

## Estudos Experimentais em Seres Humanos

Têm sido expressadas muitas preocupações sobre as possíveis interações de RF com vários sistemas de órgãos humanos, tais como os sistemas nervoso, circulatório, reprodutivo e endócrino, particularmente as emitidas pelos aparelhos de comunicação sem fio, como telefones móveis (IEGMP, 2000). Uma forma de investigar as relações de causalidade nesta área é a realização de experimentos com seres humanos voluntários, em circunstâncias controladas (os chamados estudos de provocação). A maioria desses experimentos usa exposições a campos de RF a curto e médio prazo, dentro da mesma faixa de frequência e em níveis iguais ou abaixo dos padrões de segurança, de modo a excluir os efeitos térmicos. Portanto, eles assumem que os efeitos não-térmicos poderiam estar presentes. No presente capítulo, iremos rever a literatura recente sobre os estudos experimentais em seres humanos, com foco em determinados sistemas orgânicos. A grande maioria das pesquisas reporta o efeito de radiofrequências e modulações utilizadas em sistemas de comunicação de telefone celular, devido à sua ubiquidade em nível mundial.

Os resultados experimentais publicados até o momento têm utilizado diversos desenhos, tais como autocontrole, controles não-aleatorizados e aleatorizados, estudos de cruzamento de grupos (*crossover*), desenhos cegos e não-cegos, etc. (veja o **Anexo I** do presente relatório para uma breve explicação metodológica sobre esses desenhos experimentais). A qualidade e a força das provas variam muito entre estes projetos, de modo que às vezes é difícil comparar os resultados experimentais entre os diferentes estudos e chegar a conclusões inequívocas.

O que temos observado também é que, apesar do grande número de estudos publicados, a proporção dos que têm projetos de alta qualidade ainda são raros na literatura sobre RF. A maioria dos estudos se concentrou em telefonia móvel, de modo que outros tipos de exposições à RF por fontes diversas, ocupacionais ou não, não foram devidamente contempladas na literatura. Além disso, devido às limitações éticas, apenas poucos sistemas de órgãos e funções foram estudados, e poucos experimentos de longa exposição em longo prazo foram concluídos, portanto pouca informação estava disponível sobre os efeitos potenciais de ação prolongada da irradiação não-ionizante (RNI).

### Sistema nervoso e comportamento

Diversas revisões da literatura sobre exposição aguda de RF sobre o sistema nervoso dos seres humanos têm sido publicadas (por exemplo, IEGCP, 2001, Valentini *et al*, Hossmann & Hermann 2003; D'Andrea *et al*, 2003a e 2003b 2007). Os estudos experimentais mais frequentes das funções do sistema nervoso central (SNC) podem ser classificados nos seguintes grupos:

- Atividade elétrica do cérebro, espontânea ou induzida por estimulação, como o eletroencefalograma (EEG) e potenciais relacionados a eventos (PRE);
- Fluxo sanguíneo e o metabolismo do tecido neural;
- Cognição e atenção, tempo de reação;
- Sono e vigília.

D'Andrea *et al* (2003a e 2003b) analisaram os efeitos da exposição à RF sobre o sistema nervoso em geral, e sobre o comportamento e a cognição. Eles descobriram que é difícil estabelecer um conjunto coerente de conclusões sobre os perigos para a saúde humana, devido a variações entre os estudos, incluindo parâmetros de exposição, tais como frequência, orientação, densidade de potência e duração da exposição.

São reais e bem documentadas as consequências comportamentais e neurais adversas e não-adversas da exposição à RF de alta potência, com energia suficiente para induzir efeitos térmicos no interior do cérebro humano (Goldstein *et al*, 2003), e têm servido como uma base firme para o estabelecimento das normas e limites de segurança desde a década de 1980.

A hipertermia, é claro, tem vários efeitos deletérios sobre o tecido nervoso em geral e nos nervos periféricos, em particular, de modo que a exposição de alto nível em acidentes de trabalho pode promover lesões reversíveis e irreversíveis. Em uma revisão dos efeitos dos CEM sobre a dor, Westerman & Hocking (2003), encontraram em estudos de vários casos, que após exposições de alto risco, os nervos podem ser gravemente feridos, resultando em disestesia. Felizmente, apenas uma pequena proporção de pessoas expostas de forma similar desenvolveu sintomas.

No entanto, a primeira pergunta deveria ser: há um efeito de aquecimento de irradiação de RF de baixo nível na cabeça? A maioria dos usuários relata subjetivamente uma sensação de aquecimento na pele do rosto e da orelha após alguns minutos de uso de um celular padrão próximo à cabeça. Este aumento foi objetivamente determinado como sendo da ordem de 2 a 3 graus C após 6 minutos de uso, a maior parte devido ao calor aprisionado por segurar o telefone com um suporte de plástico em contato com a cabeça e não por absorção de RF dentro da cabeça (Anderson & Rowley, 2007). Estudos experimentais utilizando termografia de alta precisão em ambos os lados da cabeça de voluntários, no entanto, mostraram que o isolamento, o aquecimento por correntes de bateria e a dissipação de energia elétrica do aparelho levaram a um aumento estatisticamente significativo na temperatura da pele, enquanto que a exposição à RF não (Straume *et al*, 2005).

Uma maneira de se documentar isto no interior da cabeça e nas meninges e parênquima cerebral seria a realização de estudos de imagem cerebrais funcionais que registram as respostas do fluxo sanguíneo cerebral regional (FSCr) respostas utilizando PET (Tomografia de Emissão de Pósitrons).

No PET, a formação de imagens 2D e 3D do material radioativo de curta meia vida incorporado aos glóbulos vermelhos permite realizar este cálculo, através do mapeamento de resolução média, ou seja, ele é capaz de mostrar a localização das alterações de aumento do fluxo sanguíneo devido ao aumento local da temperatura. Haarala *et al* (2002) e Aalto *et al* (2004) foram os primeiros a usar essa abordagem. Eles demonstraram uma diminuição de FSCr no lobo temporal, perto da antena do telefone, e um pequeno

aumento em uma área bem mais distante, o córtex frontal. Huber *et al* (2005) também investigaram em homens jovens saudáveis o efeito de exposições típicas a estações rádio-base e a telefones sobre as imagens do PET, e observaram um aumento no FSCr no córtex pré-frontal dorsolateral do lado de exposição. Somente a exposição de RF compatíveis com telefones afetou os o FSCr.

Este parâmetro pode refletir dois fenômenos, no entanto: aquecimento local, com o consequente aumento no fluxo sanguíneo de compensação, ou um aumento na atividade funcional do tecido nervoso, o que leva também a níveis locais aumentados de FSCr. Uma vez que outras áreas do córtex não foram ativadas, provavelmente o estudo PET refletiu uma mudança funcional em uma área relacionada ao processamento emocional e não a um aquecimento localizado. Se o aquecimento provocado pela proximidade da fonte de RF fosse observado, então esperar-se-ia observar-se um gradiente de temperatura que emana de pontos mais próximos da fonte diminuindo ao longo de um trajeto pelo couro cabeludo, crânio, meninges e, em seguida, o tecido cerebral adjacente à fonte de emissão perto das orelhas. Este gradiente correlaciona-se bem com os estudos termográficos da superfície da cabeça e do osso temporal, mas não dentro do tecido cerebral.

Finalmente, uma das questões de pesquisa mais importantes é saber se os níveis de RF abaixo das que produzem efeitos térmicos podem induzir alterações no sistema nervoso e suas atividades. D'Andrea *et al* (2003) concluíram que, pelo menos durante o período em análise, não existiam provas concretas para tais efeitos subtermais e que quase todas as provas estavam relacionadas com a geração de calor nos tecidos nervosos.

### **Cognição, memória e atenção**

Um pequeno número de experimentos foi realizado antes de 2000 (Preece *et al*. 1999, Koivisto *et al*, 2000, 2001) e foi analisado em pormenores pelo chamado Relatório Stewart (IEGCP, 2001). O objetivo desses estudos foi detectar os efeitos deletérios de campos de RF nas funções cognitivas, tais como sobre o tempo de reação, memória de longo prazo, atenção, concentração, e outros.

Existem vários métodos confiáveis para registrar e quantificar essas variáveis comportamentais e cognitivas utilizando técnicas padronizadas, instrumentadas ou computadorizadas. Estas experiências registraram um grande conjunto de tais variáveis (14 a 30) em indivíduos, utilizando um desenho experimental do tipo *crossover* e um baixo nível de densidade de potência de radiação, usando telefones celulares utilizados perto da cabeça.

Pequenas diferenças foram observadas durante a irradiação, em comparação com a exposição fictícia, em uma ou duas variáveis, tais como o tempo de reação simples, uma tarefa de subtração mental e uma tarefa de vigilância. Surpreendentemente, em todos eles a RF diminuiu os tempos de processamento cognitivo e de atenção, tais como uma diminuição consistente no tempo de reação (TR) de até 20-36 milissegundos, que é considerada muito significativa, sem uma redução na precisão em detrimento da velocidade, e às vezes com um aumento na precisão.

Ambos os grupos de pesquisadores sugeriram que a exposição aos sinais de telefonia móvel em níveis de energia dentro das diretrizes de exposição existentes demonstrou efeitos biológicos que foram de magnitude suficiente para influenciar o comportamento.

Propuseram que o provável mecanismo poderia ser o efeito de pequenos aumento da temperatura sobre a transmissão sináptica na região do córtex cerebral diretamente sob a antena do fone de ouvido (estudos utilizando tomografia PET, entretanto, mostraram que essas variações não ocorrem, por exemplo, Huber *et al.*, 2005). Outros estudos forneceram mais dados a favor da existência desse efeito sobre a atenção. Por exemplo, Papageorgiu *et al* (2006) relataram que a RF emitida por telefones celulares afeta o processamento da informação pré-atencional, a partir da observação do componente do potencial evocado chamado P50.

Um número significativo de estudos contraditórios existe, no entanto, especialmente quando se utiliza estudos experimentais bem projetados, como a exposição diferenciada para ambos os lados da cabeça, e desenhos duplo-cego aleatorizados. Sob estas condições Haarala *et al*, (2004, 2005, 2007), Curcio *et al* (2008), Besset *et al* (2005), Krause *et al.* (2007) e Russo *et al* (2006) não encontraram nenhuma evidência de um efeito diferencial da exposição aos sinais de telefonia móvel na memória cognitiva, e várias tarefas de atenção, incluindo o primeiro estudo por Preece e Koivisto e dos grupos de Papageorgiu. Haarala *et al* (2005) concluíram que um telefone móvel padrão não tem nenhum efeito sobre as funções cognitivas das crianças, se elas são medidas pela velocidade de resposta e precisão. Também usando adolescentes, Preece *et al* (2005) não foram capazes de reproduzir as suas próprias experiências de 2001, negando a evidência para efeitos cognitivos de telefones celulares.

Foi sugerido pelos revisores que, embora em alguns estudos as respostas tenham sido obtidas em um tempo menor, isso não deve ser interpretado como um efeito benéfico de telefones celulares, já que poderiam ser prejudiciais em situações mais complexas. Além disso, uma vez que nenhum experimento de longo prazo, foi realizado, há pouca relevância de tais estudos para a questão da utilização do telefone celular ser prejudicial à saúde. Também estão faltando estudos em crianças (Sienkiewicz *et al*, 2005)

## **Eletrofisiologia e Sono**

Foram realizados vários estudos eletrofisiológicos sobre os efeitos dos campos de RF aguda no EEG humano e ERP, com resultados modestos. Alguns estudos foram incapazes de demonstrar qualquer efeito, enquanto outros relataram efeitos leves sobre estes parâmetros, principalmente por alterações sutis de algumas partes do espectro do EEG. Por exemplo, d'Costa *et al* (2003), Huber *et al* (2002) e Curcio *et al* (2005) fizeram experimentos cegos de exposição aguda para comprovar se a potência espectral do EEG da vigília em repouso era influenciada, e todos encontraram um pequeno aumento na banda alfa. Este efeito foi recentemente confirmado por um projeto de cruzamento duplo-cego contrabalançado com 120 voluntários (Croft *et al.* 2008). A modulação do pulso de RF foi necessária para induzir mudanças de EEG no acordar e dormir. Loghran *et al* (2005) mostraram uma rápida diminuição da latência do sono do movimento de olho e aumento de potência espectral do eletrencefalograma na faixa de frequência 11,5-12,25 Hz durante a parte inicial do sono após a exposição. Outros estudos mostraram que a RF de telefones celulares induziram relaxamento leve mais rapidamente e uma indução ao sono REM (que é associada a sonhar em humanos) no primeiro período de sono, sem efeitos negativos sobre a saúde do sono.

Estudos experimentais mais recentes, utilizando melhor metodologia, como modelos de controle, duplo cego e duplo cruzamento, determinaram que, embora esses efeitos no EEG existem, são bastante modestos e que "os efeitos no EEG foram variados, não

sistemáticos e inconsistentes com relatórios anteriores. Os efeitos da RF no cérebro de respostas oscilatórias pode ser sutil, variável e difícil de replicar por razões desconhecidas "(Krause *et al.* 2007, Hinrikus *et al.*, 2004).

Em relação aos estudos anteriores que, aparentemente, haviam mostrado efeitos sobre o sistema nervoso (cognição, EEG e sono), a revisão de 2001 do Relatório Stewart sugeriu que a *"exposição aos sinais de telefonia móvel em níveis de exposição que se inserem nas normas de exposição existentes têm efeitos biológicos que sejam de magnitude suficiente para influenciar o comportamento. O mecanismo causal não é claro, mas poderia incluir um pequeno efeito de aquecimento localizado. A questão dos efeitos sobre a segurança de telefones celulares é incerta."*

Em outra revisão da literatura da década anterior, Valentini *et al* (2007) concluíram também que a RF poderia influenciar a fisiologia normal através de pequenas alterações na excitabilidade cortical. A importância destes resultados para a saúde dos usuários é desconhecida, e há considerável controvérsia sobre sua existência e significado, uma vez que estudos melhor controlados, realizados em 2007 e 2008 foram incapazes de fornecer qualquer confirmação. Variáveis não controláveis e flutuações aleatórias devido a pequenas amostras podem ser responsáveis por respostas positivas observadas. Assim, a proposta de um mecanismo específico agora parece injustificada.

Até mesmo essas conclusões foram contestadas por estudos mais recentes, duplo-cegos e com melhores formas de controle. Por exemplo, Inomata-Terada *et al* (2008) investigaram se a RF pulsada emitida por um telefone móvel teria efeitos a curto prazo sobre o córtex motor humano, através da medição de potencial evocado motor (PEM) provocado por um único pulso de estimulação magnética transcraniana (EMT), antes e depois da exposição ao telefone celular (ativos e falsos). Nenhum efeito à curto prazo foi detectado.

Em relação ao sono, Mann & Röschke (2004) revisaram a literatura científica sobre os efeitos dos campos de RF. Encontraram vários estudos anteriores que revelaram uma série de efeitos leves de indução ao sono e um aumento do poder de ondas alfa do sono no EEG, induzidas por RF, que eram consistentes com os experimentos de EEG de repouso. Eles concluíram, no entanto, que *"no nível atual dos conhecimentos, nenhuma conclusão definitiva pode ser tirada a partir dos dados disponíveis sobre os perigos para a saúde. Embora pareça ter havido alguns efeitos biológicos, estes não constituem prova de quaisquer consequências adversas à saúde."*

Uma demonstração de tais efeitos para o uso intenso de celulares durante o dia teria consequências potenciais em termos de saúde, já que o sono é muito importante para bem-estar geral e sua interrupção poderia levar ao comprometimento das funções cognitivas, da memória e estresse.

Estudos melhor elaborados e recentes têm sido incapazes de provar qualquer efeito da exposição de baixo nível de RF de telefones celulares sobre a função do sono. Fritzer *et al* (2008) investigaram o efeito da exposição, durante seis noites, não só sobre os parâmetros de sono avaliados pela polissonografia, mas também sobre uma série de testes neuropsicológicos. A análise dos dados foi feita através da comparação da linha de base do sono noturno com a primeira e última noite da exposição e os dois primeiros ciclos do sono das noites respectivas. Eles não encontraram *"um efeito significativo, tanto nos parâmetros convencionais de sono no EEG ou espectros de potência e dimensão de*

*correlação, bem como sobre as funções cognitivas."* Sua opinião foi de que "estudos do sono realizados previamente renderam resultados inconsistentes quanto à exposição à curto prazo. Além disso, faltam dados sobre o efeito que a exposição a curto e a longo prazo podem ter sobre o sono, bem como sobre as funções cognitivas".

Outros resultados negativos foram relatados por Kleinlogel *et al* (2008) para EEG e potenciais evocados relacionados a eventos, e tarefas visuais, auditivas e de atenção, em um estudo randomizado, cruzado e duplo-cego.

Uma possível explicação para ligeiras alterações nos níveis de consciência, tempo de reação e processamento cognitivo tem sido deixadas de lado e mereceriam mais investigação, por ex., a possibilidade de algumas pessoas terem mais sensibilidade à formas mais sutis que emana dos dispositivos que emitem RF real, quando comparadas ao fictícios.

Isso poderia ser por exemplo, um ultrassom vibratório, uma sensibilidade da pele à temperaturas mais altas, ou outro. Já foi provado que pessoas mais jovens tem um limiar auditivo para frequências de som com uma frequência mais alta (acima de 24 kHz) do que outras pessoas, as quais podem introduzir um viés nos resultados (Corso, 1963).

Ficou provado, também, que um fenômeno chamado de "escuta de micro-ondas" pode ser observada em alguns animais e seres humanos. Aparentemente, ele está relacionado à expansão dos fluidos do ouvido interno provocada pelo aquecimento e isso pode explicar uma série de efeitos positivos comportamentais e neurológicos relacionados com a atenção, tanto em animais quanto em seres humanos.

### **Sistemas de visão, audição e vestibular**

Existem poucos estudos experimentais publicados nessas áreas. Dois médicos brasileiros, Balbani & Montovani (2008) revisaram a literatura sobre celulares, audição e sistema vestibular. Eles argumentam que, uma vez que os celulares estão muito próximos ao ouvido do usuário, à pele, orelha interna, nervo coclear e da superfície do lobo temporal, pode-se absorver uma parte da sua energia de radiofrequência, e então alguns efeitos poderiam ser esperados. Além disso, um aumento da temperatura dos fluidos internos do aparelho vestibular, teoricamente, poderia induzir respostas neurais nas células receptoras, tais como vertigem e nistagmo. Vertigem é uma das queixas mais frequentes feitas por pessoas que alegam ser hipersensíveis à RF emitida por telefones celulares. A proximidade de um telefone celular para o olho humano também levanta a questão de saber se a RF poderia afetar as funções visuais.

No sistema auditivo, Uloziene *et al* (2005) investigaram os efeitos agudos da RF na percepção auditiva, usando audiometria padrão para avaliar a audição. Eles concluíram que a exposição a 10 min de FR emitida a partir de um telefone celular não tinha efeito imediato após a medição e nenhuma deterioração auditiva mensurável foi detectada. A exposição foi muito curta, porém, e a deterioração auditiva pode ser observada apenas após estimulação a longo prazo com altas intensidades de som, então nenhum efeito possível foi detectado por essas experiências. Em outros estudos com respostas auditivas evocadas e respostas audiométricas evocadas no cérebro (BERA), uma medida mais objetiva da integridade do sistema auditivo, Hamblin *et al* (2006), Stefanics *et al* (2007), Cinel *et al* (2007), Oysu *et al* (2005) e Sievert *et al* (2005), avaliaram os efeitos a curto prazo das emissões de celular sob condições normais de uso sobre o potencial

evocado auditivo, do limiar auditivo e RAEC, respectivamente. Nenhum dos estudos encontrou qualquer efeito significativo.

No sistema vestibular, Sievert *et al* (2007) empregaram gravações videonistagmográficas, BERA e gravações de emissões otoacústicas, com e sem um telefone celular em uso. Investigações termográficas sugeriram que o celular não induz qualquer aumento da temperatura que levaria a um estímulo relevante para o sistema auditivo e vestibular e que RFs geradas usando o telefone celular não têm um efeito sobre o ouvido interno e sistema auditivo no colículo inferior, no tronco e nos receptores vestibulares no ouvido interno e sistema vestibular. Em outro artigo (Pau *et al*, 2005), o mesmo grupo registrou elevação da temperatura intratemporal do osso durante o uso do telefone celular e não conseguiu achar nenhum valor acima de apenas 0.10 C, sugerindo que o transmissão de potência RF do telefone celular não é suficiente para provocar um aquecimento significativo. Mais recentemente, Bamiou *et al* (2008) também relataram não encontrar quaisquer efeitos de 30 min de exposição à radiação GSM sobre a função vestibular, usando emissões otoacústicas transitórias evocadas (EOTE) e vídeo-oculografia (VOG).

Na revisão da literatura por Balbani & Montovani (2008) concluiu-se que a exposição aguda os sinais de RF do telefone celular não influenciam a função das células externas cocleares *in vivo* ou *in vitro*, nem as propriedades elétricas do nervo coclear, e nem a fisiologia do sistema vestibular em seres humanos. Não parece haver nenhuma evidência de lesão cócleo-vestibular causada por telefones celulares.

No sistema visual, Schmid *et al* (2005) testaram 58 voluntários humanos para quatro diferentes parâmetros da função visual, utilizando-se um estudo duplo-cego, cruzado, e não encontraram diferenças estatísticas entre os agudamente expostos e não expostos. Eles mediram a distribuição de densidade de potência no córtex visual, e determinaram que, na condição de alta exposição média dos sujeitos testados, a absorção de radiação pelo córtex do lobo temporal esquerdo do cérebro foi de 0,63 W/kg (SAR de 1 g em média) e 0,37 W/kg (SAR de 10 g em média). A condição de baixa exposição foi de um décimo da exposição mais alta, e a fictícia pelo menos 50 dB (correspondente a um fator de 100.000) abaixo da baixa exposição. Irlenbusch *et al* (2008) investigaram um parâmetro sensível da função da retina, o limiar de discriminação visual (VDThr). Nenhuma diferença estatisticamente significativa na VDThr foi encontrada na comparação dos dados obtidos para exposição RF com os de exposição fictícia.

Nenhuma pesquisa experimental publicada em revistas importantes abrangidas pelo MEDLINE foi encontrada em relação aos sentidos dos sistemas químicos (paladar e olfato) em relação à exposição à RF.

## **Sistema endócrino**

O sistema endócrino é particularmente sensível a vários agentes ambientais físicos, e a radiofrequência com potências elevadas poderiam provocar o aquecimento e afetar adversamente as glândulas endócrinas (Black & Heinick, 2003). As ações de ondas eletromagnéticas de alta frequência poderiam teoricamente ser mediadas de duas maneiras: primeiro, por ação direta sobre o tecido glandular e, segundo, pela ação sobre o cérebro basal e hipófise (ou glândula pituitária), modificando a secreção de fatores de liberação hipotalâmicos e/ou hormônios secretados pela neuro- ou adeno-hipófise. Em qualquer caso, as glândulas alvo, como a tiróide, córtex adrenal, ovários e testículos poderiam ser afetados. O hormônio do crescimento, prolactina, oxitocina, ADH e outros

poderiam ser afetados também.

Existem muitos estudos com animais experimentais, mas são raros estudos com voluntários humanos utilizando densidades de baixo nível de energia abaixo dos níveis de segurança da ICNIRP.

Djeridane *et al* (2008) investigaram o efeito da exposição a RF segundo o padrão GSM de 900 MHz sobre os padrões de secreção de hormônio em homens saudáveis, como esteróides (cortisol e testosterona) e hormônios da hipófise (hormônio estimulante da tireóide, hormônio do crescimento, prolactina e adrenocorticotropina) níveis. A exposição foi diária, durante um mês os hormônios foram medidos por amostras de sangue a cada hora antes do início, no meio e no final do período de exposição. O estudo relatou que todas as concentrações de hormônio permaneceram dentro dos padrões normais fisiológicos, e que os perfis circadianos não foram interrompidos. Para o hormônio de crescimento e cortisol, houve quedas significativas de cerca de 28% e 12%, respectivamente, 2 e 4 semanas após a exposição, mas nenhuma diferença persistiu no período pós-exposição, portanto outros fatores de RF poderiam ser responsáveis por isso (nenhum grupo controle foi criado).

Nenhum efeito perturbador foi encontrado na secreção de melatonina pela exposição a celulares GSM (Bortkiewicz *et al* 2002, de Seze *et al*, 1999).

As evidências científicas disponíveis parecem indicar, portanto, que não há efeitos da RF de baixo nível sobre as funções endócrinas nos seres humanos.

### **Sistema cardiovascular**

Apesar de alguns experimentos terem sido realizados em conexão com os possíveis efeitos de RF não-ocupacionais de baixo nível, emitidos principalmente por aparelhos de telefone celular (Braune *et al*, 1998), a conclusão geral é que não há nenhuma evidência documentada de efeitos sobre a frequência cardíaca e a pressão arterial.

Em um estudo duplo-cego, cruzado, Barker *et al* (2007) estudaram a pressão arterial média (PAM), a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e os níveis de catecolaminas plasmáticas em voluntários saudáveis. Apesar do alto poder estatístico do estudo, que poderia discriminar mudanças de 1 mmHg na PAM, não houve diferença entre os grupos expostos e não expostos ao GSM e celulares TETRA.

Nam *et al* (2007) não encontraram diferenças em vários parâmetros cardiovasculares entre adolescentes expostos e não expostos a telefones celulares emitindo RF pelo padrão CDMA (pressão arterial sistólica e diastólica, frequência cardíaca, respiração, impedância cutânea), com exceção de uma ligeira diminuição de impedância da pele.

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC), uma medida da atividade do sistema nervoso autônomo, não se alterou significativamente em adultos expostos (Ahamed *et al*, 2008; Parazzini *et al.*, 2007). Como esses dados foram observados em recém-nascidos dentro incubadoras, é provável que os resultados tenham sido o resultado dos campos eletromagnéticos relativamente intensos produzidos por bombas elétricas e motores das incubadoras, e não pelo celular (Bellieni *et al*, 2008). Estes dispositivos emitem muitos tipos de campos de RF, variando de extremamente baixa (50 a 60 Hz) à alta frequência, com diferentes contribuições e energias.

## A Síndrome da Hipersensibilidade Eletromagnética

A energia eletromagnética fora do espectro visível e infravermelho não é, em circunstâncias normais, detectada pelos seres humanos, pois não temos receptores especializados para transduzir diretamente às suas frequências específicas. Além disso, os dispositivos utilizados pelo público, tais como *paggers*, telefones sem fio, rádios bidirecionais e telefones celulares transmitem a níveis muito baixos (no padrão GSM, um típico telefone celular moderno com UMTS habilitado tem uma potência de irradiação de apenas 250 a 300 mW). Os sinais de radiofrequência transmitidos por via hertziana terrestre e por satélite de rádio e TV têm densidades de energia muito baixas ao nível das habitações humanas, assim como as estações rádio-base digitais e os pontos de acesso sem fio (normalmente alguns  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ).

Apesar disso, um subgrupo da população reporta que existem indivíduos que são sensíveis a estes campos de RF, alegando serem capazes de detectar quando eles estão perto deles, ou que podem discriminar quando um telefone celular é ligado ou desligado. Este fenômeno tem sido chamado de hipersensibilidade eletromagnética e não é necessariamente prejudicial a essas pessoas.

O fenômeno patológico a este respeito é constituído de indivíduos que, sendo sensíveis ou não, relatam uma série de sintomas subjetivos angustiantes durante e depois de usar um telefone celular e outros emissores de dispositivos de radiofrequência, ou quando estão perto de um local de antena de RF. Estes sintomas são muito inespecíficos e estão presentes em muitas doenças, tais como resfriados e sintomas de gripe (dor de cabeça, náuseas, fadiga, dores musculares, mal-estar, etc.) Na ausência, até agora, de um mecanismo para explicá-los e de umnexo causal indiscutível em relação à radiação RF, esta constelação foi inicialmente denominada síndrome de hipersensibilidade eletromagnética, ou SHE, mas recentemente a Organização Mundial de Saúde, em um workshop dedicado ao estudo neste tópico, decidiu mudar o nome para Intolerância Idiopática Ambiental com Atribuição à Campos Eletromagnéticos (IEI-EMF). O novo nome o posiciona dentro de uma gama de outras intolerâncias ambientais reconhecidas provisoriamente a agentes ambientais químicos e físicos, com ou sem uma etiologia comprovada. Na verdade, o fenômeno foi considerado grave e prevalente o bastante para ser convocada uma conferência internacional em Praga, República Tcheca, em 2004, para examinar e discutir o assunto (Suave *et al*, 2004). Mais recentemente, um país (Suécia) reconheceu a existência do fenômeno da IEI-EMF e passou a realizar pagamentos financiados pelo Estado para alguns trabalhadores que se auto-declararam sofrer de IEI-EMF (Grandlund-Lind & Lind, 2004).

A prevalência da sensibilidade idiopática à EMF não parece ser pequena: Eltiti *et al* (2006), em uma pesquisa realizada no E.U.A. informou que 4 em cada 100 pessoas relatam ser eletrossensíveis, e que essas pessoas sofrem com mais frequência de problemas de saúde que a população em geral. Na Suíça, Schreier *et al* (2006) encontraram uma prevalência de 5%. As queixas de saúde mais frequentes foram os distúrbios do sono (43%) e dores de cabeça (34%), as quais foram atribuídas principalmente a linhas de energia e telefones celulares. Além disso, 53,5% estavam preocupados com os efeitos adversos para EMF, sem atribuir seus sintomas de sua própria saúde. O fenômeno é real, e a qualidade de vida dessas pessoas sofre muito com sintomas debilitantes, a ponto de trabalho e lazer tornarem-se difíceis (Bergqvist & Vogel, 1995, Irvine, 2007).

Vale ressaltar que tais sintomas inespecíficos são muito comuns em muitas doenças e são extremamente prevalentes na população. O problema é que a maioria dos estudos bem conduzidos tem mostrado que no geral, não há associação entre exposição à RF e aos sintomas da IEI-EMF. Em uma revisão sistemática de 13 investigações sobre o fenômeno realizadas entre 2000 e 2004 (Seitz *et al*, 2004) chegou-se à conclusão de que *"com base em estudos limitados, não há provas válidas para uma associação entre o bem-estar danificado e a exposição à radiação de celulares atualmente. No entanto, a quantidade limitada e a qualidade da investigação nesta área não permitem excluir definitivamente os efeitos a longo prazo na saúde"*.

Na meta-análise mais recente, realizada por Rösli (2008), os resultados de sete estudos experimentais foram agrupados, e a conclusão foi de que *"não havia nenhuma evidência de que indivíduos que se auto declararam portadores de IEI -EMF podiam detectar a presença ou ausência de campos eletromagnéticos de RF melhor do que as outras pessoas. Há pouca evidência que a exposição a curto prazo a um telefone móvel ou estação rádio-base provoquem sintomas, com base nos resultados de oito estudos aleatorizados investigando 346 indivíduos com IEI-EMF e 194 normais em um laboratório."*

A mais recente revisão sistemática de todos os estudos também concluiu que a exposição a campos electromagnéticos não está associada com sintomas de de IEI-EMF (Rubin, 2009). Assim, parece que a partir das evidências disponíveis, a maioria das incertezas de IEI-EMF foram reduzidas e o fenômeno é amplamente considerado hoje como sendo devido a outros fatores, uma conclusão do relatório de 2004 da OMS sobre IEI-EMF (Suave *et al*, 2004):

*"A maioria dos estudos indica que indivíduos com IEI não podem detectar qualquer exposição de CEM com mais precisão do que indivíduos não-IEI. De um modo geral, estudos duplo-cegos bem controlados e realizados mostraram que os sintomas não parecem estar correlacionados com a exposição a CEM. Há também alguns indícios de que estes sintomas podem ser devido a condições psiquiátricas preexistentes, bem como reações de estresse, por acreditar nos efeitos da FEM sobre a saúde, em vez da exposição aos CEM em si. Foi acrescentado que a IEI não deve ser utilizada como um diagnóstico médico, já que não existe atualmente nenhuma base científica para ligar os sintomas IEI a exposição aos CEM."*

Os peritos da OMS recomendaram também na mesma reunião que as vítimas do IEI-EMF deveriam receber tratamento médico para as suas condições, mesmo que o nexo de causalidade com a RF não tenha sido estabelecido. Isto deve incluir uma avaliação médica para identificar e tratar quaisquer condições específicas que possam ser responsáveis pelos sintomas, uma avaliação do local de trabalho e de casa quanto aos fatores que podem contribuir para os sintomas (poluição do ar, ruído excessivo, iluminação deficiente, etc.) e uma avaliação psicológica para identificar alternativas psiquiátricas e condições psicológicas.

## **Comentários sobre os resultados da experimentação humana**

É notável a mudança que ocorreu na opinião de especialistas sobre os supostos efeitos da RF sobre a saúde abaixo dos níveis de segurança, nos últimos cinco anos. Até o final de 2001, um grupo de especialistas muito respeitado no Reino Unido, o Independent

Experts Group on Mobile Phones (IEGMP), emitiu uma extensa revisão da literatura, a qual foi prontamente denominada de Relatório Stewart, devido ao nome do seu coordenador. O relatório causou grande impacto na imprensa especializada bem como nos meios de comunicação de massa. O relatório fez um apelo para a adoção de abordagens mais rigorosas de precaução por parte do governo e do público, expressando a opinião de que:

*“O balanço das evidências até o momento sugere que a exposição à radiação de RF abaixo das diretrizes da ICNIRP e do NRPB não causam efeitos adversos à saúde para a população em geral. Há agora evidências científicas, no entanto, que sugerem que pode haver efeitos biológicos que ocorrem em níveis inferiores a estas diretrizes. Isso não significa necessariamente que esses efeitos levam a doenças ou lesões, mas a informação é potencialmente importante e nós consideramos as implicações a seguir. Não é possível, neste momento, dizer que a exposição à radiação de RF, mesmo em níveis abaixo das diretrizes nacionais, é totalmente desprovida de potenciais efeitos adversos para a saúde, e que as lacunas no conhecimento são suficientes para justificar uma abordagem de precaução. Concluimos que o balanço das evidências indica que não há risco para a saúde geral das pessoas que vivem perto das estações rádio-base, com base nas exposições que devem ser pequenas frações das normas de proteção. No entanto, pode haver efeitos indiretos negativos sobre o seu bem-estar em alguns casos. ”*

Uma vez que os níveis de radiação de RF em que as investigações foram feitas estavam abaixo dos níveis internacionais, que são considerados seguros, ou seja, sem que o aquecimento dos tecidos seja possível, o Relatório Stewart foi efetivamente o primeiro a sugerir que poderia existir uma ação não-térmica da RF de magnitude suficiente para provocar efeitos observáveis.

Nos anos seguintes, no entanto, foram realizados diversos estudos experimentais em seres humanos, com melhores formas de controle experimental, que levaram à refutação da maioria das conclusões do IEGMP, não apoiando a hipótese de um eventual efeito não-térmico como a causa de efeitos adversos da RF à saúde. As evidências científicas atuais apontam para a inexistência de efeitos adversos nos seres humanos abaixo dos limiares térmicos, sem influências perigosas no bem estar dos usuários e não-usuários de telefones celulares e das pessoas que vivem perto de antenas de estações rádio-base, e que não há nenhuma evidência convincente para a existência de alterações cognitivas, comportamentais e neurofisiológicas significativas para a saúde dos usuários.

Diversas organizações nacionais e internacionais revisaram os efeitos dos CEM-RF sobre a saúde humana recentemente. A fonte mais fidedigna, a Organização Mundial de Saúde, lançou em 2010 a seguinte declaração em relação a isso:

### **Organização Mundial da Saúde (2010) – Fact Sheet No. 193**

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs193/en/index.html>

*“Um grande número de estudos investigou os efeitos dos campos de radiofrequência na atividade elétrica do cérebro, na função cognitiva, no sono, na frequência cardíaca e pressão arterial em voluntários humanos. Até o presente, essas investigações não sugere nenhuma evidência consistente dos efeitos adversos para a saúde da exposição a campos de radiofrequência em níveis*

*abaixo daqueles que causam aquecimento dos tecidos. Além disso, as pesquisas não foram capazes de fornecer suporte a uma relação de causalidade entre a exposição aos campos electromagnéticos e os sintomas auto-relatados, ou "hipersensibilidade electromagnética".*

## **Estudos experimentais em seres humanos na América Latina**

Nós não encontramos qualquer estudo experimental humano significativo sobre os efeitos dos campos de RF na saúde humana na América Latina.

## **Principais Conclusões e Declaração do Grupo Latino-Americano de Especialistas sobre Estudos em Seres Humanos**

Estudos experimentais com seres humanos foram realizados com o intuito de investigar possíveis efeitos agudos dos campos de RF, especialmente aqueles emitidas por telefones móveis em íntimo contato com o corpo humano, em diversos sistemas orgânicos de voluntários humanos saudáveis. A maioria dos estudos de boa qualidade não apresentaram resultados danosos significativos, ou então relataram alterações pouco significativas nos parâmetros fisiológicos e comportamentais de interesse.

No sistema nervoso, muitas funções cognitivas e comportamentais foram investigadas, tanto em crianças como em adultos, e é agora amplamente aceito que não existem efeitos significativos do uso de telefone celular sobre parâmetros cognitivos e comportamentais. Em relação às alterações no EEG de repouso, embora os estudos iniciais tenham mostrado um leve aumento na frequência alfa e no sono REM, estudos mais recentes e melhor concebidos utilizando a polissonografia não puderam demonstrar qualquer efeito sobre o EEG e os padrões de sono. Outros efeitos investigados da RF de baixo nível emitidas pelos telefones celulares nos sistemas sensoriais, tais como dor, visão, audição e os sistemas vestibulares, bem como sobre os sistemas endócrino e cardiovascular foram todos negativos, ou seja, sem evidência demonstrada. Podemos concluir, portanto, que à exceção de pequenas variações inconclusivas no desempenho de tarefas cognitivas e de EEG, a exposição dos usuários de telefones celulares dentro da escala normal de intensidade e frequência não afeta o sistema nervoso central estruturalmente ou funcionalmente.

Pelo fato do cérebro ser o órgão mais próximo da antena de um telefone celular em uso junto ao ouvido, ele seria teoricamente o mais afetado pela radiação não-ionizante emitida pelo mesmo, tanto pelos efeitos térmicos quanto não-térmicos. No entanto, apesar de sua conhecida sensibilidade a agentes físicos e químicos externos, tal fato, apesar de ter sido extensamente estudado pela ciência, não foi comprovado, o que nos permite inferir que outros órgãos, mais distantes da fonte de radiação, também não o seriam.

Mesmo nos estudos que foram capazes de demonstrar um efeito moderado, estes não foram prejudiciais à saúde, e sua importância na exposição a longo prazo não pôde ser verificada. Estudos utilizando imagem funcional do cérebro e termografia profunda têm mostrado que não existe aquecimento significativo causado diretamente pela irradiação RF, tanto no osso como no cérebro.

Em relação à chamada síndrome de hipersensibilidade eletromagnética, a conclusão é que indivíduos que se auto denominam sensíveis não conseguem detectar exposição à

RF mais do que indivíduos insensíveis, e que seus sintomas não são devidos à exposição a RF, mas sim a outros fatores.