivíduo estiver atento, esta célula “diferente” será descoberta e destruída. Se isto não ocorrer, as células “diferentes” terão a possibilidade de se reproduzir, formando uma grande quantidade de células “diferentes” as quais podem se disseminar para outras partes do corpo ou formar aglomerados, denominados tumores. Os aglomerados de células “diferentes” vão agir como partes de um corpo completamente estranho ao corpo do indivíduo original, provocando alterações irrecuperáveis na fisiologia das partes envolvidas. Como consequência final, se não houver tratamento, levarão o indivíduo à morte.

O processo de multiplicação não controlada de células “diferentes” é denominado de neoplasia. As células “diferentes” são chamadas de “células tumorais malignas” quando a sua atividade multiplicativa é bastante intensa e invasiva.

Em resumo, os fatores principais que podem desencadear o câncer são as alterações no DNA e a deficiência do sistema imunológico. E, infelizmente tanto um quanto o outro podem ser alterados pela radiação eletromagnética.

Como as células humanas possuem funções diferenciadas (para constituir os diferentes tecidos e órgãos do corpo) a reprodução das “células malignas” pode ocorrer em regiões localizadas (pele, seio, cérebro, fígado etc.), nos fluídos (sangue) ou em todo o corpo (metástase). Consequentemente, os efeitos da radiação eletromagnética também serão diferentes, nas diferentes partes do corpo.

O uso de uma antena de um telefone celular próximo à cabeça, certamente trará maiores consequências da radiação sobre as regiões do cérebro e aos nervos da mão (que segura o aparelho) do que às outras partes do corpo. Devido a este motivo, o risco de câncer cerebral deve ser maior em usuários de telefone celular. A dificuldade de comprovação direta entre a radiação de microondas do celular e o câncer cerebral é a óbvia impossibilidade ética de se utilizar cobaias humanas. Mas, na prática, os usuários atuais infelizmente têm sido “cobaias desta tecnologia”.

É importante lembrar que no cérebro humano estão localizadas a hipófise e a pineal, que são glândulas responsáveis pela secreção de dezenas de hormônios, esteróides ou não. Estes hormônios influenciam diretamente as funções celulares assim como diversas funções fisiológicas e até psicológicas do ser humano. Portanto através da disfunção dos mecanismos hormonais, a incidência de radiação no cérebro pode levar a diferentes mecanismos de ativação celular que podem originar células “diferentes” em outras partes do corpo, além do próprio cérebro.

Estudos científicos em humanos apontam, por exemplo, que quando a antena está a 2 cm de distância da cabeça do usuário, entre 48-68% da radiação emitida pelo telefone celular é absorvida por suas mãos ou por sua cabeça [19]. Este fator pode justificar o aumento da incidência de cancer cerebral observada em relação aos usuários da telefonia celular analógica [20]. Os trabalhos de pesquisa prosseguem, procurando identificar correlações entre a posição dos tumores e a posição do uso dos aparelhos, assim como o tempo de latência entre o uso do telefone celular e o diagnóstico do tumor. No caso por exemplo da telefonia celular digital, sua introdução no mercado ainda é muito recente, o que não permite ainda correlacionar seus efeitos em relação aos não usuários (controles) [20].

Estudos científicos em animais, na mesma frequência da telefonia celular, demonstram que ocorrem, alterações no tecido cerebral [21], expressivo aumento na incidência de cancer linfático em camundongos [22], alteração na atividade da ornitina decarboxilase (enzima que regula o crescimento celular normal e que também está

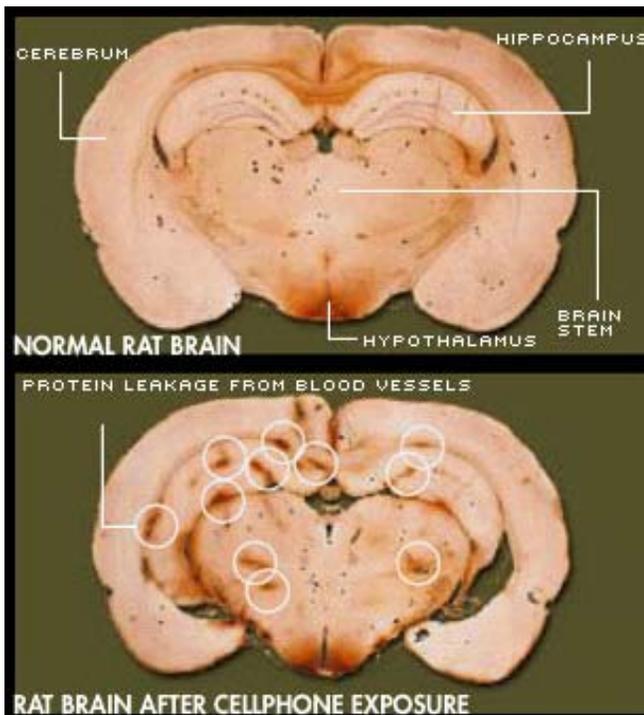


Figura 3 Comparação entre secções histológicas de cérebro de ratos (a) não submetidos e (b) submetidos a radiação de telefones celulares por 2h durante 50 dias em níveis inferiores aos níveis considerados seguros pela indústria. [25]

relacionada com uma maior incidência de câncer) [23], alteração na barreira hematoencefálica de ratos [7, 24] etc.

Pesquisadores na Universidade de Lund, Suécia realizaram a exposição de ratos durante duas horas por dia com a radiação do próprio telefone celular, com dosagens diferentes, todas abaixo dos limites considerados seguros pela indústria. A Figura 3 compara secções histológicas do cérebro dos ratos após o período de 50 dias, com ou sem radiação. Observa-se nos ratos irradiados hemorragias significantes como também áreas de encolhimento da massa encefálica, correspondentes a danos neuronais [25].

Estudos com exposição de ratos na frequência de 2450 MHz (e com baixa intensidade de radiação), demonstram que ocorre rupturas (simples e duplas) na cadeia do DNA das células cerebrais [26-27]. Estas rupturas cumulativas do DNA, tem sido sugeridas como a causa de várias doenças neurodegenerativas no ser humano, incluindo o cancer.

A interação direta entre o funcionamento do cérebro e a radiação eletromagnética pode ser facilmente comprovada por experiências que demonstram que o cérebro humano fica “acelerado” depois de receber radiação eletromagnética [28-29]. Vários usuários também alegam que o telefone celular produz sensações incômodas no cérebro, como por exemplo a sensação de queima. Estas sensações ocorrem na área occipital, temporal ou auricular, e geralmente cessam após uma hora do uso, ou podem durar todo o dia, com recorrência [30].

Pesquisadores demonstraram que a exposição de pacientes jovens por 35 minutos à radiação eletromagnética do telefone celular causou um aumento na pressão sanguínea de repouso entre 5 a 10 mm Hg [31]. Estes resultados indicam que, provavelmente a radiação eletromagnética provoca a constrição das artérias. Portanto pessoas que sofrem de hipertensão terão maior risco de sofrer doenças cardíacas e derrames.

Outro estudo demonstrou que a radiação na frequência de 900 MHz, mesmo em níveis de 50 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$, prejudica as fases do sono responsáveis pela memória e aprendizado. Este efeito adverso pode ser mais sentido pelas crianças que moram próximas das ERBs, pois elas geralmente acordam mais tarde e vão dormir relativamente mais cedo do que os adultos [32].

Visto que a telefonia celular é uma tecnologia recente, ainda não existem na literatura científica estudos epidemiológicos em relação aos efeitos sobre as populações vizinhas das ERBs. Entretanto, no caso das torres de microondas provenientes de outros serviços, existem estudos que verificaram o aumento nos casos de leucemia e da mortalidade associada em relação a proximidade entre as residências e antenas [33].

Finalmente, estudos epidemiológicos feitos em grupos de pessoas que são expostas à radiações eletromagnéticas devido ao seu trabalho profissional, como operadores de radar de rádio etc., demonstraram que há evidência epidemiológica de alteração na razão entre as células brancas e células vermelhas do sangue, incremento da leucemia mielocítica crônica e da leucemia mieloblástica aguda, aumento das magnitudes no sistema hemapoético/linfático, aumento da neoplasia do trato alimentar e aumento da incidência de câncer cerebral [34-36].

É interessante ressaltar que é comum os usuários portarem o seu telefone celular na cintura, com o botão de vigília (“stand-by”) ligado. Apesar de não “estarem falando” o aparelho continua emitindo radiação para se comunicar com a ERB. Neste caso a radiação atingirá órgãos importantes como a próstata e os testículos (para o homem), os ovários e útero (para a mulher), assim como o fígado e os rins. Estudos epidemiológicos futuros deverão concentrar-se também nestes órgãos.

5. MARCA-PASSOS, VÁLVULAS E PRÓTESES

Pacientes que sofrem de alguma arritmia crônica, difícil de ser controlada com remédios, têm necessidade da utilização de marca-passos, implantados em seu organismo. Os marca-passos são circuitos eletrônicos desenvolvidos para fornecer estímulos periódicos ao órgão necessitado.

O tipo mais utilizado é o marca-passos cardíaco mas existem também marca-passos para outras arritmias, como por exemplo as provocadas pela doença de Parkinson. Existem no mercado vários tipos de modelos de marca-passos, sendo os mais sofisticados aqueles que podem fornecer estímulos com várias frequências, em função da atividade física que o indivíduo esteja exercendo no momento. Os marca-passos possuem uma blindagem contra interferências eletromagnéticas mas devido às próprias características do aparelho a blindagem completa não pode ser realizada. Os fabricantes de marca-passos recomendam que seus usuários mantenham-se mais de 16 cm afastados de qualquer telefone celular. Outra recomendação é que também não carreguem o celular nos bolsos das roupas a não ser que ele esteja completamente desligado, isto é, com o botão na posição de desliga (“off”).

É interessante ressaltar que, experiências feitas em músculos cardíacos de rãs, demonstram que a radiação eletromagnética em 900 MHz pode inclusive alterar a frequência natural de contração do próprio músculo [37] ou causar constrições nas artérias humanas [31].

Pacientes que tenham distúrbios não controláveis de hidrocefalia ou de hipertensão encefálica têm necessidade da implantação de válvulas de drenagem do líquido. Estas válvulas, por suas características, podem ter seu funcionamento interrompido por interferências com a radiação eletromagnética pois funcionam como ótimas antenas receptoras. Dificilmente esta interrupção do funcionamento será diagnosticada a tempo pelo médico. Pacientes com próteses metálicas também devem ficar atentos pois estas interferem com a radiação eletromagnética, a qual pode induzir processos eletro-bioquímicos de rejeição que não eram esperados para acontecer no tempo de vida útil previsto para as próteses.

Qualquer outro acessório médico-eletrônico utilizado internamente ou externamente [38], pode ser passível de mau funcionamento devido a interferência com as micro-ondas do telefone celular. Outro problema é que estas interferências podem ser intermitentes, o que dificulta a identificação do seu mau funcionamento.

Vitor Baranauskas,

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. J. Edwards, *Congenital malformations in the rat following induced hyperthermia during gestation*, *Teratology*, 1 (1968) 173.
- [2] M. J. Edwards, *Congenital malformations in guinea pigs: fetal resorptions, absorptions, and malformations following induced hyperthermia during gestation*, *Teratology*, 2 (1969) 313.
- [3] T. S. Ely, D. Goldman, J. Z. Hearon, R. B. Williams, and H. M. Carpenter, *Heating characteristics of laboratory animals exposed to ten centimeter microwaves*, *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, BME-11 (1964) 123.
- [4] C. J. Imig, J. D. Thomson, H. M. Hines, *Testicular degeneration as a result of microwave irradiation*, *Proc. Soc. Exp. Biol.*, 69 (1969) 382.
- [5] S. Baranski, *Histological and histochemical effects of microwave irradiation on the central nervous system of rabbits and guinea pigs*, *Am. J. Phys. Med.*, 41 (1972) 182.
- [6] S. T. Lu, W. G. Lotz, S. M. Michaelson, *Advances in microwave-induced neuroendocrine effects: The concept of stress*, *Proceedings of the IEEE*, 68, 1 (1980) 73.
- [7] J. H. Merritt, A. F. Chamness and S. J. Allen, *Studies on blood-brain barrier permeability after microwave-radiation*, *Rad. Environ. Biophys.*, 15 (1978) 367.
- [8] J. C. Lin, A. W. Guy, L. T. Caldwell, *Thermographic and behavioral studies of rats in the near field of 918 MHz radiation*, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, MTT 25 (1977) 833.
- [9] R. P. Liburdt, *Radiofrequency radiation alters the immune system: Modulation of T- and B-Lymphocyte levels and cell-mediated immunocompetence by hyperthermic radiation*, *Radiation Res.*, 77 (1979) 34.
- [10] A. W. Guy, J. C. Lin, P. O. Kramer, A. F. Emery, *Effect of 2450 MHz radiation on the rabbit eye*, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech*, MTT-23 (1975) 492.
- [11] B. Appleton, S. E. Hirsch, P. V. K. Brown, *Investigation of single-exposure microwave ocular effects of 3000 MHz*, 247 (1975) 125.
- [12] R. L. Carpenter, E. S. Ferri, G. L. Hagan, *Assessing microwaves as a hazard to the eye-progress and problems*, *Proc. Int. Symp. Biologic Effects Health Hazards Microwave Radiation*, Polish Medical Publishers (1974) 178.
- [13] L. Birenbaum, I. T. Kaplan, W. Metlay, S. W. Rosenthal, H. Schmidt, M. M. Zaret, *Effects of the microwaves on the rabbit eye*, *J. Microwave Power*, 4 (1969) 232.
- [14] E. S. Ferri, G. J. Hagan, *Chronic low-level exposure of rabbits to microwaves*, *Proc. URSI/USNC Annu. Meeting*, Boulder CO, (1975) 129.
- [15] F. Hirsch, J. T. Parker, *Bilateral lenticular opacities occurring in a technician operating microwave generator*, *Amer. Med. Ass. Arch. Ind. Hyg. Occup. Med.*, 6 (1952) 512.
- [16] R. M. Lipman, B. J. Tripathi, R. C. Tripathi, *Cataracts induced by microwave and ionizing-radiation*, *Survey of ophthalmology*, 33, 3 (1988) 200.
- [17] M. M. Zaret, *Cataracts following use of microwave oven*, *New York State Journal of Medicine*, 74, 11 (1974) 2032.
- [18] B. Appleton, *Microwave Cataracts*, *JAMA - Journal of the American Medical Association*, 229, 4 (1974) 407.

- [19] M. A. Jensen and Y. Rahmarat-Samii, *EM interaction of handset antennas and a human in personal communications*, Proceedings of the IEEE, 83, 1 (1995) 7.
- [20] L. Hardell, A. Nasman, A. Pahlson, A. Hallquist, K. H. Mild, *Use of cellular telephones and the risk for brain tumours: A case-control study*, International Journal of Oncology, 18, 2 (1997) 132.
- [21] R. P. Blackwell, R. D. Saunders, *The effects of low-level radiofrequency and microwave-radiation on brain-tissue and animal behavior*, International Journal of Radiation Biology, 50, 5 (1986) 761.
- [22] M. H. Repacholi, A. Basten, V. Gebski, D. Noonan, J. Finnie, A. W. Harris, *Lymphomas in E mu-Pim 1 transgenic mice exposed to pulsed 900 MHz electromagnetic fields*, Radiation Research, 147, 5 (1997) 631.
- [23] L. M. Penafiel, T. Litovitz, D. Krause, A. Desta, J. M. Mullins, *Role of modulation on the effect of microwaves on ornithine decarboxylase activity in L929 cells*, Bioelectromagnetics, 18, 2 (1997) 132.
- [24] K. J. Oskar, T. D. Hawkins, *Microwave alteration of blood-brain barrier systems of rats*, Brain Research, 126, 2 (1977) 126.
- [25] E. Svoboda, *Neuroscience: A Swedish study links mobile phone to brain damage*, Popular Science, February (2004) <http://www.popsci.com/popsci/medicine/article/0,12543,573349,00.html>
- [26] H. Lai, N. P. Singh, *Acute low-intensity microwave exposure increases DNA single-strand breaks in rat-brain cells*, Bioelectromagnetics, 16, 3 (1995) 207.
- [27] H. Lai, N. P. Singh, *Melatonin and a spin-trap compound block radiofrequency electromagnetic radiation-induced DNA strand breaks in rat brain cells*, Bioelectromagnetics, 18, 6 (1997) 446.
- [28] *Celular pode "acelerar" cérebro, diz estudo*, Folha de São Paulo, Folhamundo, 9 de abril (1999) 16.
- [29] A. W. Preece, G. Iwi, A. Davies-Smith, K. Wesnes, S. Butler, E. Lim, A. Varey, *Effect of a 915-MHz simulated mobile phone signal on cognitive function in man*, International Journal of Radiation Biology, 75, 4 (1999) 447.
- [30] B. Hocking, *Preliminary report: Symptoms associated with mobile phone use*, Occupational Medicine-Oxford, 48, 6 (1998) 357.
- [31] S. Braune, C. Wrocklage, J. Razek, T. Galius, C. H. Lucking, *Resting blood pressure increase during exposure to a radio-frequency electromagnetic field*, Lancet, 351, 9119, (1998) 1857.
- [32] C. R. Goforth, *"Not in my back yard!" Restrictive covenants as a basis for opposing the construction of cellular towers*, Buffalo Law Review, 46, 3 (1998) 705.
- [33] B. Hocking, I. R. Gordon, H. L. Grain, G. E. Hatfield, *Cancer incidence and mortality and proximity to TV towers*, Medical Journal of Australia, 165, 11-12 (1996) 1996.
- [34] S. Szmigielski, *Cancer morbidity in subjects occupationally exposed to high frequency (radiofrequency and microwave) electromagnetic radiation*, Science of the total environment, 180, 1 (1996) 9.
- [35] J. R. Goldsmith, *Epidemiologic evidence relevant to radar (microwave) effects*, Environmental health perspectives, 105, (1997) 1579.
- [36] J. R. Goldsmith, *Epidemiological studies of radio-frequency radiation: Current status and areas of concern*, Science of the total environment, 180, 1 (1996) 3.
- [37] A. G. Pakhomov, B. V. Dubovick, I. G. Degtyarov, A. N. Pronkevich, *Microwave influence on the isolated heart function. 1. Effect of modulation*, Bioelectromagnetics, 16, 4 (1995) 241.
- [38] M. A. Stuchly, *Modeling of interaction of electromagnetic fields from a cellular telephone with hearing aids*, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 46, 11(1998)

**O DIREITO AMBIENTAL FACE
À TELEFONIA MÓVEL: APLI-
CAÇÃO CONCRETA DO PRIN-
CÍPIO DA PRECAUÇÃO**

Gisele Borghi Büller e Guilherme José Purvin de Figueiredo

O DIREITO AMBIENTAL FACE À TELEFONIA MÓVEL: APLICAÇÃO CONCRETA DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO(*)

Gisele Borghi Büller e Guilherme José Purvin de Figueiredo

SUMARIO: 1.Princípio da Precaução; Noções Científicas Básicas; Diretrizes Gerais; 4. Sistema de telefonia Móvel; 5. Desvalorização das Propriedades; 6. Conclusão; 7. Referências bibliográficas.

1. PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Diz-se que “não tem princípios” do indivíduo desprovido de senso ético. É uma pessoa cuja conduta não se pauta por nenhuma tábua de valores que não seus interesses pessoais e imediatos. O perigo cresce significativamente quando uma pessoa sem princípios galgue postos de decisão e se veja rodeada de outros indivíduos igualmente sem qualquer senso ético.

Da mesma forma, podemos dizer que os diversos ramos do Direito devem ser dotados de princípios. Um país cujo Direito Positivo seja aplicado sem qualquer critério senão o da conveniência do governante, das vicissitudes do juiz e do interesse no lucro imediato do indivíduo é um país sem princípios, um país desprovido de senso ético.

O Direito Ambiental é ramo novo do Direito Público. Para alguns autores, constitui um desmembramento do Direito Administrativo; para outros, trata-se de uma aglutinação de setores esparsos existentes em diversas outras disciplinas – normas de Direito Civil, sobre uso nocivo da propriedade; de Direito do Trabalho, sobre Segurança e Higiene Laboral; de Direito Penal, sobre tutela da saúde pública, etc.

Como disciplina dotada de autonomia científica, o Direito Ambiental, além de obedecer aos princípios gerais do Direito, dispõe de uma estrutura medular formada por princípios que lhe são peculiares: princípio da obrigatoriedade da intervenção estatal na defesa do meio-ambiente, princípio do desenvolvimento sustentável, princípio do poluidor-pagador etc.

São os operadores do Direito que dão vida ao Direito Ambiental. E, ao aplicá-lo, deverá o advogado da empresa, o juiz de direito, o promotor de justiça, o procurador do estado, orientar sua interpretação da norma de acordo com o que dispõe os princípios

(*) Artigo publicado no vol 3 da Revista do IBAP, de out 00, sem revisão posterior.

da disciplina jurídica específica. Olvidar os princípios jurídicos implicará em criar uma jurisprudência a-ética ou, muitas vezes, anti-ética.

Um dos mais relevantes, sem qualquer dúvida, é o princípio da precaução que, na dicção da Declaração de Rio de Janeiro (1992), assim se expressa: “Com o fim de proteger o meio ambiente, os estados devem aplicar amplamente o critério de precaução conforme às suas capacidades. Quando haja perigo de dano grave ou irreversível, a falta de uma certeza absoluta não deverá ser utilizada para postergar-se a adoção de medidas eficazes em função do custo para impedir a degradação do meio ambiente” (Princípio n.15 da Declaração das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento).

Os princípios de uma disciplina jurídica não se encontram, em regra, positivados em normas jurídicas. Constituem o resultado de reflexões dos doutrinadores acerca do conjunto de normas de direito interno e internacional, assim como da jurisprudência e, especialmente na hipótese do Direito Ambiental, da atenção aos estudos de disciplinas diversas como a Biologia, a Química, a Eletricidade, a Engenharia Nuclear etc. Mas, apesar de nossa disciplina ainda encontrar-se na infância de sua existência, podemos verificar que não há praticamente dissenso doutrinário no elencar o princípio da precaução como um dos mais importantes e basilares do Direito Ambiental. Tomemos, ilustrativamente, a lição de Michel Prieur que, referindo-se à lei francesa de 2 de fevereiro de 1995, apresenta-nos uma definição de precaução bastante próxima àquela oferecida pela Declaração do Rio de Janeiro: “A ausência de certeza, tendo em conta os conhecimentos científicos e técnicos do momento, não deve retardar a adoção de medidas efetivas e proporcionais visando a prevenir um risco de danos graves e irreversíveis ao meio ambiente a um custo economicamente aceitável”¹.

Não discrepa desse entendimento o jus-ambientalista espanhol Ramón Martín Mateo, segundo o qual evitar a incidência de riscos é superior a tomar medidas remediadoras, razão pela qual impõe-se a obediência ao “princípio precautorio que aconseja no tomar decisiones arriesgadas, no se conozcan científicamente bien lãs posibles consecuencias”².

Paulo de Bessa Antunes prefere denominar este princípio de “Prudência ou Cautela”. Salienta esse autor que “Em muitos casos as situações que se apresentam são aquelas que estão na fronteira da investigação científica. Nem sempre a ciência pode oferecer ao Direito uma certeza quanto a determinadas medidas que devam ser tomadas para evitar esta ou aquela conseqüência danosa ao meio ambiente. Aquilo que hoje é visto como inócua, amanhã poderá ser considerado extremamente perigoso e vice-versa”. Daí decorre a relevância de tal princípio, assim entendido como

¹ “... l'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnés visant à prevenir um risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement à um coût économiquement acceptable (art. L. 200-1 c.rur.)”, Droit de l'Environnement, Paris, Dalloz, 1996.

² MARTÍN MATEO, Ramón. Manual de Drecho Ambiental. Madrid, Trivium, 1998, p. 55.

³ ANTUNES, Paulo de Bessa. Direito Ambiental. Rio de Janeiro, Lumen Júris, 1999, pp. 28/29.

“aquele que determina que não se produzam intervenções no meio ambiente antes de ter a certeza de que estas não serão adversas para o meio ambiente”³.

Álvaro Luiz Mirra, por seu turno, utiliza-se da expressão “Princípio da Prevenção de Danos ou Degradações Ambientais”, que implica na seguinte regra: “sempre que houver perigo da ocorrência de um dano grave ou irreversível, a falta de certeza científica absoluta não deverá ser utilizada como razão para se adiar medidas eficazes para impedir a degradação do meio ambiente, sobretudo em função dos custos dessas medidas”.

O princípio da prevenção e da precaução pode ser invocado também para a defesa de determinados direitos do consumidor. Exemplificativamente, o art. 6º, inc. I, do Código de Defesa do Consumidor, dispõe constituir direito do consumidor “a proteção da vida, saúde e segurança contra os riscos provocados por práticas no fornecimento de produtos e serviços considerados perigosos ou nocivos”.

Diante das dificuldades decorrentes da aplicação do princípio da precaução no que se refere à produção de provas, o inciso VIII do art. 6º do mesmo Código dispõe que também constitui direito do consumidor “a facilitação da defesa de seus direitos, inclusive com a inversão do ônus da prova a seu favor, no processo civil, quando, a critério do Juiz, for verossímil a alegação ou quando for ele hipossuficiente, segundo as regras ordinárias da experiência.

Vivemos atualmente em um universo totalmente informatizado e tecnológico. Acordamos pela manhã, muitas vezes, ao som de uma música tocada através do rádio-relógio. Ao chegarmos ao trabalho, logo nos deparamos com o computador. E, ao mesmo tempo que, sentados em frente ao monitor, digitamos algo, também atendemos ao telefone. Primeiramente o chamado telefone sem-fio. Hoje, o telefone móvel ou celular. Após um dia de trabalho, voltamos para casa e certamente assistiremos ao noticiário pela televisão. E, simultaneamente, teremos servido o jantar – aquecido no forno de microondas.

É assim diariamente. Somos bombardeados por radiação eletromagnética, emitida pela maioria dos aparelhos eletro-eletrônicos modernos, que tanto facilitam a vida cotidiana. No entanto, não paramos para refletir acerca da utilização destes aparelhos – quão grave, ou não, possa ser a exposição à radiação emitida pelos mesmos, para a saúde do ser humano.

Justamente com o intuito de solucionar tal questionamento, é que ao longo destes últimos dez anos os estudos sobre a poluição eletromagnética têm crescido no bojo da comunidade científica.

Discute-se hoje acerca dos efeitos biológicos dos campos eletromagnéticos. A Seção Internacional para Eletricidade da ISSA – International Social Security Association for the Prevention of Occupational Risks Due to Electricity, uma organização sediada na Alemanha, já vem há muitos anos estudando os possíveis efeitos nefastos à saúde decorrentes dos campos eletromagnéticos. Particularmente importantes foram dois simpósios realizados em 1990, em Viena, e em 1994, em Paris.

Os estudos científicos sobre poluição eletromagnética vêm hoje sendo analisados com muita seriedade por organizações como o “National Radiological Protection Board”, no Reino Unido, ou na Academia Nacional de Medicina, na França. Mais recentemente, o Departamento de Energia dos Estados Unidos da América do Norte procurou a orientação de cientistas envolvidos no estudo dos campos eletromagnéticos. Com a sua assistência, o U. S. National Research Council, a National Academy of Sciences e a Comissão de Ciências da Vida atestaram em seus relatórios, após uma bastante extensa pesquisa, que o atual conjunto de evidências não está apto a demonstrar que a exposição a tais campos eletromagnéticos represente um risco à saúde humana. Em seus estudos finais, o grupo de trabalho da Seção Internacional para Eletricidade da ISSA chegou a uma conclusão similar:

“As this is the outcome of an extensive worldwide research work carried out in the past two decades, there is no need for any kind of drastic measures concerning long-term effects of EMF”⁴.

Passaremos, então, a abordar um pouco mais sobre estes estudos acerca da poluição eletromagnética, mais especificamente sobre a utilização de aparelhos celulares.

2. NOÇÕES CIENTÍFICAS BÁSICAS

Antes de propriamente abordarmos o assunto ora estudado, mister se faz conhecermos um pouco mais acerca das radiações ionizantes e não-ionizantes, bem como a suas origens.

Todos os átomos podem ser instáveis ou estáveis. Serão considerados instáveis quando liberarem energia espontaneamente, em forma de ondas ou de partículas, enquanto que serão denominadas estáveis, quando não houver a liberação da energia mencionada.

Portanto, radiação nada mais é do que a energia emitida pelos átomos instáveis, ou seja, é a transferência de energia de um lugar para outro, através de partículas ou ondas.

Existem dois tipos de radiação: ionizante e não-ionizante. Radiação ionizante é uma espécie de radiação carregada com nível elevado de energia cinética, produzida por energia nuclear. Já, a radiação não-ionizante é um tipo de radiação com nível reduzido de energia cinética, denominada **radiação eletromagnética**, mais comumente encontrada, por estar presente em dispositivos por nós utilizados diariamente.

Outrossim, a radiação não-ionizante, objeto de nosso estudo, varia na frequência de 3 kHz à 300 GHz, representando portanto, menos de 10 Volts⁵ de energia. A radiação eletromagnética de microondas é produzida, por exemplo, por antenas

⁴ ISSA. Biological Effects of Electromagnetic Fields. Köln, 1997, p. 4.

⁵ Volt: “unidade de força eletromotriz e de diferença de potencial ou tensão, em eletricidade: equivale a um potencial elétrico existente entre as extremidades de um condutor de resistência igual a 1 ohm internacional, percorrido por uma corrente de intensidade invariável, igual a 1 ampere. Símbolo: V. Dicionário Prático da Língua Portuguesa – Melhoramentos.

parabólicas, telefones celulares, fornos de microondas, dispositivos de radar, rádio e transmissores de televisão.

3. DIRETRIZES GERAIS

No ano de 1977, formou-se o primeiro Comitê Internacional que abordava questões sobre a radiação não-ionizante: *INIRC – International Non-Ionizing Radiation Committee*.

Em maio de 1992, este Comitê transformou-se em uma Comissão denominada *ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*, responsável pela coordenação de estudos acerca da exposição humana à radiação não-ionizante, desenvolvendo diretrizes internacionais, orientando as pesquisas científicas e estabelecendo princípios.

Referida Comissão – ICNIRP, na data de 05.04.1998, publicou diretrizes para limitar a exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, em um intervalo de frequência de até 300 GHz. Esta avaliação veio a complementar as diretrizes estipuladas pela *NRPB – National Radiological Protection Board*, adotadas pelo Reino Unido, tornando-as mais restritivas ainda. Além disso, no ano de 1991, fora publicado pelo governo do Canadá um estudo, posteriormente republicado no ano de 1994, também, limitando a exposição humana aos campos de radiação eletromagnética, em uma frequência de 3 kHz à 300 GHz.

No Brasil, tendo em vista a falta de legislação ambiental federal sobre o tema ora discutido, algumas cidades decidiram criar limites municipais para exposição humana à radiação eletromagnética. Campinas foi a primeira cidade a tratar do tema quando, em outubro de 1998, aprovou uma lei fixando o limite de 100 microwatts por centímetro quadrado, quatro vezes mais do que o sugerido pela Organização Mundial de Saúde. Bauru seguiu a mesma trilha traçada pela outra cidade paulista e, em novembro, foi a vez de Porto Alegre, que fixou a radiação máxima em 580 microwatts por centímetro quadrado⁶. O Decreto Municipal n. 12.153, de novembro de 1998, desta cidade, foi o primeiro a sistematizar o regramento de padrões urbanísticos, sanitários e ambientais para a instalação de Estações Rádio-Base, Microcélulas de Telefonia Celular e equipamentos afins numa capital brasileira.

A ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações – reconhece expressamente a sua competência para fiscalizar e verificar o cumprimento das condições técnicas estabelecidas para funcionamento de estações de radiocomunicação, no que se refere aos parâmetros de transmissão tais como frequência, potência irradiada, ganho de antena e modulação⁷.

Evidentemente, tal competência não exclui a dos Municípios para legislar sobre posturas municipais e outras matérias de interesse sanitário-ambiental local. Nesse sentido, a NGT 20/96, aprovada pela Portaria MC n. 1533, de 4 de novembro de 1996,

⁶ FALCÃO, Daniela. “Ondas Eletromagnéticas poluem o ar das cidades”. Folha de S. Paulo – Folha Equilíbrio, 22/06/2000

⁷ Cfr. ofício resposta n. 328/98-SUE/PR, da ANATEL ao Ofício n. FEPAM/DT/885/98

cuidando das condições para instalação e licenciamento de estações de Serviço Móvel Celular, estabelece, em seu tópico 5.5.1.1., que “A instalação do sistema, com as correspondentes edificações, torres e antenas, bem como a instalação de linhas físicas em logradouros públicos, ficará condicionada ao cumprimento pela concessionária de posturas municipais e outras exigências legais pertinentes a cada local”.

Em 15 de julho de 1999, a ANATEL estabeleceu diretrizes provisórias para avaliação da exposição humana à campos eletromagnéticos, adotando como referência os limites estipulados pelo ICNIRP. Esta avaliação menciona que não há nenhuma evidência de que os campos eletromagnéticos alterem a estrutura do DNA humano, o que indica que caso a radiação não-ionizante tenha alguma influência no processo carcinogênico, será como proliferador das células geneticamente já alteradas e não como causador da lesão no DNA. Desta forma, as pesquisas não estabeleceram a hipótese de relação entre campos eletromagnéticos e o câncer. Diante disso, são baseadas em efeitos imediatos na saúde – curto prazo – tais como estimulação dos nervos periféricos, elevação de temperatura do corpo, choques e queimaduras.

Diferente, porém, é a estatística de um recente estudo realizado na Austrália, na cidade de Adelaide. A experiência revela que ratos manipulados geneticamente, e por isso propensos ao desenvolvimento de tipos específicos de linfoma, expostos à radiação de micro ondas, desenvolveram duas vezes mais tumores do que os animais não expostos.

Assim, passaremos agora a análise mais aprofundada e específica sobre estudos relativos à exposição humana à radiação utilizada pelo sistema de telefonia móvel.

4. SISTEMA DE TELEFONIA MÓVEL

Telefones Celulares ou Telefones Móveis (*mobile phones*), como comumente denominado, são aparelhos que funcionam através da transmissão e recepção de radiação eletromagnéticas.

No Brasil, informações prestadas pela *Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL*, revelam a utilização de dezesseis milhões de aparelhos celulares.

Todavia, mesmo com tantos usuários, ainda não existe, pelo menos até a presente data, legislação que estabeleça limites à exposição a radiação não-ionizante, caso do aparelho celular, existindo, tão somente, as diretrizes gerais estipuladas pela ANATEL, anteriormente mencionadas.

Para o pleno funcionamento do sistema de telefonia móvel que, de acordo com informações do *IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, em Washington*, opera em modo de onda contínua a frequência de portador entre 825 MHz e 845 MHz (transmissores móveis), e entre 870 MHz e 890 MHz (transmissores de estação básica), há a necessidade de implantação de torres fixas, denominadas estações-base.

Estas torres são responsáveis pela cobertura de uma determinada área e, de acordo com a necessidade de uso da telefonia móvel pela população desta região, são ins-

taladas mais ou menos estações-base. Em uma região cuja a utilização de aparelho celular é intensa, como nas grandes cidades, a colocação destas torres que medem entre 30m e 75m de altura – tem sido feita com menos de um quilômetro de distância entre uma e outra, para vários quilômetros de distância nas áreas rurais. Surpreendentemente, até setembro de 2000 (data em que concluímos este texto) não havia nenhuma regulamentação legal acerca da instalação dessas torres na cidade de São Paulo. Obviamente, as únicas beneficiárias desse inadmissível descon-trole urbanístico e ambiental na maior capital do país são as duas empresas de telefonia móvel atuantes na região.

No Reino Unido, onde no final do ano de 1999, concluiu-se que existiam cerca de quatorze milhões de usuários de telefones celulares, foi realizado um estudo pelo *NRPB – National Radiological Protection Board*, com o intuito de se estabelecer regras para a exposição humana à radiação eletromagnética, emitidas pelo aparelho celular e estações-base. Referido estudo concluiu que o principal efeito do uso constante do telefone celular, como transmissor/receptor de radiofrequência, é o aquecimento da temperatura do corpo humano, inteiro ou parcialmente, incluindo-se a região da cabeça do usuário.

Deste modo, fora estipulado pelo NRPB, e adotado pelo governo do Reino Unido, o limite de 0,1 watt de energia absorvida, para cada 10 g de tecido localizado na região da cabeça, o que equivale, em média, ao uso de seis minutos do aparelho celular. Isto resultaria, mesmo após uma exposição prolongada, em menos de 1°C de elevação na temperatura do corpo humano, oscilação normal diária.

No que diz respeito ao desenvolvimento de câncer por usuários de aparelhos celulares, a análise concluiu que as ondas eletromagnéticas não possuem energia suficiente para danificar o DNA, não podendo causar a doença, portanto. Porém, não dispensaram a necessidade de estudos adicionais.

Em outro estudo requisitado pelo governo do Reino Unido, no ano de 1999, também, acerca da utilização do sistema de telefonia móvel, realizado pelo *IEGMP – Independent Expert Group on Mobile Phones*, concluiu-se – pelas evidências – que a exposição ao tipo de radiação emitida pelos telefones móveis não causa efeito adverso para a maioria da população.

Entretanto, fora recomendado pelo mesmo órgão precaução na utilização de celulares, para que um,a melhor avaliação possa ser feita, ampliando-se os estudos já existentes, mesmo porque, a tecnologia evolui rapidamente, sendo necessária constante apreciação da comunidade científica.

O último estudo realizado pelo governo do Reino Unido, na Universidade de Tayside, apesar de não evidenciar males à saúde de adultos que se utilizam do sistema de telefonia móvel, revela que crianças estão mais expostas aos riscos, vez que o crânio das mesmas é mais fino.

Já em uma análise, feita por pesquisadores suecos, comprovou-se que dois minutos de radiação emitida por aparelhos celulares prejudica um mecanismo de defesa do organismo humano destinado a impedir a entrada no cérebro de proteínas e toxi-

nas encontradas no sangue, as quais aumentariam os riscos de doenças como Parkinson, esclerose múltipla e Alzheimer.

Outrossim, na Universidade de Bristol, Alan Preece realizou experiências com um dispositivo que imita as radiações emitidas por um telefone celular, próximo a orelha de alguns voluntários. Estes deveriam recordar algumas palavras e figuras anteriormente mostradas sem que o dispositivo emissor estivesse funcionando, testando-se, portanto, a memória destes indivíduos. Concluiu-se que, pelo menos a curto prazo, nenhum efeito de perda de memória ocorreu. Entretanto, o mesmo não fora assegurado quanto aos possíveis efeitos a longo prazo.

Em contrapartida, foi observado neste estudo que os voluntários reagiram de forma mais rápida aos questionamentos a eles impostos. E, apesar de a melhoria no tempo de reação ser de apenas 4%, não descartou-se a possibilidade de as ondas eletromagnéticas estimularem o fluxo de sinais elétricos, na área do córtex cerebral.

Outra experiência, realizada na Universidade de Nottingham, comprovou que larvas expostas à radiação de microondas, durante uma noite inteira, desenvolveram-se 5% mais rápido do que aquelas não expostas, sugerindo-se, desta maneira, que as microondas aceleram a divisão das células, significando que se o mesmo vier a ocorrer em células de seres mamíferos, a probabilidade de que as microondas causem câncer aumenta.

John Tahersal, do *Devence Evaluation and Research Agency's Labs*, em Wiltshire, expôs às microondas partes do cérebro relacionadas à memória, o que dificultou a atividade elétrica, debilitando respostas a estímulos, sugerindo, desta forma, uma possível mistura nas recordações humanas.

Em contraposição a este estudo, um outro realizado pela mesma equipe revela que as células nervosas expostas à radiação de microondas são mais receptivas às mudanças, portanto, não havendo nenhum efeito quanto a perda de memória, muito pelo contrário.

Por fim, no Brasil, o Professor José Irineu Kunrath, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, alerta para o fato de que a cada dois minutos de uso do aparelho celular, a temperatura da região em que encosta a antena aumenta 2°C, podendo inclusive ocasionar glaucoma, catarata e conjuntivite. Esta posição, é mais restritiva do que a apresentada pelo NRPB, já mencionada.

5. DESVALORIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES

No campo patrimonial, uma das mais graves conseqüências da degradação ambiental consiste na desvalorização das propriedades imóveis nas vizinhanças das fontes geradoras de poluição hídrica, atmosférica, sonora, visual ou eletromagnética. De tal realidade mercadológica decorre, muitas vezes, o engajamento de proprietários de imóveis à luta dos ambientalistas pela proteção da saúde e do meio ambiente.

O temor popular aos riscos ambientais e sanitários advindos da exposição à poluição eletromagnética gerada pelas estações-base é o grande responsável por sérios prejuízos patrimoniais para os proprietários de imóveis situados na vizinhança das fontes poluidoras. Pesquisas feitas nos EUA acusam um decréscimo no valor imobiliário de residências e terrenos nos arredores dessas fontes, na ordem de 30% a 40%. Em casos mais graves pode-se falar no esvaziamento total do conteúdo jurídico do direito de propriedade, já que a poluição estética ou visual e o temor de risco sanitário e ambiental torna o imóvel inabitável e invendável.

Um artigo publicado em 8 de dezembro de 1993 no *The Wall Street Journal* reporta-se a um estudo mostrando que dez propriedades situadas nas proximidades de uma linha de transmissão custavam de 13% a 30% menos do que cem outras propriedades semelhantes (situadas na mesma vizinhança, porém distantes da linha). O artigo alude à situação de proprietários de residências que não conseguiam vender imóveis situados nas proximidades dessas linhas.

Em 12 de outubro de 1993, o Tribunal de Apelação do Estado de Nova York (*New York State Court of Appeals*) decidiu por unanimidade que os proprietários têm direito a indenização se o valor de sua propriedade decair em razão do temor público pela construção de linhas de transmissão de alta voltagem. Aplicando uma das facetas do **princípio da precaução**, referido tribunal afirmou que os proprietários em busca de compensação não precisavam apresentar provas científicas de que as linhas de transmissão realmente implicavam em riscos à saúde.

Com o crescimento da consciência ambiental em todo o mundo, tem-se como certo que a mesma situação acima retratada poderá se repetir nos imóveis localizados nas proximidades das estações-base de transmissão de telefonia celular em nosso país.

6. CONCLUSÃO

Há aproximadamente 40 anos, era colocado no mercado farmacológico um determinado calmante, especialmente indicado para gestantes, conhecido como Talidomida. Pois bem, hoje se sabe que referido calmante foi o responsável por alterações genéticas gravíssimas, consistentes na redução dos membros superiores e ou dos membros inferiores das crianças. Houve relutância no Brasil em se retirar do mercado esse medicamento. As autoridades de então fizeram ouvidos moucos a todas as denúncias acerca dos efeitos nefastos decorrentes da utilização de referido medicamento. E, por não haver sido provado de imediato que referido calmante era o agente causador das alterações genéticas dos fetos, o mesmo continuou sendo comercializado no Brasil por muito tempo. Não havia, então, nenhuma possibilidade de se invocar o **princípio da precaução** na defesa da saúde pública.

Os tempos são outros e, se hoje a comunidade científica discute o tema aqui abordado, isso sem dúvida alguma se deve ao fato de que estamos aprendendo com os nossos próprios erros e buscando nos orientar dentro de determinados princípios éticos. A conclusão que a ISSA chegou está muito longe de constituir um consenso no seio da comunidade científica. Os estudos e experiências ora abordados, bem

como inúmeros outros, revelam a incerteza científica a respeito do tema radiação eletromagnética. Alguns inclusive são totalmente opostos. Diante disso, percebemos que até mesmo a comunidade científica desconhece os males que podem ser causados pela utilização do sistema de telefonia celular, a longo prazo.

Sendo assim, mister se faz o aperfeiçoamento dos estudos até então realizados. Segundo John Moulder, médico oncologista do *The Medical College of Wisconsin*, em Milwaukee, as experiências realizadas não utilizam-se dos mesmos métodos, variando de um laboratório para outro, o que dificulta a certeza científica.

De qualquer sorte, sobre todo o ordenamento jurídico deve prevalecer o princípio ambiental da precaução, pelo qual a incerteza científica, acerca dos efeitos da poluição eletromagnética gerada pelo sistema de telefonia móvel, impõe a adoção imediata de medidas tendentes a:

a) exigir dos Municípios a imediata regulamentação através de posturas municipais (a exemplo do que já ocorre em Campinas-SP e Porto Alegre-RS), dos padrões urbanísticos, sanitários e ambientais para a instalação de Estação Rádio-Base (ERB), microcélulas de Telefonia Celular e equipamentos afins;

b) com relação aos usuários dos telefones móveis, exigir dos fabricantes e fornecedores a divulgação dos **possíveis** (ainda que não **provados**) riscos decorrentes de sua utilização e das medidas de cautela que possam ser tomadas para minimizar esses possíveis riscos.

Mesmo porque, se efetivamente buscamos hoje o respeito aos Direitos Humanos e o chamado Desenvolvimento Sustentado, negar essas duas exigências será negar a Ética no Direito e, por conseqüência, negar a própria cidadania.

Gisele Borghi Büller,
advogada, sócia do Escritório Morais e Büller Advogados

e Guilherme José Purvin de Figueiredo,
procurador do Estado de São Paulo,
professor do Curso de Pós-Graduação em Direito Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e do Curso de Graduação da Universidade São Francisco – Campus de São Paulo,
presidente do Instituto Brasileiro de Advocacia Pública,
secretário-geral do Instituto O Direito Por Um Planeta Verde

*** Os autores agradecem a revisão das informações técnicas efetuadas por Paulo Tadeu Seabra, do Curso de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia Mauá.**

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Telecomunicações – **ANATEL. DIRETRIZES PARA LIMITAÇÃO DA EXPOSIÇÃO A CAMPOS ELÉTRICOS, MAGNÉTICOS E ELETROMAGNÉTICOS VARIÁVEIS NO TEMPO (ATÉ 300 GHZ)**. Brasília, dez 1999.

CONCAR, David. GET YOUR HEAD ROUND THIS... **New Scientist** – 1999 April 10. Environmental Health Protection. **Limits of Human Exposure of Radiofrequency Eletromagnetic Fields in the Frequency Range From 3 KHz to 300 Ghz. Safety Code 6**. Canada, 1999.

FALCÃO, Daniela. *Ondas eletromagnéticas poluem o ar das cidades*. **Folha de São Paulo** – 2000 jun 6; *Folha Equilíbrio*.

GODOY, Norton. *Celular faz mal ao cérebro?* **Revista Isto É?** – 1999 nov 17.

GRINBAUM, Ricardo. SOARES, Ronaldo. *A ciência não se decide, então decida-se você*. **Folha de São Paulo** – 2000 maio 18; *Folha Equilíbrio*.

Institution of Electrical Engineers (IEE). **The possible Harmful Biological effects of Low Level Eletromagnetic Fields of frequencies up to 300 GHZ. IEE Position Statement** – [document on line] 2000; Available from: <<http://iee.org.uk/>> [2000 jun 24].

Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). **Human Exposure to RF Emissions from Cellular Radio Base Station Antennas**. [document on line] 1992; Available from: <<http://iee.org.uk/>> [2000 jun 24].

ISSA. *Biological Effects of Electromagnetic Fields*. Köln, 1997

MARTÍN MATEO, Ramón. *Manual de Derecho Ambiental*. Madrid, Trivium, 1998.

MAXIMINO, Cláudia Marques; SCAVASIN, Flávio Augusto Werner. “35 Anos de Luta”, in *Direitos da Pessoa Portadora de Deficiência*, FIGUEIREDO, Guilherme José Purvin de (org.), São Paulo, Max Limonad, 1997.

National Radiological Protection Board (NRPB). **Mobile Phones**. [document on line] 1998, Available from: <<http://www.nrpb.org.uk/>> [2000 jun 25]

National Radiological Protection Board (NRPB). **Mobile Phones and Human Health – An Overview** [document on line] 1998; Available from: <<http://www.nrpb.org.uk/>> [2000 jun 25]

National Radiological Protection Board (NRPB). **Statement by The National Radiological Protection Board**, [document on line] 1999; vol. 10; Available from: <<http://www.nrpb.org.uk/>> [2000 jun 25]

National Radiological Protection Board (NRPB). **Mobile Phone Base Station**. [document on line] 1999; Available from: <<http://www.nrpb.org.uk/>> [2000 jun 25]

PRIEUR, Michel. *Droit de l'environnement*. Paris, Dalloz, 1996.

Radiation. Workplace Safety and Health Division of the Manitoba Department of Labour. [Bulletin n° 180 on line]; Available from: <<http://www.gov.mb.ca/labour/>> [2000 jun 26].

Radiofrequency & Microwave Radiation. Workplace Safety and Health Division of the Manitoba Department of Labour. [Bulletin n° 182 on line]; Available from: <<http://www.gov.mb.ca/labour/>> [2000 jun 26].

**PARECER TÉCNICO
DO PONTO DE VISTA
DA SAÚDE AMBIENTAL**

PARECER TÉCNICO DO PONTO DE VISTA DA SAÚDE AMBIENTAL

SUMÁRIO: 1 – Partes – Objeto e Objetivo do Laudo; 2 – Apresentação: Dr. CARLOS EDUARDO CANTUSIO ABRAHÃO, médico com registro no Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo sob o nº 40.136, especialista em saúde pública (sanitarista), em educação em saúde e em gestão ambiental; 3 – Ementa; 4 – PARECER; 5 – CONCLUSÃO; 6 – ANEXO I – MEMÓRIA DA 3ª REUNIÃO DO GRUPO DE TRABALHO - GT CONSTITUÍDO PELA PORTARIA FUNASA 220, DE 20 DE JUNHO DE 2002 - MINISTÉRIO DA SAÚDE – MS - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA - CENTRO NACIONAL DE EPIDEMIOLOGIA – CENEPI - COORDENAÇÃO GERAL DE VIGILÂNCIA AMBIENTAL EM SAÚDE; 7 - ANEXO II - LEI No 9.472, DE 16 DE JULHO DE 1997 Dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional no 08, de 1995; 8 - ANEXO III – FORUM SOCIAL MUNDIAL 2003 CARTA DE PORTO ALEGRE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DEFESA DOS MORADORES E USUÁRIOS INTRANQUILOS COM EQUIPAMENTOS DE TELECOMUNICAÇÃO CELULAR. O texto da “**CARTA DE PORTO ALEGRE**”, tirado das sugestões e propostas de todos os que participaram do nosso Seminário, chegou à sua redação final. Documento com completa abordagem feita pela Sociedade Civil sobre o tema. Contém desde princípios que visam nortear a convivência pacífica e controlada com esta tecnologia, até indicações objetivas de procedimentos objetivando corrigir urgentes distorções técnicas, operacionais e administrativas e estabelecer controles e recomendações de seu uso. Discute princípios éticos a luz dos direitos humanos e da proteção de valores permanentes da vida.

273

1- PARTES NO PROCESSO – OBJETO - OBJETIVO.

Requerente: CLEITON TUBINO SILVA

Requeridos: BIMETAL IND. E COMÉRCIO METALÚRGICO LTDA. e
CENTRO OESTE CELULAR (TELEMAT CELULAR S.A.)

Objeto: Parecer sobre impacto Ambiental e risco a Saúde pública, especialmente no entorno, em virtude da instalação ERB SANEMAT em Cuiabá-MT.

Objetivo: Constatação se existe estudo científico conclusivo que garanta a inexistência de riscos à saúde, mesmo se cumpridas as normas e cálculos teóricos apresentados.

2 - APRESENTAÇÃO

CARLOS EDUARDO CANTUSIO ABRAHÃO, médico com registro no Conselho Regional de Medicina do Estado de São Paulo sob o nº 40.136, especialista em saúde pública (sanitarista), em educação em saúde e em gestão ambiental, servidor por concurso público da Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, prestando serviços junto ao município de Campinas como Coordenador de Saúde Ambiental, e

por solicitação de nomeação do requerente ao Exmo. Sr. Juiz de Direito da 6ª Vara Cível da Comarca de Cuiabá/MT no processo em epígrafe, elabora o PARECER ao que demanda o quesito observado.

Justificativa para o pedido da nomeação

O requerente buscou indicar este profissional que atua na municipalidade de Campinas por força de demanda local (baixa e alta frequências na faixa não ionizante do espectro eletromagnético) desde o ano de 1995, e que a partir do conhecimento e aprofundamento do tema, vem oferecendo consultoria e palestras.

Este profissional colaborou na elaboração e atua na revisão e aplicação de legislação municipal pioneira em sua primeira versão, e que atualmente “DISPÕE SOBRE A INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE TRANSMISSÃO DE RÁDIO, TELEVISÃO, TELEFONIA, TELECOMUNICAÇÃO EM GERAL E OUTROS SISTEMAS TRANSMISORES DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NÃO IONIZANTE, NO MUNICÍPIO DE CAMPINAS, E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS” (Lei nº 11.024 de 09 de Novembro de 2001). O inteiro teor da referida Lei, juntamente com conteúdo de Seminário realizado em outubro de 2001 sobre o assunto, e o decreto que a regulamenta, podem ser consultados no endereço eletrônico http://www.pmc.sp.gov.br/lei_antena/antenainter.htm, da rede mundial de computadores (Internet).

Por essa atuação na área, foi convidado e integrou o Grupo de Trabalho nomeado pela Portaria nº 220 de 20 de junho de 2002 do Ministério de Saúde, que teve por objetivo “Definir os padrões e recomendações do Grupo de Trabalho - GT visando a proposição de normas e procedimentos referentes à exposição humana a campos eletromagnéticos provenientes de linha de transmissão de energia de alta tensão”, (relatório completo no Anexo I), e que no presente momento aguarda decisão sobre a recomendação para publicação de portaria que disporá “sobre criação de Grupo de Trabalho - GT de avaliação e recomendação dos aspectos normativos relacionados a exposição humana de campos eletromagnéticos no espectro de 0 a 300 GHz” para o país.

Por solicitação deste assistente técnico e com a anuência de seu superior imediato, este parecer não teve honorários pelo serviço prestado, mas a doação formalizada administrativamente por parte do requerente de 1 (um) microcomputador para uso na Coordenadoria de Vigilância e Saúde Ambiental da Secretaria Municipal da Saúde da Prefeitura Municipal de Campinas” (anexo a nota fiscal nº 140 da InfoWorld (São Paulo, Capital), com a data e assinatura de recebimento por parte da diretoria de informática da Secretaria Municipal da Saúde de Campinas).

3 - EMENTA:

3.1 - Não existem estudos científicos conclusivos que garantam a inexistência de riscos à saúde relacionados à exposição aos campos elétricos e eletromagnéticos na faixa não ionizante do espectro eletromagnético, como é o caso dos

autos, mesmo se cumpridas as normas e cálculos teóricos apresentados, conforme resposta do perito do juízo ao quesito n. 12, fl. 550 dos autos.

3.2 - As normas e cálculos teóricos apresentados, pelos peritos fl. 522/551, nos autos deste processo baseiam-se na referência adotada pela Agência Nacional de Telecomunicações Resolução nº 303 de 2 de julho de 2002 da ANATEL.

3.3 – Mesmo quando estes limites teóricos se mostrarem atendidos com folga em todos os cálculos e medições realizadas quando baseados nessa norma ICNIRP, não elimina o RISCO EM POTENCIAL A SAÚDE PÚBLICA, ESPECIALMENTE NO ENTORNO DA ERB, A MÉDIO E LONGO PRAZO, porque não prevêm os potenciais efeitos relacionados a exposições de longo prazo, que induzem alterações biológicas sutis e por ora não completamente conhecidas em seus eventuais desdobramentos deletérios. Assim ela não atende ao “princípio da precaução” ainda que os defensores dessa norma advoguem que ela foi elaborada seguindo margens de segurança.

3.4 – A situação se agrava em vista, que nos considerandos da Resolução nº 303 de 2 de julho de 2002 da ANATEL (já anexa aos autos deste processo – ver fl.549, resposta ao quesito 10), que aprovou o regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz, **que nada ali se encontra que obrigue o acompanhamento por parte da ANATEL das contínuas exposições humanas aos campos eletromagnéticos ao longo do tempo, pois que tal norma se aplica tão somente ao momento do licenciamento de estações de radiocomunicação.** Vide resposta ao quesito nº 10 (do requerido).

3.5 - Se já existiram estudos que indicaram no passado níveis de tolerância à exposição que supostamente seriam seguros, hoje, ao lado da expansão de tecnologias que utilizam todo o espectro eletromagnético para inúmeras finalidades no mundo moderno, **avolumam-se as evidências científicas experimentais e epidemiológicas que conduzem a uma necessária cautela na exposição humana aos campos eletromagnéticos com vistas à prevenção de agravos.**

3.6 - O que se vem questionando hoje ampla e intensamente em diversos fóruns civis, acadêmicos e de pesquisa científica em diferentes locais do planeta sobre essa norma ICNIRP adotada pela ANATEL é a sua insuficiência, por seus limites prevenirem somente efeitos grosseiros e de curto prazo nos tecidos corporais. Ou seja, são limites estabelecidos para que se evite choques e correntes elétricas induzidas e o efeito denominado térmico, de aquecimento dos tecidos, produzidos em curto prazo por campos mais intensos. Dito de outra forma, são limites necessários, devem ser adotados, porque em nenhuma hipótese poderão ser extrapolados, mas insuficientes para evitar efeitos que se reconhece, alguns já evidentes e outros plausíveis, mas ainda não completamente conhecidos.

3.7 – Do Exposto, analisando detidamente os elementos constantes dos autos, conclui-se, irremediavelmente, do ponto de vista médico e de saúde ambiental, que a instalação da ERB SANEMAT não atende às exigências mínimas que garantam a inexistência de risco ou maior segurança à saúde pública, pois implantada em área conhecida como “zonas sensíveis”, fl. 533, item V, foto n. 01 (posição da

torre em relação as edificações) , ou seja, residências logicamente ocupadas por grupos especiais de pessoas (crianças, mulheres gestantes, deficientes físicos, excepcionais, doentes e idosos, etc.), conforme se vê das fotos e relato constante dos autos, fls. 6 a 9, e que devem ter suas atividades protegidas pelo Estado, com a exclusão de quaisquer fontes emissoras de radiações dentro ou há menos de quinhentos (500) metros das suas localizações.

3.8 - No Caso dos autos existem três agravantes para a saúde pública:

3.8.1 – O imóveis dos requerentes e da vizinhança estão a cerca de 2 metros **(1 m e 2,56 m respectivamente)** da ERB, SANEMAT, distância que **não atende subsidiariamente nenhuma das regulamentações existentes no Brasil bem como ao princípio da precaução. No Rio Grande do Sul este entorno é de 30 Metros, conforme resposta do perito judicial fl. 549, item 10.**

3.8.2 – Já existe nas proximidades da torre em implantação, outra torre utilizada como paradigma pelos peritos do juízo, conforme se vê à fl. 534 dos autos, que também, **não atende ao “princípio da precaução” inclusive pela proximidade da torre aqui discutida.**

3.8.3 – A implantação da torre em questão não foi precedida de projeto técnico (alvará) impossibilitando o estudo do impacto ambiental exigido pela lei federal n. 10.257/2001, independentemente do cumprimento da norma resolução n. 303/2002 da ANATEL;

3.8.4 – Mesmo que a obra fosse precedida de necessário alvará, poderia ficar prejudicada a verificação do cumprimento das normas da resolução n. 303/2002 da ANATEL, pois há comprovada divergência entre o projeto juntado pela TCO, na fl. nº 39 e a execução da obra que poderá causar modificações nos resultados teóricos apresentados (resposta dos peritos engenheiros quesito n. 07, fl. 549).

4 - PARECER

Campos elétricos e eletromagnéticos interagem de forma inequívoca com os sistemas biológicos porque, além da sua penetração nos órgãos e tecidos, estes são regidos por delicadas reações bio-eleto-químicas que sustentam o processo vital, e que, de forma amplamente reconhecida, recebem a influência daqueles campos.

Dessa forma, o mesmo fenômeno observado de ampliação dos níveis de segurança com redução dos limites de exposição às radiações ionizantes ao longo do século passado conforme avançou o conhecimento científico, começa agora a mesma trajetória para as radiações não ionizantes.

Isto ocorre na medida em que se aprofunda o conhecimento dos efeitos desses campos não ionizantes sobre a intimidade da célula, com os avanços da biologia molecular e da engenharia genética, e no conhecimento dos delicados mecanismos de auto-regulação no funcionamento dos sistemas biológicos que sustentam a vida. **A esse conhecimento, como se demonstrará, deve corresponder uma ampliação da proteção contra eventuais efeitos nocivos das conquistas tecnológicas que induzem ao extensi-**

vo uso dos campos eletromagnéticos nas inúmeras atividades em que eles são úteis, nas faixas de frequência classificadas como não ionizantes.

Não é outro o motivo pelo qual a Organização Mundial da Saúde (OMS) instituiu e patrocina o “Projeto Internacional Campos Eletromagnéticos”, que pode ser consultado em língua espanhola no endereço eletrônico <<http://www.who.int/peh-emf/es/index.html>> da Internet. Nele a OMS aponta que:

“É necessário esclarecer cientificamente os possíveis efeitos sobre a saúde da exposição a campos elétricos e magnéticos estáticos e variáveis no tempo. Os campos eletromagnéticos (CEM) de todas as frequências constituem uma das influências do entorno mais comum e de crescimento mais rápido sobre as quais existe uma crescente ansiedade e especulação. Hoje em dia, todas as populações do mundo estão expostas a CEM em maior ou menor grau, e conforme avança a tecnologia, o grau de exposição continuará crescendo. **Por isso, um pequeno efeito sobre a saúde da exposição a CEM poderá produzir um grande impacto na saúde pública**”.

“Como parte de seu mandato de proteger a saúde pública, e em resposta à preocupação pública pelos efeitos sobre a saúde da exposição a CEM, a OMS criou em 1996 o Projeto Internacional CEM para avaliar as provas científicas dos possíveis efeitos sobre a saúde dos CEM no intervalo de frequência de 0 a 300 GHz. **O Projeto CEM fomenta as investigações dirigidas a preencher importantes lacunas de conhecimento e facilitar o desenvolvimento de normas aceitáveis internacionalmente que limitem a exposição a CEM**”.

Os objetivos do projeto consistem em:

1. Dar uma resposta internacional e coordenada a inquietudes que suscitem os possíveis efeitos sanitários da exposição aos CEM,
2. avaliar as publicações científicas, e elaborar informes atualizados sobre os efeitos sanitários,
3. descobrir aspectos insuficientemente conhecidos os quais uma investigação mais a fundo permitirá avaliar melhor os riscos,
4. fomentar a criação de programas de investigação especializados e de alta qualidade,
5. incorporar resultados das investigações em monografias da série Critérios de Saúde Ambiental da OMS, nas quais se avaliará metodicamente os riscos sanitários da exposição aos CEM,
6. facilitar o desenvolvimento de normas internacionalmente aceitáveis sobre a exposição aos CEM,
7. facilitar, às autoridades nacionais e de outros âmbitos, informação sobre a gestão dos programas de proteção contra os CEM, em particular monografias sobre a percepção, comunicação e gestão de riscos derivados dos CEM,

8. assessorar a autoridades nacionais e de outros âmbitos sobre os efeitos sanitários e ambientais dos CEM, e sobre as eventuais medidas ou atuações de proteção necessárias.

Descrição do Projeto Internacional CEM da OMS:

“O Projeto Internacional CEM tem previsto completar no ano 2007 as avaliações dos riscos para a saúde dos CEM, já que se prevê que as investigações em curso e propostas proporcionarão neste prazo resultados suficientes para avaliar os riscos para a saúde de forma mais categórica. O Projeto avaliará os efeitos sobre a saúde e o meio ambiente da exposição a campos elétricos e magnéticos estáticos e variáveis no tempo, no intervalo de freqüências de 0 a 300 GHz. Para a finalidade do projeto, este intervalo se divide em: campos estáticos (0 Hz), de freqüência extremamente baixa (FEB, >0 a 300 kHz), de freqüências intermediárias (FI, >300Hz a 10MHz) e de radiofreqüência (RF, 10 MHz a 300 GHz)”.

“O Projeto está localizado na Sede da OMS em Genebra (Suíça), já que é a única Organização das Nações Unidas que tem um mandato claro de investigar os efeitos prejudiciais para a saúde da exposição das pessoas a radiações não ionizantes. O Projeto CEM é gerido pela Unidade de Radiação e Higiene do Meio, cujo plano de atuação para a proteção contra a radiação inclui atividades relativas às radiações ionizantes e não ionizantes. Esta Unidade forma parte do Grupo Orgânico de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente da OMS”.

As normas e cálculos teóricos apresentados pelos peritos, fl. 522/551, nos autos deste processo baseiam-se na referência adotada pela Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL). Em 1999 a ANATEL adotou provisoriamente em resolução publicada e editada, a literal tradução feita pela Associação Brasileira de Compatibilidade Eletromagnética (ABRICEM) da chamada “norma ICNIRP”, posteriormente reformulada segundo os mesmos parâmetros, para ser publicada como a Resolução da ANATEL nº 303 de 2 de julho de 2002. Esta Resolução é, pois, a mesma norma da ICNIRP, na qual suprime-se o espectro eletromagnético das freqüências abaixo de 9 kHz, que não são usadas para as telecomunicações.

ICNIRP” é a sigla em inglês da denominada Comissão Internacional de Proteção às Radiações não Ionizantes (“International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection”), que editou em 1998 a referida norma, após revisão e síntese de normas americanas e européias que foram sendo elaboradas e revisadas ao longo dos últimos 25 anos do século passado. A ICNIRP é organização não governamental formalmente reconhecida pela OMS, cujo endereço eletrônico na rede mundial de computadores é <<http://www.icnirp.de/>>.

O que se vem questionando hoje ampla e intensamente em diversos fóruns civis, acadêmicos e de pesquisa científica em diferentes locais do planeta sobre essa norma ICNIRP adotada pela ANATEL é a sua insuficiência, por seus limites prevenirem somente efeitos grosseiros e de curto prazo nos tecidos corporais. Ou seja, são limites estabelecidos para que se evite choques e correntes elétricas induzidas e o efeito denominado térmico, de aquecimento dos tecidos, produzidos em

curto prazo por campos mais intensos. **Dito de outra forma, são limites necessários, devem ser adotados, porque em nenhuma hipótese poderão ser extrapolados, mas insuficientes para evitar efeitos que se reconhece, alguns já evidentes e outros plausíveis, mas ainda não completamente conhecidos.**

Exatamente pelo fato desses limites mostrarem-se atendidos com ampla folga em todos os cálculos e medições realizadas quando baseados nessa norma ICNIRP, é que eles vêm sendo questionados, **porque não prevêm os potenciais efeitos relacionados a exposições de longo prazo, que induzem alterações biológicas sutis e por ora não completamente conhecidas em seus eventuais desdobramentos deletérios. Ainda que os defensores dessa norma advoguem que ela foi elaborada seguindo margens de segurança, os que a criticam asseveram que ela não atende ao “princípio da precaução” já cogitado nos autos desse processo, ao qual retornaremos mais à frente.**

Para que tal assertiva reste inequívoca, transcreve-se a seguir trecho inicial do texto literal da norma ICNIRP traduzida, onde nela ressalta o destaque:

“BASES PARA LIMITAR A EXPOSIÇÃO: Estas diretrizes para limitação da exposição foram desenvolvidas após uma análise abrangente de toda a literatura científica publicada. Os critérios aplicados durante a revisão, foram desenvolvidos para avaliar a credibilidade dos vários resultados relatados (Repacholi e Stolwijk, 1991; Repacholi e Cardis, 1997) e somente efeitos estabelecidos foram usados como base para as restrições da exposição propostas. **A indução de câncer pela exposição de longa duração a CEM, não foi considerada estabelecida. Por essa razão, estas diretrizes são baseadas em efeitos na saúde de caráter imediato, a curto prazo, tais como estimulação dos nervos periféricos e músculos, choques e queimaduras causadas por tocar em objetos condutores, e elevação de temperatura nos tecidos, resultante da absorção de energia durante exposição a CEM. No caso dos efeitos potenciais da exposição a longo prazo, tais como aumento de risco de câncer, a ICNIRP concluiu que os dados disponíveis são insuficientes para prover uma base para fixar restrições à exposição, embora pesquisas epidemiológicas tenham produzido evidências sugestivas, mas não convincentes, de uma associação entre possíveis efeitos carcinogênicos e a exposição a densidade de fluxo magnético de 50/60 Hz em níveis substancialmente inferiores aos recomendados nestas diretrizes”** (página 7 da tradução publicada pela ANATEL da norma ICNIRP, anexada aos autos).

Conforme se pode observar em outro trecho traduzido da mesma norma, ela ressalta ainda que seus padrões deverão ser revisados à luz da evolução tecnológica e do conhecimento científico:

“Estas diretrizes serão periodicamente revisadas e atualizadas, assim que sejam feitos avanços na identificação de efeitos prejudiciais à saúde, devidos a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos variáveis no tempo”.

É exatamente o que se verifica agora em diversos centros de pesquisa científica e epidemiológica mundiais: **decorridos cinco anos da sua publicação, adensam-se as**

evi-dências de potenciais danos em níveis de exposição a quem dos nela definidos.

Não é outro o motivo de a OMS, ainda que já tenha assumido a norma ICNIRP como referência, priorizar hoje na agenda de investigações as seguintes diretrizes:

“A seção seguinte da Agenda é uma lista das investigações sobre CEM pendentes que são necessárias para proporcionar à OMS informação suficiente para melhorar suas avaliações sobre os possíveis riscos para a saúde à exposição a CEM.

A. Generalidades

O Projeto Internacional CEM, em colaboração com a Comissão Internacional de Proteção contra a Radiação Não Ionizante (ICNIRP), realizou avaliações científicas internacionais iniciais sobre os possíveis efeitos sobre a saúde da exposição a campos eletromagnéticos (CEM).

Estas avaliações apresentam conclusões preliminares sobre os perigos para a saúde da exposição a CEM e indicam lacunas de conhecimento que requerem investigações adicionais antes que a OMS possa aprimorar suas avaliações sobre os riscos para a saúde.

Nessas avaliações se assinalaram investigações que haviam posto questões não resolvidas, sobre se a exposição a baixos níveis de CEM, particularmente durante longos períodos, apresentam algum efeito deletério sobre a saúde das pessoas. A agenda de investigação da OMS se formulou com a finalidade de resolver estas questões.

Para que os novos estudos sejam úteis para as avaliações futuras sobre os riscos para a saúde, as investigações devem ter alta qualidade científica, com hipóteses claramente definidas e estimativas da capacidade do estudo para detectar efeitos pequenos, e devem utilizar protocolos coerentes com os princípios da prática científica correta. Deve-se incluir no protocolo procedimentos de garantia de qualidade que devem ser comprovados durante o estudo. Em Repacholi y Cardis (1997) indicam-se os critérios de avaliação dos riscos para a saúde dos CEM que a OMS e o Centro Internacional de Investigações sobre o Câncer (CIIC) utilizam.

B. Definições

A Constituição da OMS define a saúde como um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não somente a ausência de afecções ou enfermidades. Esta definição inclui um componente subjetivo importante que se deve ter em conta nas avaliações dos riscos para a saúde. Elaborou-se para o âmbito do Projeto Internacional CEM a seguinte definição de trabalho de «perigo para a saúde». Um perigo para a saúde é um efeito biológico, não compreendido na margem de compensação fisiológica normal, que é prejudicial para a saúde ou ao bem-estar. Nesta definição, entende-se por “efeito biológico” uma resposta fisiológica à exposição. Para que o efeito biológico produza alguma consequência prejudicial para a saúde não

deve estar compreendido na margem de compensação normal; quer dizer, deve estar fora do intervalo de variação normal das respostas do organismo.

C. Determinação das necessidades de investigação

Os critérios utilizados pelo Projeto Internacional CEM para avaliar os riscos para a saúde são uma adaptação dos utilizados pelo CIIC da OMS (Repacholi y Cardis, 1997). Identificaram-se necessidades de investigação nos casos em que se considerou que as provas sobre um risco para a saúde eram sugestivas, porém insuficientes para satisfazer os critérios de avaliação para determinar a existência de um risco para a saúde. Determinaram-se necessidades de investigação para responder a efeitos não confirmados com conseqüências para a saúde e para repetir estudos chave com objetivo de confirmar efeitos detectados. Em conseqüência, o objetivo geral é fomentar estudos que demonstrem a existência de um efeito reproduzível da exposição a CEM que provavelmente se produza nas pessoas e que potencialmente pode afetar a saúde.

Os estudos “in vitro” podem proporcionar importantes chaves sobre os mecanismos fundamentais dos efeitos biológicos devidos à exposição a CEM de intensidade baixa, porém os estudos “in vivo”, seja com animais ou com pessoas, proporcionam resultados mais conclusivos sobre conseqüências prejudiciais para a saúde. Os estudos epidemiológicos proporcionam a informação mais direta sobre riscos dos efeitos prejudiciais em seres humanos. Entretanto, estes estudos têm limitações, particularmente quando se detectam riscos relativamente baixos. Os estudos epidemiológicos são importantes para controlar o impacto na saúde pública da exposição a CEM, particularmente os gerados por novas tecnologias.

1. Caracterização e/ou controle de possíveis fatores de confusão;
2. Reprodutibilidade das condições de exposição ou suas medições e procedência com respeito à exposição das pessoas das pessoas, e
3. Garantia de qualidade contínua.

Deve-se dar prioridade aos estudos desenhados para investigar os perigos para a saúde que preocupam a população em geral, aos desenhados para investigar os perigos de possível importância para a saúde pública (baseando-se no tamanho das populações potencialmente expostas, o grau de exposição e a gravidade do efeito prejudicial postulado) e aos estudos de interesse científico (por exemplo, a comprovação da importância dos efeitos observados ou dos mecanismos postulados, baseando-se nos resultados de estudos “in vitro” ou “in vivo”).

Prioridades de investigação sobre CEM

A. Campos de radiofrequência (RF)

Comprovou-se que os campos de RF relativamente intensos produzem conseqüências prejudiciais para a saúde mediante o aquecimento dos tecidos. Não se confirmou cientificamente o efeito prejudicial para a saúde da exposição durante períodos prolongados a campos de RF de intensidade

baixa, porém algumas questões não se estudaram em profundidade. Há muito pouca informação na literatura científica para avaliar possíveis riscos para a saúde da exposição a campos de RF pulsados ou modulados.

Necessitam-se estudos cujo objetivo seja identificar os possíveis efeitos biológicos produzidos pelos campos de RF pulsados ou modulados de intensidades de pulsos máximas altas e baixas. São exemplos de tecnologias atuais e futuras que utilizam campos de RF pulsados ou modulados as telecomunicações e os sistemas de radar civil e militar, incluídas tecnologias de radares novas como os radares de banda ultra larga. As investigações atuais e futuras relativas aos sistemas de telefonia móvel devem se centrar no intervalo de frequência de 900 a 2000 MHz e nos padrões adequados de pulsação e modulação. No caso dos radares, os regimes de frequência e pulsação devem ser aplicáveis aos sistemas atuais e aos novos.

Para que as investigações sejam de alta qualidade, é essencial que uma parte integral de todos os estudos futuros compreenda avaliações exatas da exposição a campos de RF e que em todas as equipes de investigação haja cientistas experimentados em dosimetria de campos de RF. Recomenda-se que a precisão dosimétrica dos estudos seja de 30% ou maior. Uma das principais prioridades dos estudos epidemiológicos futuros é o desenvolvimento de instrumentos ou métodos de avaliação que possam medir de forma prática e exata a exposição de indivíduos a campos de RF durante um período prolongado.

1. Estão se realizando vários experimentos com animais, aplicando diversos regimes de exposição a campos de frequência de rádio, e seus resultados deverão somar-se à base de dados necessários para a avaliação dos riscos para a saúde. Não obstante, necessitam-se ao menos outros dois grandes bio-ensaios genéricos de dois anos com animais, como os que realiza tipicamente o Programa de Toxicologia dos Estados Unidos (US National Toxicology Program) para estudar a iniciação, promoção, co-promoção e progressão do câncer. Nestes experimentos devem ser expostos animais normais e animais expostos a substâncias iniciadoras de carcinogênese a campos eletromagnéticos de frequências de rádio correspondentes ao intervalo de frequências dos telefones móveis, utilizando um dos padrões de pulsação comuns dos sistemas telefônicos móveis, durante 2 a 6 horas diárias. Cada estudo deve aplicar diversas intensidades (normalmente quatro taxas de absorção específica ou SAR diferentes), sendo a mais alta ligeiramente inferior à que pode induzir mudanças de temperatura.

2. **Os resultados de um estudo em grande escala sugerem que a exposição a campos de radiofrequência pode aumentar a incidência de linfomas em ratos manipulados geneticamente (transgênicos).** São necessários ao menos dois estudos em grande escala adicionais, com desenhos similares ao do estudo anterior (I), com o objetivo de esclarecer as questões demandadas neste estudo. Também são necessárias investigações de seguimento que proporcionem informação sobre conseqüências para a saúde dos efeitos encontrados em animais transgênicos.

3. São necessários **estudos adicionais para comprovar a reprodutibilidade das mudanças notificadas das concentrações de hormônios, os efeitos no globo ocular, ouvido interno e cóclea, a perda de memória, enfermidades neuro-degenerativas e efeitos neurofisiológicos.** Estes estudos podem se realizar em animais, porém, se for possível, deve-se realizá-los com voluntários.

4. A análise dos estudos epidemiológicos atuais de pessoas expostas a níveis baixos de campos de radiofrequência não demonstrou que existam efeitos prejudiciais para a saúde. No entanto, o uso de telefones móveis é relativamente novo e são necessárias investigações adicionais. Por norma geral, é mais provável obter informação sobre possíveis efeitos sobre a saúde em estudos sobre populações expostas a níveis maiores de campos de radiofrequência, ainda que inferiores ao limiar de aquecimento, ainda que seja possível que estes níveis de exposição não sejam representativos da exposição da população geral. Devido às baixas intensidades de exposição, que limitam a avaliação da exposição, não é provável que os estudos de populações expostas a fontes pontuais, como as torres de radiodifusão ou estações rádio-base de telefonia móvel, proporcionem informação sobre a existência de efeitos sobre a saúde. Os estudos não respaldaram a hipótese de uma maior incidência de câncer em populações próximas a estações base de telefonia móvel. É necessário realizar ao menos dois estudos epidemiológicos de grande escala com exposições a campos de radiofrequência de maior intensidade bem caracterizados para investigar diferentes tipos de câncer, particularmente na cabeça e pescoço, e possíveis transtornos nos olhos ou no ouvido interno. Estes estudos devem ser realizados preferencialmente com usuários de telefones móveis ou com trabalhadores de determinadas indústrias submetidos a exposições altas de campos de radiofrequência, sempre que se possam desenvolver avaliações válidas da exposição.

5. São necessários estudos epidemiológicos e de laboratório que proporcionem informação básica que permita aprimorar as avaliações dos possíveis riscos para a saúde da exposição a campos produzidos por sistemas de radar, particularmente sistemas emergentes como os sistemas de radar de banda ultra-larga.

6. São necessários estudos bem controlados para analisar os casos de pessoas que comunicam sintomas específicos, como cefaléias (dores de cabeça), alterações do sono ou efeitos auditivos e que atribuem estes sintomas à exposição a campos de radiofrequência. Os estudos anteriores deste tipo com voluntários não determinaram que exista uma relação entre os sintomas e a exposição. Devem ser realizadas várias investigações controladas para investigar efeitos neurológicos, neuro-endócrinos e imunológicos.

7. Os estudos “in vitro” normalmente são menos prioritários na avaliação dos riscos para a saúde que os estudos “in vivo” ou com pessoas. Não obstante, estes estudos podem ser muito úteis se estiverem diretamente relacionados com possíveis efeitos “in vivo” e abordam as questões dos limites de exposição a campos de radiofrequência e da reprodutibilidade

dos efeitos positivos publicados sobre a cinética dos ciclos celulares, a proliferação, a expressão gênica, as vias de transdução de sinais e as mudanças nas membranas celulares. As investigações sobre modelos teóricos podem ser úteis como apoio de estudos in vivo, propondo mecanismos básicos verificáveis da exposição a campos de radiofrequência.”

Decorrente do conteúdo exposto, conclui-se afinal por duas assertivas:

Não deveria prosperar de forma indene em nosso país a adoção de norma técnica para exposição humana a campos eletromagnéticos cujo teor se mostra insuficiente para garantir maior nível de segurança sanitária e ambiental, pois que a evolução tecnológica e o conhecimento científico atual permitem evidenciar a necessidade de se oferecer a precaução aos cidadãos brasileiros, como soe acontecer em outros países e,

Deve-se questionar conferir à Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) atribuição que não é da natureza de sua competência, pelo menos da forma exclusiva como está consignado, sob pena de manutenção de erro na ordem jurídica com possíveis conseqüências futuras irreparáveis para o bem maior que é a saúde humana, ou seja, **a regulação dos ditames técnicos relativos à saúde pública e preservação ambiental devem ser remetidos aos órgãos governamentais correspondentes.**

Sobre a última assertiva, há que se notar que na observação atenta do texto da Lei nº 9.472 de 16 de julho de 1997 (Lei Geral das Telecomunicações que criou a ANATEL), particularmente nas atribuições conferidas no Livro II, Título II, Artigo 19 (Das Competências – Anexo II), nada se encontra que permita justificar a habilitação da referida agência a estabelecer limites e fiscalizar a exposição humana a campos elétricos e magnéticos.

Tal atribuição atinente à saúde pública e ambiental, por outro lado, nos remete à Constituição Federal, onde, na SEÇÃO II (Da Saúde), artigo 196, depreende-se que **“A saúde é direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação”**; mais à frente, no artigo Art. 200 - Ao Sistema Único de Saúde compete, além de outras atribuições, nos termos da lei: I - controlar e fiscalizar procedimentos, produtos e substâncias de interesse para a saúde e participar da produção de medicamentos, equipamentos, imunobiológicos, hemoderivados e outros insumos; e VIII - colaborar na proteção do meio ambiente, nele compreendido o do trabalho.

A Lei Orgânica da Saúde - Lei 8.080 de 19 de setembro de 1990, que “Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências”, define na Seção II – Da Competência, que: “Art. 16 - À direção nacional do Sistema Único da Saúde (SUS) compete: (...) II - participar na formulação e na implementação das políticas: a) **de controle das agressões ao meio ambiente**; (...) IV - **participar da definição de normas e mecanismos de controle, com órgãos afins, de agravo sobre o meio ambiente ou dele decorrentes, que tenham repercussão na saúde humana**; V - **participar da definição de normas, critérios e padrões para o controle das condições e dos ambientes de trabalho e coordenar a política de saúde do trabalhador**; (...) VIII - **estabelecer critérios, parâmetros e métodos para o controle da qualidade sanitária de produtos, substâncias e serviços de**

consumo e uso humano; (...) XII - controlar e fiscalizar procedimentos, produtos e substâncias de interesse para a saúde”.

Corroborando o conteúdo enunciado, observa-se nos considerandos da Resolução nº 303 de 2 de julho de 2002 da ANATEL (já anexa aos autos deste processo), que aprovou o regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz, que nada ali se encontra que obrigue o acompanhamento por parte da ANATEL das contínuas exposições humanas aos campos eletromagnéticos ao longo do tempo, **pois que tal norma se aplica tão somente ao momento do licenciamento de estações de radiocomunicação.**

E ainda, por antecedente, observa-se no “Contrato de Concessão nº 033/97-DOTC/SFO/MC”, também disponível nos autos do presente processo, a absoluta ausência de qualquer cláusula, particularmente nos Capítulos VII – Dos Direitos, Garantias e Obrigações da Concedente e VIII – **Dos Direitos, Garantias e Obrigações da Concessionária, que incumba às mesmas, a obrigatoriedade de cuidar e esclarecer para que a operação dos serviços de telecomunicação não traga danos, a qualquer tempo e de qualquer ordem, à saúde dos usuários e da população em geral.**

Decorre, pois, desse estágio atual em que se encontra a normalização brasileira referente à exposição humana aos Campos Elétricos e Magnéticos, a urgente necessidade de que a ordem técnica e jurídica incumba a quem de dever e direito, a confecção de instrumento normativo próprio, atualizado frente ao conhecimento científico e ao **“Princípio da Precaução”**.

O **“Princípio da Precaução”** foi cunhado na importante Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ocorrida no Rio de Janeiro em 1992. Tal assertiva é adequada às condições e necessidades da nação brasileira, com vistas à cautela que se deve impor no trato da questão da mais elevada importância, tal seja, o cuidado com a preservação da integridade da saúde das gerações atuais e futuras dos cidadãos brasileiros.

Já corroborado nos autos do presente processo pela Douta Promotoria de Justiça do Ministério Público do Estado de Mato Grosso, impõe-se também aqui no Brasil, a exemplo de outros países que se adiantaram na cautela pela já comentada insuficiência da norma ICNIRP, a urgente confecção de genuína norma brasileira de exposição humana aos campos elétricos e magnéticos. Como exemplos notórios de países que confeccionaram e adotam normas mais restritivas consoantes ao Princípio da Precaução em vigor, deve-se citar o caso da Suíça (cujo conteúdo em inglês pode ser encontrado no endereço eletrônico <http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Europe/Switzerland_files/table_sz.htm>) e o da Itália (conteúdo disponível também em inglês no endereço eletrônico <http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Europe/Italy_files/table_it.htm>).

A propósito e como ilustração de recentes manifestações da sociedade civil organizada em nosso país relativa ao assunto em tela, incluo no anexo III deste parecer a “Carta de Porto Alegre” emanada do III Fórum Social Mundial e divulgada como forma de ampliação da informação e alerta às autoridades e ao público em geral. Tal documento foi também objeto de análise e manifestação por parte da Associação do Minis-

tério Público do Meio Ambiente, ao confeccionar a “Carta de Gramado”, que também faço apresentar no anexo IV deste parecer.

À guisa de conclusão devo mencionar a atenção formal da OMS ao Princípio da Precaução, que no contexto do seu Projeto Internacional CEM, fez realizar recentemente a conferência “Aplicação do Princípio da Precaução aos Campos Eletromagnéticos” de 24 a 26 de fevereiro de 2003, em Luxemburgo, cujo relatório (em inglês) encontra-se disponível no endereço eletrônico <http://www.who.int/peh-emf/meetings/Lux_final_rapp_report.pdf>.

Nesta conferência, um dos apresentadores, Dr. Gee, da Agência Ambiental Europeia, apontou a grande diferença entre a boa ciência, por um lado, e uma política pública baseada numa boa ciência por outro; afirmou que “**a política pública envolve muitas outras coisas além da ciência**”.

5 - CONCLUSÃO:

Em face ao constante nos autos, aos anexos apresentados, estudos científicos, respostas dos peritos, cálculos teóricos apresentados, conclui-se, irremediavelmente, do ponto de vista médico e de Saúde Ambiental o seguinte:

5.1 - Não existem estudos científicos conclusivos que garantam a inexistência de riscos à saúde relacionados à exposição aos campos elétricos e eletromagnéticos na faixa não ionizante do espectro eletromagnético, como é o caso dos autos, mesmo se cumpridas as normas e cálculos teóricos apresentados, conforme resposta, do perito do juízo, ao quesito n. 12, fl. 550 dos autos.

5.2 - As normas e cálculos teóricos apresentados, pelos peritos fl. 522/551, nos autos deste processo baseiam-se na referência adotada pela Agência Nacional de Telecomunicações Resolução nº 303 de 2 de julho de 2002 da ANATEL.

5.3 – Mesmo quando estes limites teóricos se mostrarem atendidos com folga em todos os cálculos e medições realizadas quando baseados nessa norma ICNIRP, não elimina o RISCO EM POTENCIAL A SAÚDE PÚBLICA, ESPECIALMENTE NO ENTORNO DA ERB, A MÉDIO E LONGO PRAZO, porque não prevêem os potenciais efeitos relacionados a exposições de longo prazo, que induzem alterações biológicas sutis e por ora não completamente conhecidas em seus eventuais desdobramentos deletérios. Assim ela não atende ao “princípio da precaução” ainda que os defensores dessa norma advoguem que ela foi elaborada seguindo margens de segurança.

5.4 – A situação se agrava em vista, que nos considerandos da Resolução nº 303 de 2 de julho de 2002 da ANATEL (já anexa aos autos deste processo – ver fl.549, resposta ao quesito 10), que aprovou o regulamento sobre limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz, **que nada ali se encontra que obrigue o acompanhamento por parte da ANATEL das contínuas exposições humanas aos campos eletromagnéticos ao longo do tempo, pois que tal norma se aplica tão somente ao momento do licenciamento de estações de radiocomunicação.** Vide resposta ao quesito n. 10, fl.

5.5 - Se já existiram estudos que indicaram no passado níveis de tolerância à exposição que supostamente seriam seguros, hoje, ao lado da expansão de tecnologias que utilizam todo o espectro eletromagnético para inúmeras finalidades no mundo moderno, **avolumam-se as evidências científicas experimentais e epidemiológicas que conduzem a uma necessária cautela na exposição humana aos campos eletromagnéticos com vistas à prevenção de agravos.**

5.6 - O que se vem questionando hoje ampla e intensamente em diversos fóruns civis, acadêmicos e de pesquisa científica em diferentes locais do planeta sobre essa norma ICNIRP adotada pela ANATEL é a sua insuficiência, por seus limites prevenirem somente efeitos grosseiros e de curto prazo nos tecidos corporais. Ou seja, são limites estabelecidos para que se evite choques e correntes elétricas induzidas e o efeito denominado térmico, de aquecimento dos tecidos, produzidos em curto prazo por campos mais intensos. Dito de outra forma, são limites necessários, devem ser adotados, porque em nenhuma hipótese poderão ser extrapolados, mas insuficientes para evitar efeitos que se reconhece, alguns já evidentes e outros plausíveis, mas ainda não completamente conhecidos.

5.7 – Do Exposto, analisando detidamente os elementos constantes dos autos conclui-se, irremediavelmente, do ponto de vista médico e de saúde ambiental, que a instalação da ERB SANEMAT não atende às exigências mínimas que garantam a inexistência de risco ou maior segurança à saúde pública, pois implantada e área conhecida como “zonas sensíveis”, fl. 533, item V, foto n. 01 (posição da torre em relação as edificações), ou seja, residências logicamente ocupadas por grupos especiais de pessoas (crianças, mulheres gestantes, deficientes físicos, excepcionais, doentes e idosos, etc.), conforme se vê das fotos e relato constante dos autos, fls. 6 a 9, e que devem ter suas atividades protegidas pelo Estado, com a exclusão de quaisquer fontes emissoras de radiações dentro ou há menos de quinhentos (500) metros das suas localizações.

5.8 - No Caso dos autos existem três agravantes para a saúde pública:

5.8.1 – O imóveis dos requerentes e da vizinhança estão a cerca de 2 metros (1 m e 2,56 m respectivamente) da ERB, SANEMAT, distancia que não atende subsidiariamente nenhuma das regulamentações existentes no Brasil bem como ao princípio da precaução. No Rio Grande do Sul este entorno é de 30 Metros, conforme resposta, do perito fl. 549, item 10.

5.8.2 – Já existe, nas proximidades da torre em implantação, outra torre, utilizada como paradigma pelos peritos do juízo, conforme se vê à fl. 534 dos autos, que também, não atende ao “princípio da precaução” inclusive pela proximidade da torre aqui discutida.

5.8.3 – A implantação da torre em questão não foi precedido de projeto técnico (alvará) impossibilitando o estudo do impacto ambiental exigido pela lei federal n. 10.257/2001, independentemente do cumprimento da norma resolução n. 303/2002 da ANATEL, pelos dados constantes nos autos verifica-se que não atente;

5.8.4 – Mesmo que a obra fosse precedida de necessário alvará, poderia ficar prejudicada a verificação do cumprimento das normas da resolução n. 303/2002 da ANATEL, pois há comprovado divergência entre o projeto juntado pela TCO, na fl. nº

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Procurador-geral de Justiça

Rodrigo César Rebello Pinho

Corregedor-geral do Ministério Público

Carlos Henrique Mund

39 e a execução da obra que poderá causar modificações nos resultados teóricos apresentados (resposta dos peritos em engenharia questionário nº 07, fl. 549).

Rodrigo César Rebello Pinho
(presidente)

Carlos Henrique Mund

Antonio Ferreira Pinto

Evelise Pedroso Teixeira Prado Vieira

Herberto Magalhães da Silveira Júnior

João Francisco Moreira Viegas

José de Arruda Silveira Filho

José Luís Alické

Mário de Magalhães Papaterra Limongi

Paulo Mario Spina

Tiago Cintra Zarif

De Campinas para Curitiba-MT, 12 de maio de 2003.

Órgão Especial do Colégio de Procuradores de Justiça

Membros Natos

José Roberto Garcia Durand
Luiz Cesar Gama Pellegrini
Herberto Magalhães da Silveira Júnior
René Pereira de Carvalho
Francisco Morais Sampaio
José Ricardo Peirão Rodrigues
José Roberto Dealis Tucunduva
Oswaldo Hamilton Tavares
Fernando José Marques
Irineu Roberto da Costa Lopes
Regina Helena da Silva Simões
Roberto João Elias
Claus Paione
José de Arruda Silveira Filho
Thiers Fernandes Lobo
Álvaro Augusto Fonseca de Arruda
Pedro Franco de Campos
Gabriel Eduardo Scotti
José Luiz Abrantes
Antonio Visconti

Membros Eleitos

Júlio César de Toledo Piza
Maria Aparecida Berti Cunha
Eliana Montemagni
Marilisa Germano Bortolin
Walter Paulo Sabella
Dráusio Lúcio Barreto
Franco Caneva Júnior
Hideo Osaki
Daniel Prado da Silveira
Máximo Alves Barbosa Filho
Antonio Carlos Fernandes Nery
Nelson Lacerda Gertel
Maria do Carmo Ponchon da Silva Purcini
Vercingetorix de Castro Garms Júnior
Rubem Ferraz de Oliveira
Maria Cristina Barreira de Oliveira
Irineu Penteado Neto
José Benedito Tarifa
Herman Herschander
Jorge Luiz Ussier

Conselho do Centro de Estudos e Aperfeiçoamento Funcional

Rodrigo César Rebello Pinho
Carlos Henrique Mund
Maria Cristina Barreira de Oliveira
José de Arruda Silveira Filho

Fernando Grella Vieira
Orides Boiati
Haroldo César Bianchi
Luís Daniel Pereira Cintra

Congregação da ESMP

Antonio Carlos da Ponte
Célio Parisi
David Cury Júnior
Edgard Moreira da Silva
Eduardo Martines Júnior
Eliana Passarelli
José Carlos Mascari Bonilha
José Marcelo Menezes Vigliar
Lídia Helena Ferreira da Costa Passos
Luiz Antonio de Souza
Luiz Roberto Cicogna Faggioni
Maria Amélia Nardy Pereira

Miquéas Siqueira de Brito
Motauri Ciocchetti de Souza
Nélson Gonzaga
Oswaldo Henrique Duek Marques
Oswaldo Luiz Palu
Oswaldo Peregrina Rodrigues
Rita de Cássia Souza Barbosa de Barros
Ronaldo Porto Macedo Júnior
Sérgio Seiji Shimura
Suely Amici Pereira
Vidal Serrano Nunes Júnior
Wallace Paiva Martins Júnior