

3

Impactos Negativos Causados pelas Tecnologias de Telecomunicações

O uso em larga escala dos sistemas de telecomunicações, motivado principalmente pela era da Sociedade da Informação em que vivemos, vem fazendo com que uma tecnologia, antes considerada limpa, comece a despertar preocupações diversas na sua interação com o meio ambiente.

Essa situação se torna ainda mais preocupante quando levamos em conta fatores como: política de produtos descartáveis, o curto ciclo de vida da tecnologia, a exigência por bandas cada vez mais largas nos circuitos para suportar as novas aplicações em multimídia e o avanço acelerado dos sistemas sem fio, em substituição ou acréscimo aos fixos, criando uma verdadeira turbulência de ondas eletromagnéticas, de natureza não-ionizantes, no *habitat* em que vivemos. Cabe aqui ressaltar, que estamos considerando como sistema de telecomunicações, todo e qualquer meio ou dispositivo utilizado para atender às necessidades de comunicação da sociedade, como satélites, rádios, centrais telefônicas, infra-estruturas de prédios, torres, antenas, cabos metálicos e de fibras óticas, baterias, etc.

De uma forma sucinta e objetiva, estamos exemplificando os possíveis impactos causados pelas novas tecnologias de telecomunicações, avaliados sob os três diferentes prismas:

- o lixo eletrônico;
- o impacto visual ou estético;
- a influência das tecnologias sem fio na saúde das pessoas.

3.1

Lixo Eletrônico

Conceitualmente, lixo eletrônico é o nome dado aos resíduos resultantes da rápida obsolescência de equipamentos eletrônicos, mas na prática, inclui todos os

equipamentos, peças e acessórios como televisores, aparelhos celulares, baterias, satélites, etc, deixados de ser usados e abandonados ou jogados fora. Tais objetos ou resíduos, ao serem descartados, constituem um sério risco para o meio ambiente, pois possuem, em sua composição, metais pesados altamente tóxicos tais como mercúrio, cádmio, berílio e chumbo. Em contato com o solo, estes produtos contaminam o lençol freático e, se queimados, poluem o ar. Além disso, causam doenças graves em seres humanos e mortandade em várias espécies de animais. O próprio processo de instalação dos sistemas de telecomunicações agride de alguma forma o meio ambiente, causando desmatamento, erosão do terreno, alteração do fluxo de águas subterrâneas, extinção de *habitat* de pequenos animais, riscos de acidentes em outras atividades, etc.

Além de todo o lixo que é produzido aqui na Terra, as tecnologias de satélites e missões espaciais estão conseguindo, também, poluir o espaço. É o chamado lixo espacial. Trata-se de toneladas de pedaços de satélites, naves, estágios de foguetes e outros detritos, que as missões espaciais deixam no espaço. Esse lixo representa um perigo para as estações espaciais, para as missões espaciais tripuladas e ainda é um problema para as comunicações, pois os destroços podem destruir satélites, gerando grandes prejuízos e interrompendo as comunicações aqui na Terra.

3.1.1

Impactos no Espaço

Segundo a frase mencionada pelo Engenheiro Otávio Luiz Bogossian, do INPE, em reportagem intitulada “Assim na Terra como no Céu”, a imagem que os astronautas têm, atualmente, da órbita da Terra, poderia ser comparada à visão chocante que os ambientalistas tinham de Cubatão-SP, nos anos 80, conhecida como o “Vale da Morte”, por seu altíssimo nível e poluição do ar. (<http://md-m09.sid.inpe.br>)

O lixo espacial vem aumentando e preocupando os cientistas do mundo inteiro. Chegamos a uma situação tal que, mesmo que não seja feito mais nenhum lançamento, a quantidade de fragmentos que paira sobre a atmosfera terrestre vai aumentar, pois as colisões entre os objetos, já em órbita, serão cada vez mais frequentes e devem poluir ainda mais o espaço. É de fundamental importância que

as agências espaciais passem a se preocupar mais com esse problema, que mesmo parecendo ficção, é muito sério. A maior concentração de lixo espacial está localizada nas camadas mais baixas da atmosfera, situando-se nas alturas das órbitas LEO – *Low Earth Orbit*. As figuras 1 e 2 mostram, em dois ângulos, a situação dessa poluição em torno da Terra, em simulação computacional feita pela Agência Espacial Européia.



Figura 1: Vista leo_ equatorial

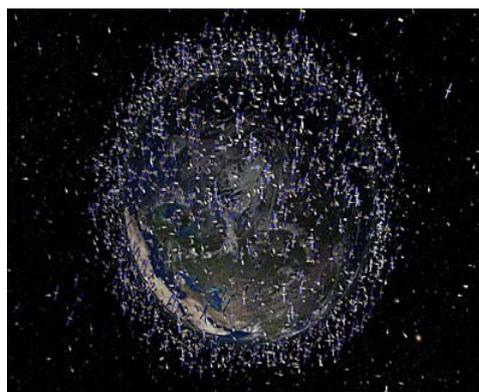


Figura 2: Vista Leo_ polar

Fonte: <http://www.esa.int/SPECIALS/ESOC/SEMN2VM5NDF>

A utilização de satélites para comunicações de longa distância tem sido uma constante, desde a década de 50, tomando proporções maiores, nos últimos tempos, com o advento das redes de satélites de órbitas médias e baixas. As aplicações mais diversas possíveis e a demanda fazem com que os mesmos sejam lançados e operados por várias organizações e em diferentes países.

Os impactos causados pelos satélites começam muito antes deles entrarem em operação. Ainda no desenvolvimento de produtos espaciais, são utilizados novos compostos sintéticos e substâncias, cujas sobras, via de regra, são lançadas diretamente no meio ambiente. No lançamento de um satélite ocorre a queima de milhares de litros de combustíveis do foguete. Já em operação, percebemos a poluição do espaço com a presença de inúmeros satélites orbitando no céu provocando um quase congestionamento espacial.

Além dos satélites fora de operação e pedaços de aeronaves espaciais, existem, orbitando ao redor da Terra com grandes velocidades, milhares de fragmentos desprendidos de satélites, objetos diversos abandonados pelos astronautas em missões espaciais, como câmeras fotográficas e máquinas de

filmar, ferramentas, luvas, bolsas, escova de dente, etc., um verdadeiro lixão. Para se ter uma idéia, em 1958, os Estados Unidos lançaram um satélite denominado *Vanguard I*, que ainda permanece em órbita, sendo considerado o mais antigo lixo espacial. Entre o primeiro lançamento, em 1957, e janeiro de 2008, cerca de 6 mil satélites já foram enviados para a órbita terrestre. Destes, apenas 800 estariam ativos e 45% estariam localizados a uma distância de até 32 mil quilômetros da superfície terrestre. (ESA – *European Space Agency*)

A figura 3 mostra os países mais poluidores do espaço, onde pode ser observado que a China é atualmente responsável por quase metade de todo lixo em órbita na Terra (NASA – *Orbital Debris, Quarterly News, Jan/2008*).

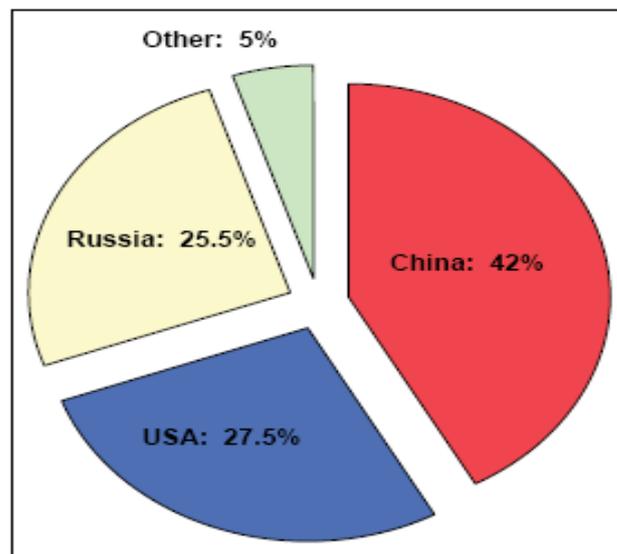


Figura 3: Países poluidores do espaço

O Comando Estratégico dos Estados Unidos mantém um catálogo corrente, contendo 13.000 objetos no espaço, observados através de recursos como radares e telescópios situados na estação espacial. Todavia, a maior parte do lixo espacial permanece sem monitoração e é constituído de mais de 600.000 objetos em órbita, com pouco mais de um centímetro de comprimento (ESA *Meteoroid and Space Debris Environment Reference*). Os minúsculos pedaços são extremamente perigosos, já que sua visualização é difícil e o choque, por exemplo, de um corpo de 1,5 cm de diâmetro, viajando a uma velocidade média de 28.000Km/h pode destruir um satélite de 100 milhões de dólares. Um fragmento de 10 cm tem o poder de destruição de 25 bananas de dinamite (NASA *Starchild, 2008*)

De acordo com a NASA, o número de detritos espaciais deverá se multiplicar nos anos vindouros, motivado, principalmente, pelas explosões acidentais e propositais de satélites.

Ao todo, 10 fragmentações foram identificadas em 2007, ressaltando-se como as mais graves, a deliberada destruição do satélite chinês *Fengyn-1C* e a explosão acidental do satélite russo *Arabsat- 4*. Nesse período, o impacto no crescimento do lixo espacial suplantou, em muito, os eventos de anos anteriores, e as suas conseqüências serão sentidas por muitos anos.

A destruição deliberada do satélite chinês *Fengyn-1C*, em 2007, foi reconhecida como o pior evento, dessa natureza, na história da poluição espacial. Esse satélite foi usado como um alvo, em 11 de janeiro de 2007, para teste bélico de um sistema anti-satélite chinês, sendo atingido por um míssil a uma velocidade de 9 km/s em uma altitude de cerca de 850 km da superfície da Terra, desintegrando-se e espalhando uma enorme quantidade de detritos pela órbita LEO e além dela. No final de 2007 a Agência de Vigilância Espacial dos Estados Unidos (*SSN – Space Surveillance Network*) tinha oficialmente catalogado cerca de 2.600 pedaços do satélite no espaço, muitos dos quais maiores que 10 cm. Através do auxílio de radar, operando na banda X, foram também detectados os detritos menores, de dimensão da ordem de 5 cm. Segundo a NASA, o montante total de detritos com tamanho maior que 1 cm, só desse evento relacionado à explosão do satélite *Fengyn-1C*, que vai engrossar o lixo espacial, passa de 150.000 (*NASA – Orbital Debris, Quarterly News, Jan-2008*).

A figura 4 compara a população de fragmentos catalogados em Janeiro de 2008 com Janeiro de 2007.

Como podemos observar, pelas exposições feitas até agora, o espaço pode ser considerado como uma terra de ninguém, porque não há uma política clara em relação ao assunto. Não existe uma ação efetiva para reduzir ou mesmo limitar o lixo espacial. O que tem sido feito é a mera catalogação e acompanhamento do lixo. A questão econômica agrava o problema, pois as missões espaciais custam muito caro e o que seria necessário para retirar o que lá se deixa custaria, pelo menos, o dobro.

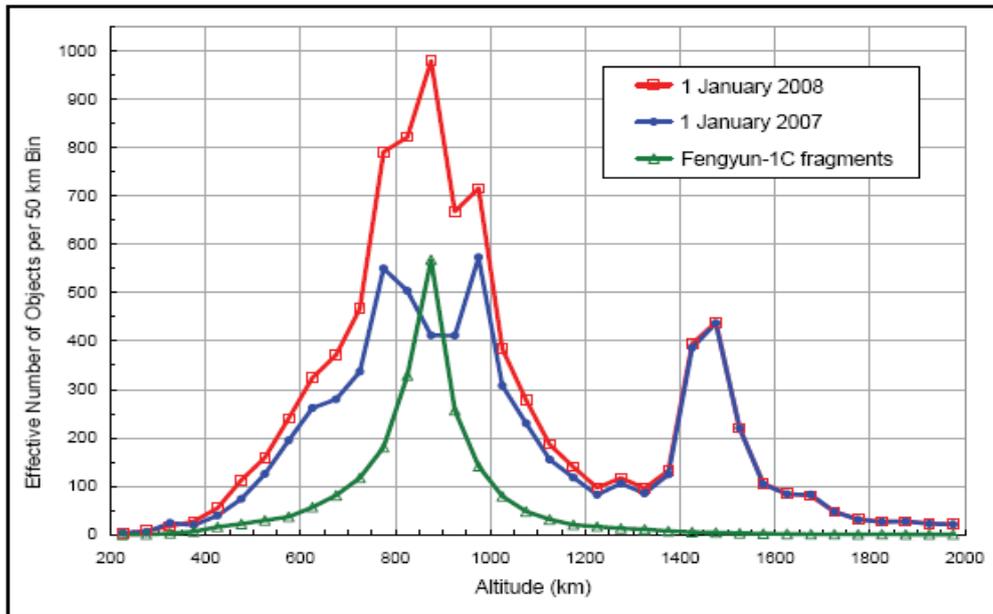


Figura 4: Distribuição dos detritos catalogados na região LEO em Janeiro de 2007 (azul), Janeiro de 2008 (Vermelho), e os fragmentos do satélite Fengyun-1C.

De uma forma geral, o lixo espacial é preocupante e pode afetar a vida no espaço e na Terra, por vários motivos. A seguir, fazemos uma breve análise de alguns.

1. Choque de objetos no espaço, comprometendo missões espaciais, os satélites em órbita e as comunicações na Terra.

Esses eventos representam um perigo real, pois os fragmentos resultantes desses choques viajam com uma velocidade suficiente para fazer um buraco numa espaçonave, inutilizar um satélite ou mesmo colocar em risco a vida de um astronauta numa atividade externa na estação espacial. Três colisões de grande impacto foram catalogadas entre 1991 e 2005. Prevê-se que, por volta de 2055, os fragmentos provenientes de colisões serão mais numerosos que os provenientes de objetos inativos, e os cientistas alertam que a situação pode ser ainda pior do que indicam as previsões. (Ciência Hoje on line, 20/02/2006).

Em agosto de 2007, durante a viagem da missão STS-118 para a Estação Espacial Internacional, uma partícula, supostamente um detrito de lixo espacial, chocou-se com a espaçonave, provocando um buraco de 8.1 mm por 6.4 mm num dos painéis de radiação do seu sistema de controle térmico. A figura 5 mostra uma visão ampliada do buraco, provocado na superfície externa do painel.



Figura 5: Dano causado no painel de radiação da espaçonave da missão STS-118, durante o voo para a Estação Espacial Internacional.

Análise feita, a posterior, pelo Centro Espacial da NASA, em Houston, indicou que a partícula causadora do impacto foi um fragmento de titânio, de dimensões, aproximadamente, de 1.5 mm a 2.0 mm de diâmetro.

Podemos citar vários outros exemplos de objetos espaciais danificados por colisões com detritos do lixo espacial, como os danos causados nas células solares do satélite europeu GEOS 2, colocado em órbita pela Agência Espacial Européia; danos provocados nos satélites Cosmos 954 e Cosmos 1275, da União Soviética; no satélite-balão americano *Pageos*; em uma das janelas da nave recuperável *Challenger*, durante seu penúltimo voo, em 1985, antes do acidente que a destruiu em janeiro de 1986. Também sofreram danos o telescópio espacial *Hubble*, satélites de telecomunicações, etc.

Buscando um motivador econômico para a preocupação com o lixo espacial, dentro desse enfoque de acidente por possíveis colisões com objetos no espaço, devemos lembrar que a projeção, para um futuro próximo, da exploração de viagens espaciais tripuladas comerciais, poderá ser seriamente comprometida com esse cenário de poluição.

2. Queda de objetos na Terra, colocando em risco a vida das pessoas e animais.

Como já mencionado, existem milhares de fragmentos desprendidos de satélites, satélites fora de operação e outros, orbitando ao redor da Terra com grandes velocidades. Mas, o maior perigo são os satélites e detritos que retornam à Terra; aliás, todos os objetos lançados ao redor da Terra deverão um dia retornar à superfície do planeta. Quando a órbita desses corpos se aproxima muito da Terra,

eles acabam entrando na atmosfera terrestre. A maioria queima na reentrada ou cai no mar, mas pode acontecer de atingirem a terra, colocando em risco a vida de pessoas e animais.

A média de objetos espaciais que reentram em nossa atmosfera é da ordem de 33 a 35 por mês. Um dos maiores objetos que já reentrou na atmosfera foi o estágio do foguete Saturno que, em 1973, lançou a estação espacial *Skylab*. Pesava 38 toneladas e caiu no mar, em janeiro de 1975. Por pouco não houve uma catástrofe, pois as 38 toneladas do Saturno passaram sobre Los Angeles antes de caírem no Atlântico, perto dos Açores. Outros fragmentos do *Skylab* caíram no solo, mas felizmente, nenhum dano ocorreu.

A principal preocupação é com a queda de satélites, pois alguns deles estão devidamente equipados com geradores eletro-nucleares, que ativam funções específicas dentro do aparelho, e podem usar como combustível o urânio ou o plutônio, substâncias altamente radioativas. Já houve um acidente dessa natureza, em 1979, quando o satélite russo COSMOS-954 caiu no Canadá. Ele carregava um reator nuclear que alimentava o seu radar (Cook, 2006). A figura 6 mostra um pedaço do satélite, descoberto na região gelada do Canadá conhecida como Northwest Territories, pelos exploradores Mike Mobley e John Mordhorst.

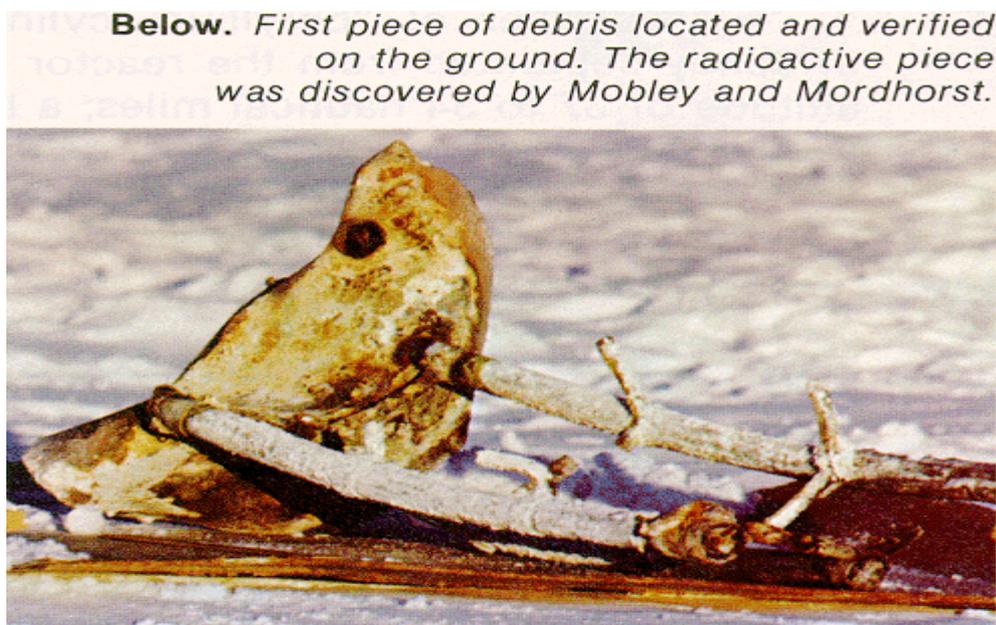


Figura 6: Pedaço do Satélite Russo COSMOS 954 que caiu no Canadá.

Fonte: http://gsc.nrcan.gc.ca/gamma/ml_e.php

Em agosto de 2006, foi encontrado no Brasil, em Belém do Pará, um tanque medindo 80 cm de diâmetro por 1 m de altura, pertencente ao foguete Ariane, que lançou o satélite Telstar 402, em 14 de novembro de 2004, conforme pode ser visto na figura 7.



Figura 7: Tanque do foguete Ariane, encontrado em Belém do Pará – Brasil, em 2006.

Fonte: <http://www.eclipsetour.com/sat/debris.html>.

Outro incidente dessa natureza, bem mais recente, foi o objeto, ainda não completamente identificado, encontrado numa fazenda de Goiás - Brasil, em 24 de março de 2008, mostrado na figura 8.

Objetos de aparência muito semelhantes ao achado em Goiás, já haviam sido encontrados na Guatemala, em abril de 2003 e na Austrália, em 2007, conforme podem ser vistos na figura 9. O objeto encontrado na Guatemala foi identificado como um pedaço do foguete Atlas, lançado em 1998.



Figura 8: Objeto que caiu numa fazenda de Goiás - Brasil, em março de 2008.
Fonte: <http://www.eclipsetour.com/sat/debris.html>.



Figura 9: Objetos encontrados na Guatemala e na Austrália

Não foi registrado, até hoje, nenhum caso de acidente fatal com seres humanos, provocado pela queda de satélites ou de objetos do lixo espacial, mas o perigo existe e o risco será bem maior se continuarmos a poluir o espaço de forma descontrolada.

Em 1997, em Tulsa – Oklahoma, a americana Lottie Williams quase foi atingida por um pequeno pedaço (10x13 cm), proveniente da reentrada do foguete Delta MSX na atmosfera terrestre, enquanto que foi reportado que uma vaca morreu, em Cuba, depois de ter sido atingida por um detrito espacial, em 1960. (Paul Maley's Space Debris Page, 2008)

3. *Observação do Espaço por astrônomos e cientistas.*

Desde a construção da primeira luneta por Galileu, em 1610, a humanidade vem explorando o espaço, com objetivos científicos ou mesmo pelo simples prazer de contemplar as belezas do universo. Nos dias de hoje, a localização de observatórios de astronomia fica restrita a poucos pontos da superfície terrestre, normalmente longe das grandes concentrações populacionais. A figura 10 dá uma idéia de como o espaço despoluído seria visto. Já a figura 11 ressalta a dificuldade de observar o universo dentro de grandes metrópoles.



Figura 10: Visão do universo sem poluição

Se não bastasse a poluição causada nas grandes cidades pela contaminação do ar expelida pelas indústrias e descargas dos automóveis, pela poluição luminosa gerada pela imensa quantidade de lâmpadas instaladas nos prédios e vias públicas, ainda temos que lidar com o agravamento da poluição criada com o lixo espacial. Não é difícil compreender que tanta poluição pode prejudicar a ciência no futuro. Em 2001, os pesquisadores americanos Donald Kessler e Philip Anz-Meador já afirmavam que, em 20 anos, talvez não seja mais possível realizar prospecções em órbitas mais próximas da Terra.

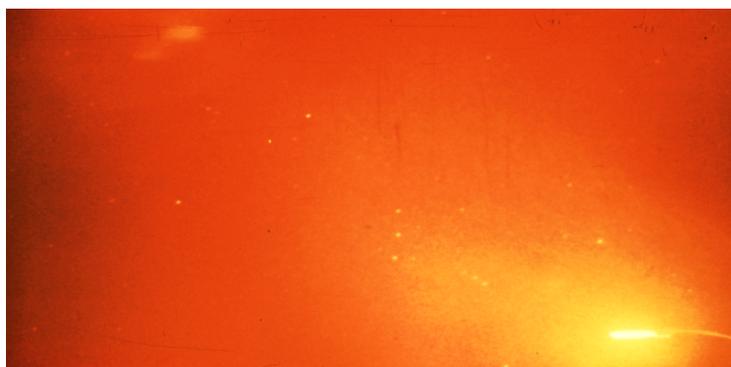


Figura 11: Visão do universo, nas grandes metrópoles.

A solução para os problemas decorrentes dos efeitos tecnológicos no meio ambiente depende, exclusivamente, do homem. A partir do momento em que poluímos o espaço, estamos degradando também o meio ambiente terrestre. Cabe ao homem desenvolver e aplicar seus conhecimentos científicos para recuperação e preservação do seu ambiente.

Alguns projetos começam a ser delineados para a redução do lixo espacial, como a realização de viagens de transporte de detritos das estações espaciais de volta para o planeta, através de ônibus espaciais. Outro é um projeto militar americano, que foi desenvolvido há alguns anos atrás, onde um *laser* de alta potência pode ser direcionado, com alta precisão, a partir da superfície terrestre, para atingir objetos em órbita, com o objetivo de desintegrá-los. O grande problema enfrentado com esses projetos são os altos custos envolvidos. O orçamento do projeto raio *laser* fica em torno de US\$ 200 milhões. (<http://md-m09.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/md-m09@80/2007/09.19.12.00/doc/assim%20na%20terra.pdf>)

Um passo importante para se enfrentar o desafio dos dejetos espaciais, foi dado no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU). O Sub-Comitê Técnico-Científico para Uso Pacífico do Espaço (COPUOS) aprovou as "Diretrizes para a Redução dos Dejetos Espaciais", em sua 44ª reunião, realizada em Viena, Áustria, de 12 a 23 de Fevereiro de 2007. É o primeiro resultado concreto atingido desde 1999, quando o COPUOS publicou seu "Informe Técnico sobre Dejetos Espaciais", reconhecendo os riscos que eles representam para os satélites e naves em órbita.

Foram estabelecidas as seguintes diretrizes para serem levadas em consideração no processo de planejamento das missões e projeto de fabricação e funcionamento das naves espaciais e dos estágios orbitais dos veículos de lançamento:

- 1) Limitar os dejetos espaciais liberados durante o funcionamento normal dos sistemas espaciais.

Nos primórdios da era espacial, os projetistas de veículos de lançamento e de naves espaciais permitiam a liberação intencional, em órbita terrestre, de numerosos objetos ligados às missões, em particular coberturas de sensores, mecanismos de separação e peças de instalação. Esforços específicos

empreendidos na fase do projeto, ao se reconhecer a ameaça criada por tais objetos, permitiram reduzir esta fonte de detritos espaciais.

2) Minimizar os riscos de desintegração durante as fases operacionais.

As naves espaciais e os estágios orbitais dos veículos lançadores deverão ser projetados de modo que se possam prever modalidades de falhas capazes de provocar desintegrações acidentais. Deverão ser planejadas e aplicadas medidas de eliminação para evitar desintegrações nos casos em que se detectem circunstâncias que ocasionem este tipo de falha.

Historicamente, algumas desintegrações foram causadas pelo mau funcionamento dos sistemas espaciais, como falhas catastróficas nos sistemas de propulsão e de energia. A possibilidade de ocorrerem tais catástrofes pode ser reduzida, ao se incorporar possíveis hipóteses de desintegração na análise das modalidades de falhas.

3) Limitar os riscos de colisão acidental em órbita.

Ao se desenvolver o projeto e o perfil da missão das naves espaciais e estágios orbitais dos veículos de lançamento, deverão ser levadas em conta as probabilidades de colisão acidental com objetos conhecidos na fase de lançamento e durante a vida do sistema em órbita.

4) Evitar a destruição intencional e outras atividades danosas.

Dado que o aumento dos riscos de colisão poderá por em perigo as operações espaciais, deverá ser evitada a destruição intencional dos estágios orbitais dos veículos de lançamento, das naves espaciais em órbita, bem como outras atividades prejudiciais, capazes de gerar detritos de longa durabilidade. A desintegração intencional, se necessária, deverá ser efetuada a altitudes suficientemente baixas para limitar a vida em órbita dos fragmentos produzidos.

5) Minimizar os riscos de desintegrações provocadas ao final das missões pela energia armazenada.

Para limitar os riscos que as desintegrações acidentais representam para outras naves espaciais e estágios orbitais dos veículos de lançamento, deverão ser esgotadas ou desativadas todas as fontes de energia armazenadas a bordo, tão logo deixem de ser necessárias ao funcionamento da missão.

Grande parte dos detritos espaciais catalogados é produzida pela fragmentação das naves espaciais e estágios dos veículos de lançamento. Essas desintegrações, em sua maioria, não foram intencionais e muitas delas ocorreram

porque as naves espaciais e os estágios orbitais foram abandonados com considerável quantidade de energia armazenada.

As medidas mais eficazes têm consistido em neutralizar as naves espaciais e os estágios orbitais dos veículos de lançamento no final da missão. O ato de neutralizar exige a eliminação de todas as formas de energia armazenada, em particular os resíduos de propulsores e os fluidos comprimidos, bem como a descarga dos acumuladores elétricos.

6) Limitar a presença prolongada de naves espaciais, no final da missão, na região da órbita terrestre baixa (LEO).

As naves espaciais e os estágios orbitais dos veículos de lançamento, ao concluírem suas fases operacionais em órbitas situadas na região da LEO, deverão ser removidos de suas órbitas de modo controlado. Não sendo isso possível, deverão ser deslocadas para órbitas que evitem sua presença prolongada na região da LEO.

7) Limitar a interferência prolongada de naves espaciais e estágios orbitais dos veículos de lançamento, no final da missão, na região da órbita terrestre geosincrônica (GEO).

As naves espaciais e os estágios dos veículos de lançamento, ao concluírem suas fases operacionais em órbitas que cruzem a região da órbita terrestre geosincrônica (GEO), deverão ser removidos para órbitas mais altas, de onde não possam nela interferir nem a ela regressar.

Em reunião do Sub-Comitê Jurídico do COPUOS, realizada de 26 de março a 5 de abril de 2007, a delegação da Alemanha, com amplo apoio, inclusive do Brasil, tentou introduzir, na pauta da reunião do Sub-Comitê Jurídico para 2008, o exame do tema dos dejetos espaciais.

Isso permitiria propor a conversão das "Diretrizes para a Redução dos Dejetos Espaciais" em documento, não apenas técnico, mas também com certo peso político. Intensas negociações foram promovidas com esse objetivo. Venceram-se muitos obstáculos. Ainda assim, não se atingiu o indispensável consenso. A Índia se manteve irredutível. Não aceita nenhuma discussão sobre a questão no Sub-Comitê Jurídico que possa redundar em regras, mesmo não obrigatórias, para se reduzir o lixo espacial. Teme que isso venha a onerar seu programa espacial em franco crescimento (Ambiente em Foco, 2008).

3.1.2

Impactos na Biosfera

Uma das grandes preocupações atuais dos governos e empresas, no que concerne à poluição ambiental, é o destino dos equipamentos, acessórios e componentes eletro-eletrônicos, após o término de seu ciclo de vida. Os números que vemos, a seguir, ressaltam essa realidade:

- Segundo o Programa Ambiental das Nações Unidas, 50 milhões de toneladas de lixo eletrônico são gerados anualmente no mundo;
- De acordo com um relatório de 2006 da Associação Internacional de Recicladores Eletrônicos, uma associação do setor, com base em Albany, N.Y., 3 bilhões de dispositivos eletrônicos serão descartados entre 2006 e 2010;
- Dezenas de navios carregados de lixo eletrônico oriundos dos países de primeiro mundo são enviados, diariamente, para a África e Índia (Campus Party, 2008);
- No Brasil, o tempo médio para a troca de celulares é de menos de dois anos e o dos computadores, de quatro anos em empresas e cinco em residências;
- O volume de lixo eletrônico tem aumentado numa proporção de 3% a 5% ao ano, um número preocupante, se considerado, por exemplo, o tempo elevado de decomposição. Um computador leva cerca de 300 anos.

Os impactos ambientais já começam no processo de fabricação dos produtos, pois em geral, são desenvolvidos para atender às necessidades de um mercado sem levar em consideração fatores ecológicos. Um aparelho telefônico, por exemplo, é desenvolvido utilizando materiais que foram selecionados, observando características como preço, segurança, qualidade e aplicabilidade. Os fatores ambientais não são levados em consideração e, na maioria das vezes, desconhecidos. A situação se agrava na falta de uma política adequada de descarte.

Algumas vezes, os riscos ambientais e à saúde não ficam limitados ao processo produtivo, mas também às próprias substâncias que compõem os

equipamentos. Recentemente, grupos ambientalistas norte-americanos divulgaram um estudo no qual afirmam que os produtos eletrônicos possuem substâncias tóxicas, que podem provocar danos aos sistemas neurológico e de reprodução humanos. Entre as substâncias encontradas em dezenas de equipamentos está o bromato PBDE (*polybrominated diphenyl*), relacionado com o PCBs (*polychlorinated biphenyls*) (Computerworld, 2004).

O que fazer com a sucata é um processo complicado. A reutilização é possível nos níveis do produto, peças e componentes, e ainda existe a possibilidade do mercado de segunda mão ou a utilização de partes ou peças para manutenção. De qualquer forma, sempre haverá o momento em que o dispositivo chega ao final de sua vida e é nesta hora que entra a necessidade da existência de uma logística apropriada para conduzir o seu destino, evitando a contaminação do meio ambiente, quando descartados em aterros públicos, como mostrado na figura 12.



Figura 12: Lixo eletrônico em aterro público.

3.1.2.1

Aspectos Regulatórios

Alguns países já possuem legislação tornando o fabricante e/ou os revendedores dos produtos eletro-eletrônicos responsáveis pelo processo de destino do lixo eletrônico gerado no final de sua vida útil.

A Agência Americana de Proteção do Meio Ambiente (EPA - *Environmental Protection Agency*) vem estimulando consumidores e entidades envolvidas no processo de fabricação e distribuição de produtos, a reciclar

telefones celulares, televisores e computadores velhos, para frear o crescimento das pilhas de lixo eletrônico. Embora a EPA não tenha o poder legal para tornar essas ações obrigatórias, o governo dos Estados Unidos instituiu, em 1976, o Ato de Controle de Substâncias Tóxicas para permitir que a EPA rastreasse as 75.000 substâncias químicas industriais importadas ou produzidas no país. No entanto, esse recurso raramente é utilizado para banir substâncias usadas no processo de fabricação de produtos eletrônicos.

Os Estados Americanos têm tomado a frente da regulamentação do tratamento do lixo eletrônico (*e-waste*). Califórnia, Maine, Maryland e o estado de Washington possuem leis de devolução, que obrigam os vendedores de produtos eletrônicos a aceitarem dispositivos descartados por seus consumidores, embora apenas a Califórnia exija a coleta e reciclagem de pilhas recarregáveis encontradas no comércio de eletrônicos.

A cidade de Nova York está próxima de adotar uma das mais severas leis de reciclagem de eletrônicos dos Estados Unidos. O Legislativo municipal aprovou um projeto de lei que impõe multa de US\$ 100 a qualquer pessoa que jogue fora computadores, impressoras ou outros aparelhos eletrônicos. Reciclar os resíduos eletrônicos será compulsório e os fabricantes terão de recolher seus produtos, bem como os de empresas que já não existem. Caso a nova medida se torne lei, a coleta voluntária de eletrônicos promovida pelo município e seus programas de reciclagem seria substituída por diversos programas criados e dirigidos por empresas como Dell, Sony, Motorola e outros fabricantes de eletro-eletrônicos. Esses programas incluem recolher lixo eletrônico deixado nas ruas, aceitar devolução pelo correio, em lojas e em postos de coleta instalados nos bairros. Os fabricantes poderiam escolher sua forma predileta de programa de recolhimento e teriam de aceitar um volume suficiente de produtos para cumprir as cotas dispostas pela lei, ou estariam sujeitos a pesadas multas. Se aprovado, entrará em vigor em 2009, quando os moradores da cidade receberiam multa de US\$ 100 por jogar eletrônicos nas ruas. A partir de 2012, os fabricantes teriam de recolher equipamentos eletrônicos descartados em volume equivalente a um quarto do peso médio dos produtos que tenham vendido na cidade nos três anos anteriores. Em 2015, o mínimo subiria a 45%, e em 2018 chegaria ao máximo de 65%. Os fabricantes receberiam multa de US\$ 50 mil para cada 1% de déficit que apresentarem com relação a essas cotas. Com essa iniciativa, Nova York se

tornaria a primeira grande cidade dos Estados Unidos a adotar uma lei de reciclagem compulsória de eletrônicos que se aplica aos fabricantes. Dez Estados, entre os quais Connecticut e Nova Jersey, já adotaram medidas semelhantes (Scientific American Brasil, 2008).

A Diretiva da Comunidade Européia sobre os Resíduos de Equipamentos Eletro-Eletrônicos (WEEE – *Waste Electrical and Electronic Equipment*) da Comissão Européia, existente desde 2003, estabelece limites à quantidade de equipamentos eletrônicos, que podem entrar no sistema de recolhimento de resíduos, e obriga os fabricantes a aceitarem de volta e reciclarem os equipamentos usados de seus clientes. Outra legislação européia formulada para impedir o acúmulo de resíduos perigosos, exige que materiais mais seguros substituam os metais pesados, em novos dispositivos eletro-eletrônicos fabricados no continente europeu.

A conscientização ambiental relacionada ao lixo eletrônico nos países latino-americanos, africanos e asiáticos é pequena em comparação com a Europa e os Estados Unidos, não havendo estatísticas oficiais sobre a quantidade de lixo existente, suas origens e destinos.

A Convenção de Basiléia, de 1989, é a única regulamentação internacional a respeito do lixo eletrônico. Criada por representantes governamentais, ONGs e indústrias de cerca de 120 países, entre eles o Brasil, sua proposta é proibir o movimento de resíduos perigosos entre as fronteiras dos países participantes.

A Convenção de Basiléia é um acordo que define a organização e o movimento de resíduos sólidos e líquidos perigosos. Ela permite a concessão prévia e explícita de importação e exportação dos resíduos autorizados entre os países de modo a evitar o tráfico ilícito. O Brasil ratificou a convenção em 1993 proibindo a importação e exportação de resíduos perigosos sem consentimento.

No Brasil, onde o tempo médio para a troca de celulares é de menos de dois anos e o dos computadores, de quatro anos em empresas e cinco em residências, ainda não há uma legislação que estabeleça o destino correto para a sucata digital. A única lei vigente é a resolução 257 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que estabelece limites para o uso de substâncias tóxicas em pilhas e baterias e deixa para os fabricantes a responsabilidade de coletar e reciclar esses materiais. As indústrias são obrigadas a receber baterias usadas, encaminhando

para aterro controlado ou reciclagem. O consumidor, entretanto, não é obrigado a entregá-las, sendo o índice de devolução baixíssimo.

Recentemente, em setembro de 2007, foi encaminhado pelo Ministério do Meio Ambiente, à Câmara dos Deputados, o Projeto de Lei Nº. 1991, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos no país. É a primeira vez que o Poder Executivo tem a iniciativa de apresentar uma proposta que, transformada em lei, estabelecerá regras claras para proteger o meio ambiente e a saúde pública dos problemas causados pelos resíduos e punições criminais para quem as descumprir. Os 33 artigos objetivos a que se refere o documento tratam dos resíduos sólidos urbanos, industriais, rurais, de saúde e os chamados especiais, como entulhos da construção civil. O projeto encontra-se em tramitação.

Alguns municípios têm a tomado frente e formulado diretrizes relacionadas ao destino correto e reciclagem de lixo eletrônico. O estado de Santa Catarina está na frente nos assuntos relacionados ao destino correto e reciclagem de lixo eletrônico. Bem antes da criação do Projeto de Lei Nº.1991/2007, uma determinação estadual responsabiliza fabricantes, importadoras e empresas, que comercializam eletrônicos, pela destinação final ambientalmente adequada desses produtos. A resolução veio por meio da Lei 14.364, publicada no dia 25 de janeiro de 2008.

3.1.2.2

Os Impactos das Tecnologias de Telecomunicações

Os insumos utilizados na construção dos equipamentos e componentes de telecomunicações, como telefones celulares, cabos telefônicos, baterias, rádios, centrais de comutação, entre outros, possuem resíduos tóxicos e perigosos que podem ser danosos à biosfera e à saúde do ser humano.

Nos dias atuais, se os produtos são fabricados com insumos ecologicamente incorretos, a empresa poderá não estar bem posicionada no mercado, em relação aos seus competidores, no item ciclo de vida dos seus produtos. Mesmo assim, na maior parte dos casos, um produto é desenvolvido para atender às necessidades dos clientes, sendo que os quesitos ambientais não são fatores de seleção e são, na maioria das vezes, desconhecidos.

O ciclo de vida de um produto é dividido em:

- Processo de realização;
- Processo de utilização;
- Processo de descarte.

O tempo de uso de um produto depende certamente das necessidades do cliente, mas fatores ecológicos, sociais, econômicos e tecnológicos também devem ser levados em consideração. Na análise do ciclo de vida completo de um produto, os processos de realização e descarte devem ser casados, isto é, deve existir a concepção da reutilização, reciclagem ou reaproveitamento do produto (Nagel, 1998).

Tabela 2: Linha de suprimento para a prática de um modelo ambiental

Práticas de um modelo ambiental	Componentes e Acessórios								
	Semicondutores	Circuito impresso	Semicondutores	Conectores	Componentes passivos	Cabos e fios	Armários e racks	Acabamento	Técnicas de montagem
Substituição de materiais									
Redução do uso de substâncias									
Redução de sobras e quantidade									
Redução do uso de energia									
Desenvolvimento para reutilização									
Desenvolvimento para desmontagem									
Desenvolvimento para reciclagem									
Desenvolvimento para separação									
Desenvolvimento para reaproveitamento de energia									
Desenvolvimento para uso descartável									

No processo de realização, uma maneira rápida de visualizar e detectar os impactos na fabricação de um produto pode ser observado na tabela 2. Nela encontramos diversos componentes e acessórios e as práticas que devem ser observadas para a sua produção ecologicamente correta.

Após o processo de produção, ainda devemos considerar as etapas de transporte e empacotamento desses produtos para chegar ao seu destino final. Muitas vezes os responsáveis pelo transporte e suas políticas ambientais não são

claramente definidas, assim como os fornecedores dos materiais para o empacotamento.

O problema do ciclo de vida de um produto é extremamente complexo e objeto de estudos específicos. Apenas para termos uma visão global do mesmo, na sua interação com o meio ambiente, analisemos o diagrama esquemático da figura 13, onde $E_{p, \text{produto}}$ indica o peso ambiental de um produto em suas várias etapas de existência.

Observamos que nas fases de utilização e descarte, um fator importante, de grande peso, é o consumo de energia, que tem uma influência direta no custo do produto. Daí a necessidade de desenvolvimento de projetos de produtos que consomem menos. Observamos, também, que em todas as fases está presente o fator sobra, o que reforça a necessidade de uma logística apropriada para o seu destino, visando a proteção do meio ambiente.

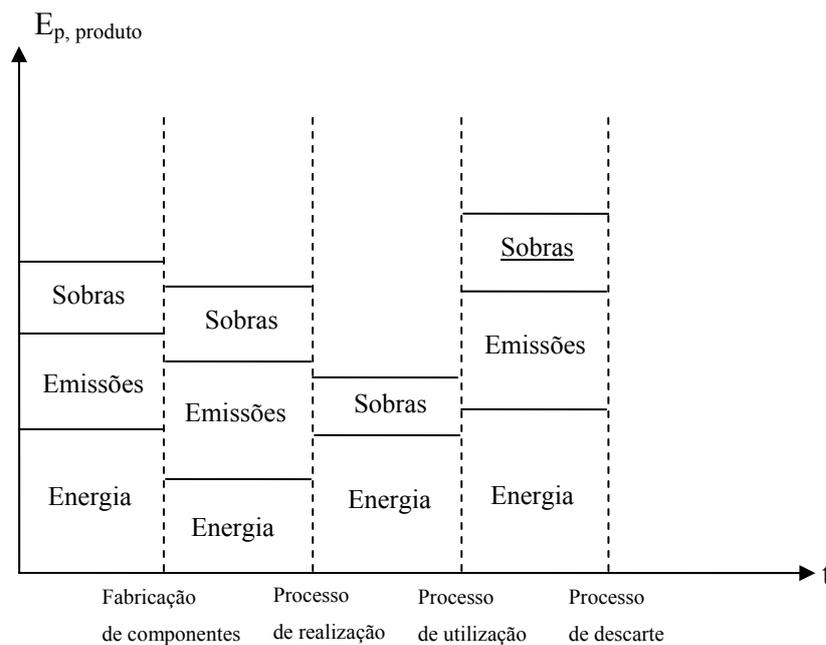


Figura 13: Ciclo de vida de um produto

Atualmente, a maneira mais empregada na redução de custos, através do prolongamento do tempo de vida de um equipamento, é a prática de atualização de *softwares*, mediante a estratégia comercial de implantação de versões sucessivas. Em média o tempo de vida útil dos equipamentos de telecomunicações é menor que dez anos.

As baterias usadas nos aparelhos celulares são fabricadas à base de níquel, cádmio, lítio e outros materiais tóxicos para os seres humanos e a maioria dos animais. Se imaginarmos que existem, atualmente, mais de 3 bilhões de aparelhos celulares em funcionamento na face da Terra, e que em média os usuários trocam as baterias dos seus aparelhos de dois em dois anos, podemos imaginar o tamanho do problema que teremos que enfrentar para definir o encaminhamento e o destino adequado para essas baterias.

Os cabos telefônicos usados nas interligações dos sistemas terrestres são revestidos com os mais variados tipos de materiais, incluindo alguns metais como chumbo e alumínio, e estruturas plásticas derivadas de petróleo, como o polietileno. Os próprios equipamentos de telecomunicações são montados com circuitos impressos, que possuem vários componentes e metais valiosos como ouro, platina e o rutênio usado em resistores, danosos ao meio ambiente.

Atualmente, os cabos de fibras óticas estão sendo usados em larga escala, substituindo os cabos metálicos, principalmente nos enlaces de longa distância e entroncamentos da rede pública. Mas, dado seu processo de fabricação, continuam impactando o meio ambiente já que são revestidos das mesmas substâncias usadas em cabos metálicos.

Tomando como exemplo o aproveitamento da construção de uma rodovia para passagem subterrânea de fibra ótica e, excluindo os impactos causados pela construção da rodovia, em si, podemos salientar os seguintes impactos do cabeamento ótico:

- Contaminação do solo – no processo de instalação, resíduos de materiais como pedaços e cabos, limalha de ferro, restos de eletro-dutos, graxa, fitas isolantes, tintas, entre outros, podem ser deixados ao longo do caminho de passagem da fibra, causando contaminação do solo;
- Desmatamento – o caminho percorrido pela fibra, geralmente na lateral da estrada, deverá ser preparado para tal. Mesmo considerando que o simples fato da construção da rodovia afeta o desmatamento da região, a passagem da fibra exige o alargamento do acostamento, aumentando a área de impacto;
- Erosão – Seja qual for o processo de cabeamento, alguma erosão estará acontecendo. Métodos mais modernos, como sopramento, minimizam esse

impacto, mas, mesmo assim, provocam a sedimentação do local onde sofrerá a intervenção;

- Alteração/ extinção de *habitat* de pequenos animais – se um estudo minucioso do solo ao longo de toda extensão da rodovia não for feito, a simples existência de um corpo estranho invadindo o solo pode interromper o deslocamento de uma colônia de pequenos animais que caminham na direção transversal da fibra;
- Alteração de fluxos de águas subterrâneas – a instalação da fibra, com seus dutos, suportes, caixas de passagens e outros mecanismos de infraestrutura, pode causar alteração na drenagem de águas pluviais;

Da mesma forma, a instalação de fibra ótica ou o cabo metálico no meio submarino produz impactos no mundo subaquático. Além dos riscos de um acidente, quando da sua instalação e manutenção, envolvendo eleodutos e gasodutos também submersos, a existência dos cabos submarinos dificulta a atividade pesqueira e cria um ambiente hostil à biota submarina.

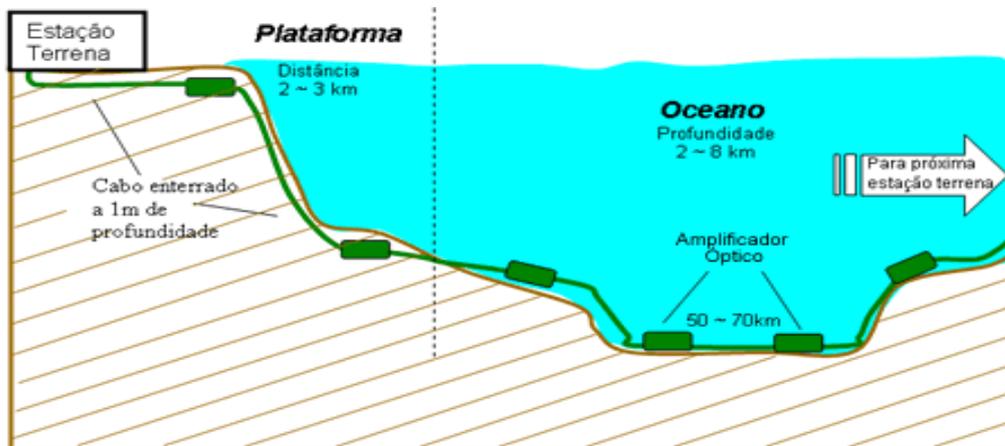


Figura 14: Perfil de um cabo submarino

Fonte: <http://www.geocities.com/sardo2005/cabo.html>



Figura 15: Principais cabos submarinos com presença no Brasil.

Fonte: <http://www.geocities.com/sardo2005/cabo.html>

Com a crescente demanda por sistemas de comunicações sem fio, torna-se cada vez mais freqüente a necessidade de instalação de estações repetidoras em morros e áreas de reserva florestal. As infra-estruturas necessárias para a adequação dessas estações requerem prédios com estrada de acesso, sistema de ar-condicionado, rede de energia, sistemas de água e esgoto, uso de baterias e geradores de energia elétrica. Além de causar desmatamento, podem criar um volume de resíduos sólidos e gasosos, capaz de causar degradação da região, contaminando o solo, o ar e águas se medidas adequadas não forem tomadas.



Figura 16: Estação repetidora de UHF no morro do Itatiaia.

Fonte: www.cram.org.br

Medidas Positivas

Os equipamentos de informática e telecomunicações contêm em seus componentes matérias-primas preciosas, que podem ser reaproveitadas com vantagens econômicas e ambientais. Vantagens econômicas porque o reaproveitamento de metais e plásticos por meio de refundição será obtido em escala adequada de reciclagem, mais barato do que o uso de matérias-primas novas. Ambientais porque, com o reaproveitamento ou reciclagem, estarão sendo poupados recursos naturais como minerais, petróleo e água, que seriam empregados na produção de matérias-primas novas, sem contar que será evitada, ou pelo menos reduzida, a poluição do solo, da água e da paisagem, com a disposição inadequada desses materiais.

Para ajudar a organizar esforços mundiais no sentido de se viabilizar a reciclagem de produtos eletrônicos em larga escala e em nível mundial, as Nações Unidas lançaram o programa StEP (*Solving the E-Waste Problem*) buscando combater o problema do lixo eletrônico. O projeto StEP já conta com o apoio das maiores empresas fabricantes de equipamentos de informática e telecomunicações do mundo. Esse esforço conjunto almeja criar padrões mundiais de processos de

reciclagem de sucata eletrônica, aumentar a vida útil dos produtos eletrônicos e desenvolver mercados para sua reutilização.

As Nações Unidas pretendem ainda fornecer aos países elementos que permitam ajudá-los na harmonização das legislações nacionais, quanto ao tratamento das sucatas eletrônicas e a coordenação de esforços públicos e privados, no sentido de retransformar o lixo eletrônico em riqueza.

No Brasil, já estão surgindo organizações especializadas nesse ramo de atividade, como é o caso das empresas Ativa Reciclagem e Suzaquim, ambas de São Paulo, que atuam no tratamento de resíduos industriais, incluindo a reciclagem de baterias de telefones celulares e monitores de computador. A Suzaquim mantém contratos com empresas como Ericsson, Gradiente, HP e Sony, chegando a receber caminhões de produtos monitorados por escolta armada para evitar que a carga seja roubada e que o produto vá parar no mercado ilegal.

Mas ainda é incipiente a participação nesse mercado, principalmente, pela ausência de uma lei que responsabilize os fabricantes pelo destino dos seus produtos quando se tornam inúteis. Apesar da falta de exigência legal, alguns fabricantes também têm se mostrado sensíveis à gestão do meio ambiente.

A Motorola mantém um programa de reciclagem que antecede a Resolução do CONAMA. A coleta é feita por meio de sua rede de assistência técnica, com lojas em todos os Estados brasileiros.

Outra que procura seguir essa linha é a fabricante de celulares Nokia, que procura orientar seus clientes nas embalagens dos produtos. Cada caixa de produto que deixa a empresa traz explicações sobre o descarte correto da bateria e orientação sobre a rede de coleta dos dispositivos, espalhados pelo País. Depois de realizar a coleta, a Nokia encaminha o produto para a Europa, para que substâncias como cádmio, aço e níquel sejam reaproveitadas, e o plástico e os circuitos internos sejam incinerados para a geração de energia elétrica.

A empresa alemã Siemens, que ainda no final da década de 80 criou seu Conselho Consultivo Ambiental, possui um departamento específico para a área e um *portfólio* de ações com indicadores ambientais, auditoria, legislação e curso de formação para auditores. Anualmente, a Siemens Brasil gera mais de 3,3 milhões de quilos de resíduos, número que inclui não apenas a produção de eletrônicos, mas também o lixo produzido pela própria infra-estrutura de pessoal da empresa. Desse total, 63% são reciclados, e o que sobra são resíduos que não têm

possibilidade de se fazer reciclagem, destinado ao aterro sanitário. A Siemens, embora separe metais e plásticos de suas sucatas eletrônicas e trate esse material no Brasil, envia partes como placas eletrônicas para Cingapura, sob responsabilidade da empresa de reciclagem Citiraya. Esta companhia é também a responsável pelos resíduos de informática da Nokia. Certos equipamentos, como baterias, não retornam porque têm outra destinação. Os produtos químicos são transformados em pigmentos de tintas, outras partes viram energia elétrica, e assim por diante (Computerworld, 2004).

3.2

Impacto Visual ou Estético

Quando falamos em poluição, logo nos vem à mente as fábricas jogando esgoto nos rios, os carros enfumaçando o ar e as plantações cheias de agrotóxicos. Quase ninguém se lembra de outros tipos de poluição que causam graves males à saúde, como é o caso da poluição visual. De uma forma geral, define-se poluição visual como tudo aquilo que agride a nossa sensibilidade, através da visão, influenciando nossa mente, sobrepondo o psicológico sobre o físico. A seguir vamos avaliar alguns dos impactos visuais causados pelas tecnologias de telecomunicações.

3.2.1

Pelas Redes Móveis de Telecomunicações

Comunicações móveis têm se tornado uma das mais importantes tecnologias do campo das telecomunicações. Os sistemas móveis não são tão recentes, alguns existem há mais de quatro décadas, tendo suas principais aplicações, na época, nos serviços de utilidade pública como polícia, defesa civil, etc. Além disso, também faziam uso desses sistemas móveis, os serviços de despacho de chamadas, em cooperativas de táxi, empresas de serviços de manutenção em campo, dentre outras. Eram sistemas que utilizavam equipamentos muito dispendiosos e, portanto, em pequena quantidade. Devido a esse fato e aliado às características e falta de versatilidade da tecnologia, os sistemas móveis do passado possuíam poucas Estações Rádio Base (ERB).

Com o advento da telefonia celular, a aplicação da técnica de reuso de frequência fez com que o número de Estações Rádio Base se multiplicasse. Como podemos observar da figura 17, a área de abrangência do sistema celular fica dividida em células, cada qual atendida por uma ERB.

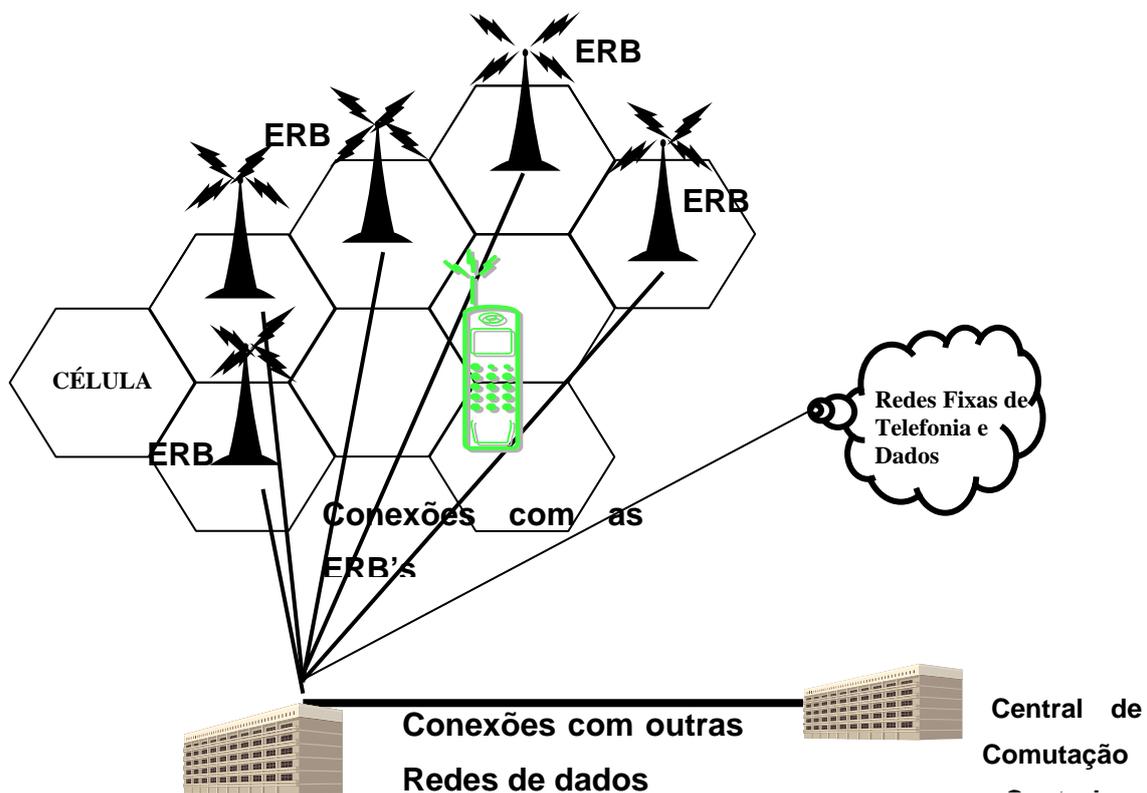


Figura 17: Sistema Celular Típico

As ERB's são equipamentos de transmissão e recepção de sinais e antenas, montados em torres ou pedestais, dependendo da sua localização no solo ou no topo ou fachada de prédio, respectivamente. A figura 18 mostra fotos de ERB montada em torre e a figura 19, o compartilhamento de EBS no topo de prédio.



Figura 18: Foto de uma ERB montada em torre.
(http://br.geocities.com/lucosa0077/torres/000_0562800.jpg)



Figura 19: Foto de ERB montada no topo de prédio

Os benefícios trazidos pelas comunicações móveis tiveram como consequência imediata uma demanda crescente e explosiva, tendo sua potencialidade de negócio atingido cifras surpreendentes, uma vez que foi capaz de gerar a necessidade de seu uso a nível pessoal. Para atender a esse mercado gigantesco, os sistemas tiveram que ser estruturados com um número explosivo de ERB's, objetivando atender aos usuários em qualquer lugar, com qualidade e confiabilidade.

O rápido desenvolvimento da *Internet*, suas aplicações e novos serviços criaram, ainda, maiores motivadores para a evolução dos sistemas de comunicações móveis. Prevê-se que, num futuro próximo, mais da metade das redes sejam, pelo menos, parcialmente sem fios. Isto significa a instalação de novas e muitas Estações Radio Base, agravando ainda mais a poluição visual,

principalmente nas grandes cidades. As torres de telecomunicações em particular, historicamente, têm sido projetadas para atender a requisitos meramente técnicos, não tendo qualquer compromisso com aspectos arquitetônicos.

O grande número de estações rádio base instaladas para atender a demanda do serviço de telefonia móvel, associadas aos vários outros sistemas de comunicações sem fio, tais como os sistemas de radiodifusão comercial, de televisão, de comunicações de dados, de radar, radiocomunicação, comunicação por satélite, tem contribuído para produzir um impacto estético considerável no meio ambiente, afetando o panorama das cidades, e tem sido preocupação crescente do poder público e da sociedade em geral.

A figura 20 mostra um panorama da situação estética da Av. Paulista, na Cidade de São Paulo, com as antenas existentes para atender aos diversos serviços de telecomunicações, como telefonia celular, rádio e televisão, transmissão de dados, serviço de rádio móvel especializado, etc.



Figura 20: Panorama da Av. Paulista, em São Paulo

A figura 21 mostra algumas ERB's instaladas no bairro de São Conrado, no Rio de Janeiro.

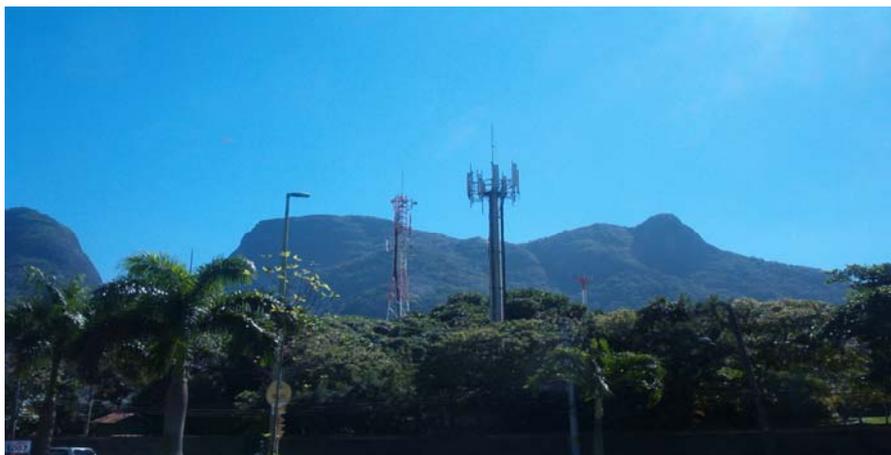


Figura 21: ERB's instaladas em São Conrado – RJ

Outro ponto que merece preocupação é a interferência na paisagem em áreas tombadas pelo patrimônio histórico. Em muitas cidades brasileiras imóveis e áreas tombadas estão sendo agredidas pela instalação de antenas de telefonia celular, mesmo sem licença ou com pedidos negados para operação.

O bairro do Pacaembu, em São Paulo, foi a primeira região afetada pela corrida das operadoras por sinais de transmissão. Até 24 de setembro de 2005, foram identificadas seis antenas irregulares. A mais emblemática estava instalada no Estádio do Pacaembu, tombado pela Condephaat desde 1995, mostrada na figura 22. (Amorim, 2006)



Figura 22: Antena irregular no Estádio do Pacaembu-SP

Também na antiga sede da Prefeitura de São Paulo, o Palácio das Indústrias, no parque Don Pedro II, igualmente tombado pelo Condephaat, havia uma antena de telefonia celular instalada, conforme pode ser vista na figura 23.



Figura 23: Antena irregular no Palácio das Indústrias – SP

A corrida das antenas não poupou nem um marco da cidade de São Paulo, a Torre do Relógio, no Jaguaré, zona oeste da cidade, mirante dos anos 30, tombado em 1999. Na área de preservação, foi instalada ilegalmente uma antena de telefonia celular (figura 24) e, recentemente, teve seu pedido de regularização negado pelo Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo (Compresp).



Figura 24: Antena interferindo na paisagem do Mirante de Jaguaré – SP

Para que este panorama se modifique é preciso haver uma iniciativa dos órgãos competentes no sentido de priorizar a elaboração de legislação adequada ou a aplicação da legislação existente. Neste contexto, torna-se altamente relevante o engajamento da sociedade no sentido de exigir dos poderes constituídos o cumprimento das suas competências.

Algumas prefeituras, atentas a essa problemática, já vêm incluindo em sua legislação orgânica normas específicas, visando disciplinar a instalação de Estações Rádio Base no Município. Tomando como exemplo a Lei aprovada para o município de Niterói, no Rio de Janeiro, ressaltamos algumas diretrizes consideradas dentro desse enfoque:

- É vedada a instalação de ERB em praças, parques, jardins, largos públicos, áreas verdes e bens de uso especial;
- A instalação de antenas em postes ou torres situados em canteiros centrais de vias públicas e em vias da orla marítima será permitida, desde que, com uso de camuflagem e/ou adequação cenográfica, a critério do órgão competente;
- Será objeto de análise especial, sujeitos ao Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) e justificativa técnica, a instalação de torres, postes ou mastros e Estações Rádio Base nos seguintes locais:
 - Área de Especial Interesse Ambiental;
 - Área de Especial Interesse Paisagístico;
 - Zona de Restrição a Ocupação Urbana;
 - Área de Proteção Ambiental;
 - Reserva particular do Patrimônio Natural (Municipal);

As torres a serem implantadas nas áreas citadas acima receberão o tratamento de camuflagem para reduzir o impacto visual.

- Na vizinhança ou entorno de bens tombados, a autorização para instalação de ERB e equipamentos afins só poderá ser dada mediante parecer prévio do órgão ou instituição competente.
- Para a instalação de ERB em prédios será necessária a obtenção de aprovação em assembléia geral do condomínio, contando em ata registrada em cartório e acompanhada da apresentação da convenção do condomínio.

Se houver alteração de fachada, a aprovação exigirá a unanimidade dos condôminos.

Possíveis ações podem ser utilizadas para reduzir os impactos paisagísticos e até mesmo agregar algumas características arquitetônicas no visual da região onde a instalação vai ser efetuada. As técnicas mais utilizadas são:

INTEGRAÇÃO

Nesta procuram-se adotar medidas para conseguir com que o elemento potencial impactante se transforme em um elemento integrado com a paisagem local, através da adequação de projetos, utilização de acabamentos, etc. (Telefônica. Actuaciones Medioambientales. Espanha, 2006).

OCULTAÇÃO

Pode ser implementada com ações como pintar torres de verde em áreas de vegetação, ocultar antenas atrás de painéis publicitários ou fazer uso da técnica de micro células.

CAMUFLAGEM

É considerada o grau máximo da integração. Nela, as modificações das características do elemento potencialmente impactante são tais que imagens de tijolos, azulejos, pisos, madeira, folhas de árvores, e até animais podem ser reproduzidas no invólucro da antena, tecnicamente chamado de radome. Os requerimentos estéticos e ambientais impostos pela sociedade agregam compromissos de formato, pintura e camuflagem ao radome.

A adoção de um dos métodos acima e as medidas corretivas correspondentes depende, essencialmente, do tipo de projeto que se está avaliando, assim como das características visuais das regiões afetadas. As figuras 25 a 30 ilustram alguns exemplos de utilização de radome para integração de ERB ao meio ambiente, de tal forma a minimizar o seu impacto visual.



Figura 25: Antena localizada em condomínio residencial em Caraguatatuba – SP (Fonte: Revista CREA, 2006).



Figura 26: Detalhe de radome em fachada de prédio, em Los Angeles –US, e outras pinturas para o radome. (<http://www.kramerfirm.com/cells/index.php>)



Figura 27: Antenas junto a rodovia, em Portugal.

(<http://www.figmento.blogspot.com/search/label/oddities-wonders.htm>)



Figura 28: Antenas imitando palmeira, Sul da Califórnia - US.

(<http://www.kramerfirm.com/cells/index.php>)



Figura 29: Antenas na torre do sino da igreja, em Pomona, Califórnia - US.

(<http://www.kramerfirm.com/cells/index.php>)



Figura 30: Antena em forma de cacto, integrando a paisagem de Fountain Hills, Arizona - US. (<http://www.kramerfirm.com/cells/index.php>)

Esses são apenas alguns exemplos de adequação cenográfica de estações rádio base, mas enfatizam como a criatividade humana é capaz de agregar-se aos requisitos técnicos de um dispositivo, como uma ERB, para minimizar os problemas estéticos em uma cidade. É bem verdade que, qualquer que seja a forma arquitetônica adotada para o radome, existirá manifestação daqueles que não ficarão satisfeitos, pois formas e belezas dependem da sensibilidade de cada um. Um outro ponto importante para ser salientado, é que a aplicação e nível de sofisticação da camuflagem, vão depender em muito das características e exigências do local onde o dispositivo vai ser instalado.

3.2.2

Pelas Redes Fixas ou Cabeadas

Uma situação não menos preocupante também se configura nas redes fixas terrestres de telecomunicações, as chamadas redes cabeadas.

Dado a crescente necessidade de canais de banda larga, com exigências de capacidade de transmissão cada vez maior para suportar as aplicações multimídia, as redes são construídas com fibras óticas até as proximidades das dependências dos usuários, onde são instalados armários para armazenar os equipamentos que farão as interfaces com os domicílios dos usuários. Situação semelhante também ocorre com a telefonia, onde centrais de comutação de pequeno porte são

acomodadas em armários interligados à central mãe por cabos óticos. A figura 31 mostra uma visão desse armário usado em telefonia.



Figura 31: Foto armário externo

(<http://www.engesul.net/fotos.html>)

Os armários de interfaces de fibras são geralmente localizados em calçadas públicas, em frente a prédios residenciais ou comerciais e são totalmente desassistidos operacionalmente. Além de reduzir o espaço das calçadas destinado aos pedestres, não apresentam qualquer compromisso de estética e conservação com a arquitetura do local. As figuras 32 a 34 mostram a situação atual de armários localizados no bairro de Copacabana, no Rio de Janeiro.



Figura 32: Armário fibra ótica instalado na Rua Duvivier



Figura 33: Armário fibra ótica instalado na Rua Rodolfo Dantas



Figura 34: Armário fibra ótica instalado na Rua Hilário de Gouvêa

Uma possível solução alternativa para esse problema seria a localização do armário, ou dos seus equipamentos, em algum compartimento dentro de um prédio, nas proximidades do local desejado pela operadora de telecomunicações, contratado especificamente para esse fim. Além de resolver o problema estético, também ficaria mais protegido de possíveis agentes agressores. Infelizmente, não tem sido uma prática adotada.

Além dos impactos mencionados acima, nas regiões urbanizadas o cabeamento das redes de telecomunicações, misturado com a rede elétrica e outras, provoca muitas vezes um impacto visual negativo e/ou inadequado do espaço urbano e subsolo, trazendo desorganização e uma aparência desagradável e

muitas vezes, perigosa aos técnicos, habitantes e transeuntes. As figuras 35 e 36 ilustram alguns exemplos.



Figura 35: Vista das redes elétrica e telefônica na Barra da Tijuca (Rua Olegário Maciel) – RJ.



Figura 36: Vista das redes elétrica e telefônica na Barra da Tijuca (Praça Euvaldo Ludi) - RJ.

Dessa maneira, e com o visível aumento pela demanda de serviços de telecomunicações, faz-se necessário, cada vez mais, um planejamento urbano integrado, isto é, a necessidade da integração dos sistemas de telecomunicações entre diferentes operadoras, e com outros serviços urbanos, como redes de energia

elétrica, abastecimento de águas, saneamento, gás canalizado, etc., e com os órgãos de urbanismo das prefeituras. Essa integração é bastante desejável, não só pela racionalização do espaço urbano, como também pela minimização dos transtornos causados à população como um todo (Neto, 1991).

Existe, na legislação brasileira, conteúdo que permite enquadrar a poluição visual como crime ambiental. Apesar disso, quase nenhuma jurisprudência existe sobre o assunto, em parte porque, pelo senso comum, a idéia de poluição sempre foi conectada à profanação do meio ambiente natural, como a água, o ar e o solo, demorando a despertar a atenção de administradores públicos. A poluição visual das áreas urbanas ocorre, portanto, ou com o consentimento do poder público municipal, ou pela ineficiência ou negligência dele.

O inciso VIII do art. 30 da Constituição Federal incumbe ao Município

“Promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano”.

Assim, a exigência de solução ou minimização da poluição visual causada pelas tecnologias de telecomunicações é de responsabilidade das prefeituras, a quem cabe enquadrar as instalações de toda infra-estrutura da cidade dentro do seu Plano Diretor de Construções e Paisagismo. Alguns municípios brasileiros, como São Paulo, Curitiba, Porto Alegre, Niterói, já vêm adotando diretrizes para normatizar as instalações de telecomunicações, compatibilizando-as com o meio ambiente, mas ainda é muito incipiente essa preocupação no contexto geral.

As empresas prestadoras de telefonia celular começaram a questionar as normas municipais, alegando que estas não respeitariam a competência federal para regulamentar as telecomunicações. No entanto a própria Lei Geral de Telecomunicações, em seu artigo 74 diz:

“A concessão, permissão ou autorização de serviços de telecomunicações não isenta a prestadora do atendimento das 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.”

O regulamento do Serviço Móvel Celular, editado anteriormente à referida lei, também já estabelecia em seu art. 28, parágrafo único, que:

“A instalação desses equipamentos, com a correspondente edificação, torres, antenas, bem como a instalação de linhas físicas em logradouros públicos ficará condicionada ao cumprimento, pela concessionária, das diretrizes municipais e de outras exigências legais pertinentes a cada local.”

A Lei Federal 6938/81, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, em seu art. 6, parágrafo 2º, estabelece que os Municípios, observadas as normas federais e estaduais, também poderão elaborar normas supletivas e padrões relacionados com o meio ambiente.

Já a Resolução do CONAMA, 237/97, que regulamenta o licenciamento ambiental, dispõe no art. 2, parágrafo 2º que compete ao órgão ambiental, incluindo-se aí o órgão ambiental municipal, definir os critérios de exigibilidade, o detalhamento e a complementação do anexo I dessa Resolução, levando em consideração as especificidades, os riscos ambientais, o porte e outras características do empreendimento ou atividade.

Daí, conclui-se que todos os aspectos da poluição visual causados pela implantação das diversas tecnologias de telecomunicações, estão concentrados no âmbito municipal, logo se trata de típica atividade de impacto local, motivo pelo qual não estava prevista no anexo I da Resolução 237/97 do CONAMA. Quando os municípios legislam sobre a instalação de estações rádio base, determinando o licenciamento ambiental, nada mais estão fazendo do que suplementando o anexo I da Resolução 237/97 do CONAMA.

Um bom exemplo de administração municipal a ser seguido é o que acontece com a cidade de Calgary, no Canadá, considerada uma das cinco cidades mais limpas do mundo e a mais limpa do Canadá. A figura 37 mostra uma vista da cidade de Calgary.

Dentre os critérios para ser considerada uma cidade limpa estão o planejamento urbano e o investimento maciço em infra-estrutura de transporte, energia, telecomunicações, sobretudo com uma forte ênfase em desenvolvimento sustentável, não deixando de citar que uma cidade limpa depende, em grande parte, do esclarecimento e consciência das pessoas.

Para ser considerada limpa, a cidade tem que resolver muitos problemas que, se não resolvidos, podem levar a más condições sanitárias e problemas de saúde, assim como estagnação econômica. A instalação de sistemas de telecomunicações, produção e distribuição de energia para a indústria e residências, infra-estrutura de transporte, tratamento de lixo, etc., deve ser planejada e executada racionalmente, e isso significa alguma forma de regulamento e controle.



Figura 37: Vista panorâmica da Cidade de Calgary – Canadá
(<http://www.forbes.com/2007/04/16/worlds-cleanest-cities>)

É interessante notar que o tamanho não é um fator preponderante, nem em termos de número da população nem de área geográfica, para considerações de cidade limpa. As características em comum das cidades limpas são o foco em tecnologia de ponta, educação e administração pública eficiente e voltada para o bem estar da população.

No Brasil, a concepção de cidade limpa está muito longe de ser alcançada, mas de alguma forma a cidade de São Paulo saiu na frente, com o projeto Cidade Limpa, que foi aprovado em setembro de 2006.

O foco inicial foi a poluição causada pelas publicidades em *outdoors*, cartazes em muros e postes, empenas de prédio, painéis eletrônicos, enfim, tudo o que polui visualmente a cidade. É claro que ainda tem muito a ser feito como atacar as pichações, a sujeira, melhorar a iluminação pública, a fiação dos postes, etc., mas não deixa de ser um começo. (<http://www.yabu.com.br/blog/2006/09/27/projeto-cidade-limpa-e-aprovado-o/>).

3.3

A Influência das Tecnologias Sem Fio na Saúde das Pessoas

A configuração da rede de telefonia celular considera um número muito grande de Estações Rádio Base (ERB), onde se localizam as antenas transceptoras de sinais de radiofrequências, cada qual cobrindo uma área relativamente pequena, chamada célula. Com isto, é possível o uso de aparelhos celulares bem pequenos, que cabem na palma da mão e funcionam com baixa potência. A transmissão entre a antena e o aparelho se dá por meio de ondas eletromagnéticas, que se propagam no espaço com comprimentos de ondas menores que 40 cm. Estas ondas são chamadas de microondas e seus efeitos são objeto de estudo no mundo todo.

Através do aparelho celular, o usuário comunica-se com a estação rádio base mais próxima que, por sua vez, se interliga com outras ERB's, e com a rede telefônica fixa convencional. Dessa forma, o usuário pode se movimentar livremente na região coberta pelas radiações eletromagnéticas oriundas dessas antenas, mantendo a sua ligação íntegra durante toda conversação. Esse é o princípio da mobilidade que faz do celular uma ferramenta indispensável na dinâmica da vida atual.

Ao se deslocar pela área de cobertura, a potência de comunicação do aparelho do usuário com a antena varia, aumentando e diminuindo, na medida em que se afasta e se aproxima da ERB, respectivamente. Esse fato, associado à manipulação dos aparelhos nas proximidades do corpo humano leva a uma maior probabilidade de que os efeitos adversos, devido ao seu uso, sejam focados mais nos aparelhos do que nas emissões das antenas das ERB's. O efeito da exposição humana à radiofrequência emitida pelos aparelhos celulares é muitas vezes superior ao emitido pelas estações-base (OMS, 2006).

O rumo das investigações da influência na saúde das pessoas provocadas pela telefonia celular, bem como outros sistemas baseados nas tecnologias sem fios, tem-se concentrado nas seguintes áreas:

- Possibilidades de causa de câncer;
- Interferências eletromagnéticas em ambientes hospitalares;
- Acidentes na aviação;

- Acidentes no trânsito.

Um marco histórico, que provocou a histeria com as possibilidades da telefonia celular causar danos à saúde das pessoas, pode ser reportado com o episódio de 1993, quando um americano chamado David Reynard apareceu num programa de televisão de grande audiência nos Estados Unidos, alegando que o uso de telefone celular havia causado o câncer que matara a sua esposa. Naquela ocasião, deu-se origem a uma grande discussão envolvendo a mídia, a opinião pública e órgãos do governo, sobre a influência da tecnologia celular na vida da população. Baseado na norma C.95.1, de 1991, do IEEE - *Institute of Electrical and Electronic Engineering*, foi mostrado que o local onde residia David Reynard e sua família ficava dentro dos limites de segurança estabelecidos para as radiações eletromagnéticas provenientes da rede celular, e que nenhum malefício proveniente desse sistema poderia ter afetado a saúde de sua esposa. O processo movido por Reynard foi arquivado em 1995, sem ganho de causa, por falta de comprovação científica (Revista INATEL-2002, pág. 41). Desde então, as pesquisas sobre o assunto vêm crescendo, em especial sobre as possibilidades de aparecimento de câncer em usuários de celulares.

O mundo conta, atualmente, com mais de três bilhões de telefones celulares em uso e, no Brasil, estamos alcançado a marca de quase um telefone celular por habitante (Anatel, 2009). Esses números, por si só, justificam a necessidade de políticas governamentais claras e abrangentes bem como esclarecimentos substanciais e consistentes aos cidadãos sobre a coexistência dos sistemas de tecnologia sem fio com a vida dos seres humanos na face da Terra.

A influência das radiações eletromagnéticas na saúde das pessoas depende, entre outros fatores, da intensidade e tempo da exposição, e da frequência de operação dos sistemas. Os atuais sistemas celulares, de segunda e terceira gerações, operam na faixa de frequência de 800 MHz a 1.9 GHz, e com um perfil de uso caracterizado pelas atuais aplicações de voz e dados. Dentro de muito pouco tempo, estaremos convivendo com a quarta geração da telefonia celular e outras formas de comunicação sem fios, com patamares de utilização e frequências de operação ainda maiores. Este cenário reforça a tese de que, se é que essas tecnologias não causam malefício à vida, funcionando dentro dos seus parâmetros autorizados, com muito mais razão, devem ser adequadamente normatizadas e monitoradas com maior rigor.

Enquanto os sistemas celulares de terceira geração foram desenvolvidos para suportar comunicação de dados em alta velocidade, na ordem de alguns mega bits por segundo, a quarta geração se propõe a transformar o convencional aparelho celular num verdadeiro veículo de multimídia interativa, com um perfil de alta utilização e se comunicando em velocidades no patamar de centenas de megabits por segundo. Para que isto seja viável, o sistema deverá contar com canais de comunicação em banda de frequência muito larga, podendo chegar a 20 MHz, trabalhando em frequências de operação superiores às dos sistemas de terceira geração.

Os estudos sobre os efeitos das radiações eletromagnéticas, em especial as produzidas pelos componentes dos sistemas de telefonia celular, continuam sendo desenvolvidos e pesquisados em profundidade, nas suas várias facetas, objetivando descobrir como afetam as formas de vida na Terra e a saúde dos seres humanos. A figura 38 mostra os 10 países com maior número de publicações, até 2007, sobre efeitos biológicos da telefonia celular.

10 países com maior número de publicações

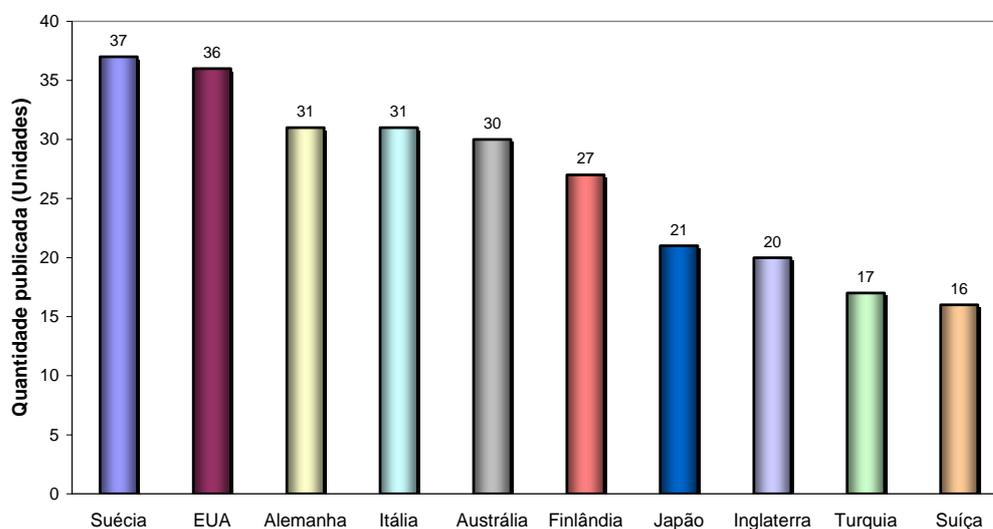


Figura 38: Fonte: Dissertação de Mestrado de Betânia Bussinger – UFF, 2007.

3.3.1

Espectro de freqüências e as radiações

Nós convivemos com radiações eletromagnéticas desde o nascimento do universo; luz é a sua forma mais familiar. Toda humanidade agora está exposta a vários níveis dos chamados “Efeitos dos Campos Eletromagnéticos” (EMF – *Electromagnetic Fields*) e, é certo, que o nível desses campos continuará a crescer com o avanço da ciência e o desenvolvimento da tecnologia.

Em geral, as ondas eletromagnéticas podem ser classificadas com base nos seus parâmetros: energia (E), freqüência (f) e comprimento de onda (λ). Esses parâmetros estão inter-relacionados, isto é, a uma freqüência corresponde um determinado comprimento de onda e vice versa; a energia quântica irradiada por uma fonte é proporcional à freqüência, segundo a expressão $E = h \cdot f$, sendo h a constante de Planck. O espectro eletromagnético reúne, de forma prática e resumida, a classificação das distintas ondas, em função dessas variáveis, permitindo uma clara diferenciação entre elas. A figura 39 mostra o espectro eletromagnético, com as diversas faixas de freqüências, comprimento de onda e a separação entre a radiação ionizante a não-ionizante.

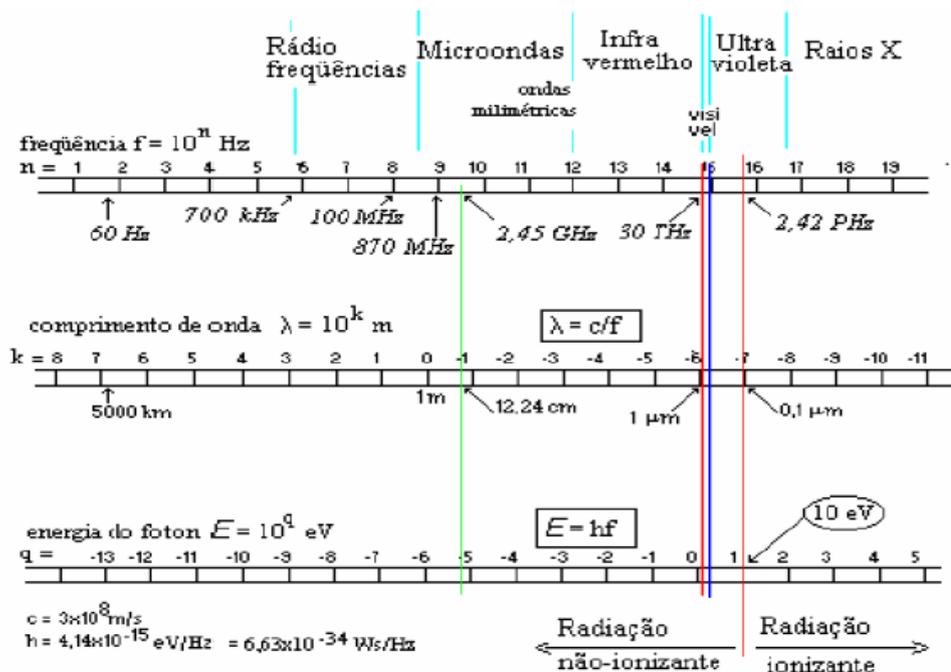


Figura 39: Espectro Eletromagnético

As ondas classificadas como microondas, nas quais os sistemas de telefonia celular operam, são as radiações eletromagnéticas que se estendem pela região do espectro de 10 cm até 1 m. São mais comumente referenciadas em Hertz e seus múltiplos, neste caso, compreendidos entre 300 GHz a 300 MHz, respectivamente.

As radiações eletromagnéticas são caracterizadas pelo seu comprimento de onda, frequência e energia irradiada, sendo divididas em duas classes principais: radiações ionizantes e radiações não-ionizantes.

Radiações Ionizantes

Radiações ionizantes são aquelas que se caracterizam pela capacidade de ionizar átomos de matéria com os quais interagem. A capacidade de ionizar depende da energia da radiação e do material com o qual está interagindo. Por exemplo, a energia necessária para fazer com que um elétron escape de sua órbita num átomo, varia de 2.5 a 25 eV (1 eV=1.6 x 10⁻¹⁹ Joules), dependendo do elemento considerado.

As radiações eletromagnéticas capazes de destruir material biológico, necessitam ter energia de, pelo menos, 10 eV, o que significa que somente radiações com frequência igual ou superior ao do ultravioleta curto tem efeito ionizante (Senise, 2002).

As radiações ionizantes vêm sendo estudadas há muito tempo, quanto a seus efeitos, uma vez que são muito perigosas para os seres vivos, em função da quantidade de energia irradiada e da capacidade de penetração. Evidentemente, seus efeitos dependem de fatores como tempo de exposição, medidas de proteção e das características do sistema de irradiação. Como exemplo, temos os raios x, radiações alfa, beta e gama, produzidas por fontes como: equipamentos de radiologia, radiações cósmicas e telúricas, certos materiais de construção, artefatos luminescentes, chuvas radioativas, pára-raios radioativos, etc.

Um organismo complexo como o corpo humano sofre determinados efeitos somáticos, restritos ao próprio corpo e, também, efeitos genéticos que são transmissíveis às gerações seguintes. Os fenômenos físicos responsáveis pelo compartilhamento da energia entre as células devido à radiação são a ionização e excitação dos átomos. Os fenômenos químicos surgem em seguida e provocam a ruptura das ligações entre os átomos ou moléculas, formando radicais livres, num

intervalo de tempo muito pequeno e, como consequência, surgem os fenômenos biológicos. Estes últimos alteram as funções específicas das células e são responsáveis pela diminuição da atividade da substância viva do organismo. Os efeitos biológicos caracterizam-se, também, pelas variações morfológicas, que são alterações em certas funções essenciais da célula ou, então, a morte imediata da célula. As células que têm mais atividade são mais sensíveis.

Os principais efeitos biológicos verificados, associados à exposição a estas radiações, podem ser leucemia e outros tipos de câncer, cataratas, redução da fertilidade, envelhecimento precoce, entre outros. Segundo pesquisas mais recentes, estas radiações poderiam, também, potencializar os efeitos contaminantes químicos do ar, podendo alterar o equilíbrio dos seres humanos, afetando a descendência e, portanto, as futuras gerações (Moreno, 2001). Devemos, entretanto, considerar que as radiações ionizantes são aqui referenciadas por questões meramente ilustrativas da classificação das radiações, não afetando o escopo do trabalho, pois não são usadas em sistemas de telecomunicações.

Radiações Não-Ionizantes

Em frequências mais baixas que as das emissões de luz, incluindo as faixas de microondas, os campos eletromagnéticos não possuem energia quântica suficiente para provocar a quebra das ligações químicas como no caso anterior, sendo as radiações chamadas de não-ionizantes. Geralmente, consideramos como não-ionizantes, emissões de energia abaixo de 10 eV e com comprimentos de onda maior que 200 nm. Esta faixa compreende as radiações ultravioletas, infravermelho, luz visível e radiofrequências, incluindo as microondas.

Os possíveis efeitos biológicos das radiações não-ionizantes sobre o corpo humano dependem, substancialmente, de fatores como frequência, intensidade e tempo de exposição. O quadro na tabela 3 relata algumas consequências da exposição aos campos eletromagnéticos nas frequências de microondas, factíveis de ocorrerem, somente, em condições de altas intensidades e/ou exposições prolongadas..

Tabela 3: Efeitos das radiações não-ionizantes

FREQUENCIA (MHz)	COMPRIMENTO DE ONDA (cm)	LOCAL DE MAIOR EFEITO	PRINCIPAL EFEITO BIOLÓGICO
> 10.000	<3	Pele	A superfície da pele age como refletor ou absorvente, com efeito, de aquecimento.
10.000	3	Pele	Aquecimento da pele com sensação de calor
10.000 a 3.000	3 a 10	Camadas superficiais a pele Lentes dos olhos	Lentes dos olhos e testículos são particularmente sensíveis
10.000 a 1.000	3 a 30	Lentes dos olhos	Formação de cataratas e danos aos testículos
1.200 a 150	25 a 200	Órgãos internos	Prejuízos aos órgãos internos por sobre-aquecimento
< 150	>200		O corpo é transparente

SAR - Specific Absorption Rate

O SAR é um importante parâmetro de avaliação da exposição do corpo humano à radiação eletromagnética. Mede a taxa de absorção específica e representa a taxa de potência que é absorvida pelo corpo, por unidade de massa [W/kg]. Corresponde a uma média espacial de toda massa exposta a radiações com frequência maiores que 10 MHz. Esse limite de 10 MHz é estabelecido porque em frequências menores, os efeitos biológicos da exposição humana são mais bem correlacionados com as densidades de corrente resultantes no corpo.

Como potência está relacionada diretamente com a energia em um dado tempo, a SAR pode ser considerada como aumento da energia absorvida em um intervalo de tempo dW , num elemento de volume dV , de massa dm , e densidade ρ . Assim,

$$SAR = d / dt(dW / dm)$$

$$SAR = d / dt(dW / \rho dV)$$

$$SAR = (\sigma / 2\rho) |E|^2$$

Sendo que σ corresponde à condutividade da massa onde ocorreu a absorção.

A SAR também é diretamente proporcional à temperatura, caracterizando os chamados efeitos térmicos.

$$SAR = C_p \cdot (dT / dt),$$

sendo C_p o calor específico do tecido [J/kg .°C] e T a temperatura [°C].

Para exposição do corpo inteiro, por exemplo, a SAR média pode ser considerada como a relação entre a potência total absorvida pelo corpo e sua massa. O aquecimento devido a SAR é menor em tecidos gordurosos do que nos músculos, devido à diferença do conteúdo de água. O aquecimento no músculo decai exponencialmente com a penetração, sendo o decaimento menos acentuado para frequências menores.

A dependência da SAR com a frequência pode ser avaliada da seguinte forma:

- Abaixo de 300 kHz, os efeitos não térmicos são predominantes;
- Abaixo de 30 MHz, a energia de absorção diminui com o decaimento da frequência;
- Entre 30 MHz e 400 MHz, o tamanho do corpo e o comprimento de onda são de mesma ordem de grandeza e, com isso, a absorção da radiação é maior, e os efeitos térmicos predominam;
- Acima de 400 MHz, o comprimento de onda é menor, a penetração da radiação é menor, e pode ocorrer a produção de locais sobre-aquecidos no corpo, como, por exemplo, a cabeça, pescoço, etc.

Particularmente, em patamares mais elevados da faixa de microondas, a condutividade é alta, já que o corpo possui grande quantidade de água, que apresenta ressonância naquela faixa. O aquecimento é resultado da absorção do campo eletromagnético em um meio dissipativo, onde parte da energia é refletida pela pele e parte penetra, dissipando-se rapidamente com a profundidade. A absorção acontece principalmente em função do movimento dos dipolos da água e de íons dissolvidos. A proporção de água é, portanto, um parâmetro importante quando se determinam as propriedades dielétricas do tecido.

A taxa com que o corpo humano absorve energia eletromagnética varia com a frequência e é baixa na faixa dos celulares. Entretanto, a resposta térmica do corpo humano depende de alguns fatores, tais como a taxa de absorção específica (SAR). É uma medida de energia absorvida que pode ou não ser dissipada em forma de calor. Depende ainda da cobertura do corpo (roupas), condição

fisiológica, meio ambiente, da parte específica do corpo e da vascularização nesta região, em se tratando apenas de radiação. Em situações normais, os vasos sanguíneos se dilatam e o aquecimento é reduzido e /ou removido pela corrente sanguínea. Desta forma, o principal risco de dano térmico se concentra nas áreas de baixa vascularização, como por exemplo, os olhos e a têmpora. Os olhos são considerados órgãos muito críticos com relação ao efeito das radiações não-ionizantes, sendo bastante suscetíveis ao efeito térmico. Outros efeitos térmicos pesquisados e conhecidos, tais como queimaduras externas ou internas, exaustão e choque térmico ocorrem apenas sob exposições de alta intensidade.

Além dos efeitos térmicos, discutem-se ainda uma outra forma de reação do organismo humano às radiações não-ionizantes, de natureza fisiológica e comportamental. São os chamados efeitos não térmicos, para os quais existe, também, uma série de estudos que destacam o risco efetivo da exposição a quaisquer níveis de radiação. O ponto central de tais pesquisas é de que a exposição às microondas, mesmo em baixas intensidades, pode resultar em distúrbios nervosos, como dores de cabeça, fadiga, tontura, perda de memória, insônia, depressão, etc.

As normas internacionais de exposição, elaboradas para proteger o cidadão contra os possíveis danos a saúde, causados pelas ondas eletromagnéticas, são baseadas nos efeitos de aquecimento dessas ondas sobre o corpo exposto, pois esses são os efeitos físicos factíveis de serem mensuráveis. Os efeitos não térmicos são ligados a sensibilidades que certas pessoas possam ter, quando expostas às radiações eletromagnéticas, fenômenos esses ainda muito questionados no meio científico.

A tabela 4 mostra os níveis de SAR considerados seguros, adotados no Brasil, na Resolução N° 303-2002 da Anatel.

Tabela 4: Valores da “SAR” na Resolução N° 303, da Anatel

Categoria da exposição	SAR média de corpo inteiro (W/kg)	SAR localizada (cabeça e tronco) (W/kg/10g)	SAR localizada (membros) (W/kg/10g)
Ocupacional	0.4	10	20
Público em geral	0.08	2	4

O público em geral, compreende cidadãos de todas as idades e de diferentes condições de saúde, que podem estar expostos à radiação 24 horas por dia, durante toda a vida, enquanto que grupos ocupacionalmente expostos consistem de profissionais que trabalham em atividades junto aos sistemas, sendo expostos sob condições hipoteticamente controladas; são treinados para tomar precauções para evitar os riscos da exposição. (Elbern, 2008)

A SAR média, bem como a distribuição da SAR pelo corpo, pode ser obtida a partir de medidas em laboratório feitas em maquetes de corpo humano, ou estimada computacionalmente. Diversos aplicativos com esse objetivo implementam o “Método das Diferenças Finitas no Domínio do Tempo” (FDTD), uma técnica que tem sido largamente utilizada para a solução de problemas de eletromagnetismo, que não possuem solução analítica fechada. A figura 40 traz o resultado gráfico de uma simulação do uso de um terminal móvel celular junto à cabeça, obtido através de um algoritmo que implementa o FDTD. As cores indicam o valor relativo da intensidade de campo elétrico, sendo mais intenso à medida que a cor tende ao azul escuro. (Taflove, 1995).

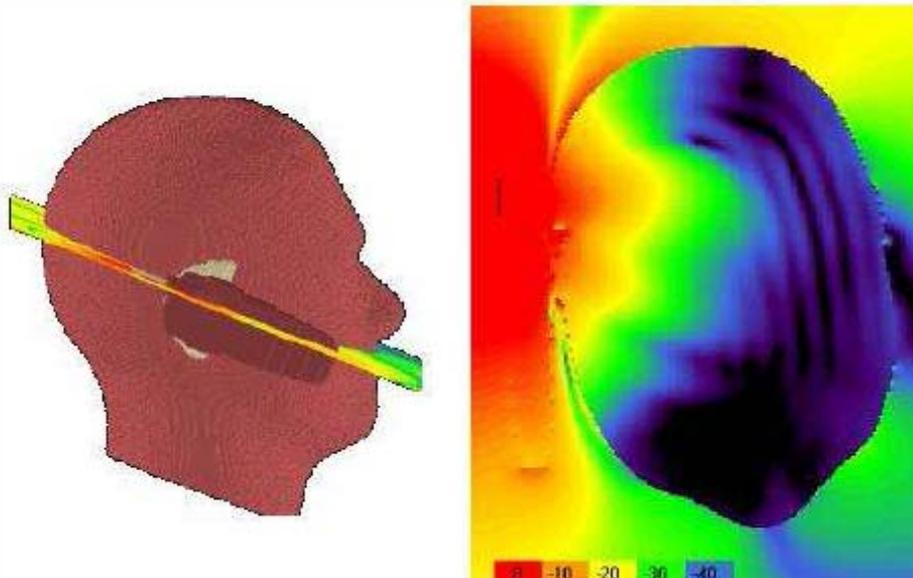


Figura 40: Simulação computacional FDTD, da exposição RF na cabeça humana

Densidade de potência da onda plana equivalente.

A dificuldade da medição e das estimativas de SAR gerou a necessidade de se definir uma medida alternativa para a avaliação dos efeitos provocados pelas radiações não-ionizantes dos campos eletromagnéticos no ambiente. Essa grandeza pode ser prontamente medida e é chamada de densidade de potência de onda plana equivalente.

A onda plana se localiza nas regiões do espaço distantes da antena de transmissão, região essa chamada de “Campo Distante”, onde os campos elétricos e magnéticos da onda em propagação possuem características aproximadamente de onda plana, isto é, as componentes de campo elétrico e magnético são perpendiculares entre si e ambas são transversais à direção de propagação. A densidade de potência da onda plana equivalente é a potência da onda plana, expressa em watt por metro quadrado (W/m^2), que atravessa uma unidade de área normal à direção de propagação. É caracterizada pela densidade de potência de uma onda plana que possua um determinado valor de intensidade de campo elétrico ou campo magnético, na região distante.

A densidade de potência associada aos limiares de exposição, conforme a norma IEEE C95.1 é dada por:

$$f/150 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

onde, f é a frequência medida em MHz.

Na Europa, a ICNIRP - *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* adota uma fórmula para cálculo da densidade de potência, um pouco diferente da definida pelo IEEE, dada por:

$$f/200 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

onde “ f ” é a frequência em MHz.

As legislações de outros países como Rússia, Canadá e Austrália também apresentam pequenas diferenças com relação à IEEE C95. 1. Aqui no Brasil, a ANATEL, em sua Resolução 303 de 02 de julho de 2002, segue a Norma Européia. As tabelas 5 e 6 mostram os limites de exposição adotados na norma da ANATEL, na faixa de frequências de 9 kHz a 300 GHz, para trabalhadores da área e para a população em geral, respectivamente.

Tabela 5: Limites para exposição ocupacional

FAIXA DE RADIOFREQUÊNCIAS	INTENSIDADE DE CAMPO, E (V/m)	INTENSIDADE DE CAMPO, H (A/m)	DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ONDA PLANA EQUIVALENTE (W/m ²)
9 kHz A 65 kHz	610	24,4	---
0,065 MHz A 1 MHz	610	$1,6 / f$	---
1 MHz A 10 MHz	$610 / f$	$1,6 / f$	---
10 MHz A 400 MHz	61	0,16	10
400 MHz A 2000 MHz	$3 f^{1/2}$	$0,008 f^{1/2}$	$f / 40$
2 GHz A 300 GHz	137	0,36	50

Tabela 6: Limites para exposição populacional

FAIXA DE RADIOFREQUÊNCIAS	INTENSIDADE DE CAMPO, E (V/m)	INTENSIDADE DE CAMPO, H (A/m)	DENSIDADE DE POTÊNCIA DE ONDA PLANA EQUIVALENTE. (W/m ²)
9 kHz A 150 kHz	87	5	---
0,15 MHz A 1 MHz	87	$0,73 / f$	---
1 MHz A 10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0,73 / f$	---
10 MHz A 400 MHz	28	0,073	2
400 MHz A 2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$f / 200$
2 GHz A 300 GHz	61	0,16	10

- ❖ f é o valor da radiofrequência, cuja unidade deve ser a mesma indicada na coluna da faixa de radiofrequências.

3.3.1.1

Considerações sobre a irradiação das ERB's

Com a rápida expansão da telefonia móvel, as empresas operadoras dos sistemas têm que instalar um número muito grande de ERB'S, para atenderem a demanda e manterem a qualidade de serviço exigida pelos órgãos reguladores de telecomunicações. Com isso, discutem-se, cada vez mais, os possíveis efeitos negativos para a saúde humana causados pela radiação emitida pelos aparelhos e pelas torres dos sistemas de telefonia celular.

As Estações Rádio Base são freqüentemente instaladas perto de residências, escolas, hospitais e comércio em geral, ficando muito visíveis à população e, em consequência, vêm se tornado o centro das preocupações dos usuários com relação aos possíveis efeitos das radiações eletromagnéticas que emitem. A figura 41 ilustra a emissão de radiação eletromagnética, por parte da ERB, ao se falar ao telefone.



Figura 41: Ondas Eletromagnéticas emitidas pela ERB

Essas preocupações geraram uma demanda por uma série de pesquisas epidemiológicas, sobre potenciais efeitos à saúde devido às radiofrequências das ERB's. Entre os estudos realizados até o momento, bem como medições conduzidas por instituições nacionais e internacionais, em várias instalações de ERB, mostram que à luz da periculosidade, os níveis de exposição associados à irradiação do aparelho celular são mais preocupantes do que os associados às ERB's, normalmente muito mais baixos. Os níveis de RF emitidos pelas antenas das estações de telefonia celular são menores ou comparáveis aos sinais dos transmissores de rádio e televisão usados em transmissão de *broadcast*. (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/index.html>)

A seguir, fazemos uma exposição teórica sobre a irradiação de potência no entorno da estação rádio base. (Dias, 2002).

Em condições de propagação em espaço livre, que corresponde à menor atenuação possível com a distância, a densidade de potência "S" a uma distância "d" da ERB é dada por:

$$S = \frac{EIRP}{4\pi d^2}$$

sendo EIRP a potência irradiada pelo setor da ERB.

Com a equação acima e a densidade de potência limiar de segurança, definida pela norma da Anatel, isto é, $S = f/200$, é possível estimar a distância da ERB associada a este limiar.

Na tabela 7 são mostrados os valores calculados para as distâncias associadas ao limiar de segurança da Anatel, em pontos localizados na direção de máxima irradiação da antena, para uma ERB com valores típicos de potência transmitida (P_t) variando entre 30 e 45 dBm e antena com ganho de 10 dBi.

A avaliação é feita para uma ERB típica TDMA com três setores, com alocação do número máximo de portadoras por setor (vinte e uma) e com todas as portadoras de mesmo nível de intensidade. Essa estimativa teórica pode ser considerada como uma análise de “pior caso”.

Tabela 7: Distâncias da ERB, associadas ao limiar de segurança

Pt [dBm]	Distância estimada de limiar [m]	
	900MHz	1900MHz
30	1,927	1,326
33	2,722	1,873
36	3,845	2,646
39	5,431	3,738
42	7,672	5,28

É importante observar que os valores estimados são pequenos, mas servem como indicação que existem circunstâncias onde o público pode ter acesso em áreas onde os limiares de segurança podem ser teoricamente ultrapassados. A situação mais representativa deste caso corresponde a um apartamento à mesma altura de uma antena de uma ERB, com visada direta para a direção principal da antena. Mas, como mencionado, os números representam uma situação de pior caso, portanto, pouco provável de ocorrer.

Deve ser ressaltado que, as potências consideradas no cálculo acima são tipicamente usadas em áreas de macro ou mini células. As potências de transmissão para micro células ficam num patamar bem mais baixo, sendo 20 dBm um valor típico. Esta distinção é importante, pois é comum a instalação de antenas micro celulares em postes ou paredes de edifícios em alturas relativamente baixas (3 m), sem área ou grade de proteção.

As estações macro celulares ocupam área própria e são montadas em torres com diferentes alturas. Além da proteção natural conferida pela irradiação reduzida na vertical, a distância que separa a antena do solo atenua, ainda mais, o sinal recebido, nesta condição. Já, para as antenas instaladas no topo de edifícios, moradores de um andar imediatamente abaixo, têm a proteção do próprio teto, que atenua bastante o sinal (10 a 20 dB tipicamente), além da atenuação direcional da própria antena.

Avaliação de riscos, através de medições em campo.

A avaliação teórica feita acima indica que, somente para pontos muito próximos da antena de transmissão da ERB, é possível que a densidade de potência ultrapasse valores limiares de segurança estabelecidos pelas recomendações existentes.

A Organização Mundial de Saúde e diversos órgãos que atuam na área de proteção contra radiação não-ionizante, propõem aos países que, além da adoção dos limites de exposição à radiação, também exerçam postura de fiscalização. É importante que se adotem efetivas medidas pró ativas, como as avaliações permanentes das antenas instaladas, a fim de verificar se estão operando dentro dos padrões estabelecidos, e que as novas instalações de estações rádio base sejam executadas dentro de rigorosos padrões técnicos de proteção à saúde.

Aqui no Brasil, além das atividades de fiscalização realizadas pela Anatel, várias instituições têm efetuado medidas em campo de estações rádio base. Invariavelmente, os dados obtidos nessas ocorrências, mostram que os níveis de radiação eletromagnética emitidas pelas ERB's, na prática, são bastante inferiores aos limites reconhecidos para exposições inofensivas a saúde humana.

1. A unidade operacional da Anatel, no Distrito Federal, realizou em julho de 2005, uma atividade de fiscalização no Setor de Indústria e Abastecimento (SIA), em Brasília. A ERB pertencia a uma operadora que utiliza o padrão GSM e operava na faixa de 1.835 MHz a 1.850 MHz. O limite estabelecido pela Resolução n.º 303 da Anatel é de 58,9 V/m para intensidade de campo elétrico. (<http://www.ene.unb.br/antenas/Arquivos>).

A Figura 42 apresenta um registro fotográfico da região onde se encontra a ERB fiscalizada, com a indicação “torre”. Os pontos onde foram realizadas

medidas são também destacados nessa imagem. As Figuras 43 e 44 são fotografias obtidas a partir dos pontos 2 e 3, mostrando a torre da ERB.



Figura 42: Registro fotográfico da região onde foram realizadas as medições



Figura 43: Visão da torre no ponto 2



Figura 44: Visão da torre no ponto 3

A Tabela 8 apresenta o resultado das medidas realizadas, mostrando o valor máximo obtido para o campo em cada ponto e confrontando esses valores com o estabelecido na Norma da Anatel. Verifica-se que os níveis dos campos eletromagnéticos medidos encontram-se bem abaixo dos limites regulamentares.

Tabela 8: Medições realizadas na atividade de fiscalização

Referência	Intensidade de Campo Elétrico (V/m) – valor máximo	Intensidade de Campo Magnético (A/m) – valor máximo
limite estabelecido pela Res. n.º 303/2002	58,9	0,1585
Ponto 0: próximo à torre	0,64	0,0017
Ponto 1	0,93	0,0025
Ponto 2	0,65	0,0017
Ponto 3	1,03	0,0027

Conforme observado nesse exemplo de fiscalização pela Anatel, as entidades que funcionam com autorização que prestam serviços públicos sob concessão e regularmente autorizados, em geral, operam em atendimento aos regulamentos que estabelecem parâmetros técnicos.

2. Também em 2005 a UnB – Universidade de Brasília, em conjunto com uma operadora de telefonia celular, participou de um projeto para elaboração de relatórios de conformidade com a Resolução da Anatel 303/2002. Nesse estudo, foi constatado que 100% das torres medidas estavam abaixo do limite permitido pela Anatel, geralmente utilizando menos de 5% do limite permitido. (<http://www.ene.unb.br/antenas/Arquivos>).

Como exemplo, para uma ERB, situada em Campo Grande - MS, os percentuais de intensidade de campo elétrico, em relação aos valores da resolução da Anatel, medidos em 4 diferentes pontos, são apresentados na tabela 9. Para a faixa de frequência da operadora (GSM 1.8 GHz), os valores limiares dados pela Resolução da Anatel são: 1.467 V/m para o valor de intensidade de campo elétrico de pico (E_{MAX}), e 58,33 V/m (E_{AVG}) para a média de intensidade de campo elétrico.

Tabela 9: Medições realizadas na ERB de Campo Grande - MS

Ponto	E_{MAX}	E_{AVG}
1	0,032%	0,58%
2	0,025%	0,35%
3	0,024%	0,35%
4	0,020%	0,18%

A figura 45 apresenta, em simulação gráfica, o confronto de resultados da carga utilizada da energia eletromagnética no entorno da estação rádio base versus carga autorizada, em norma da Anatel.

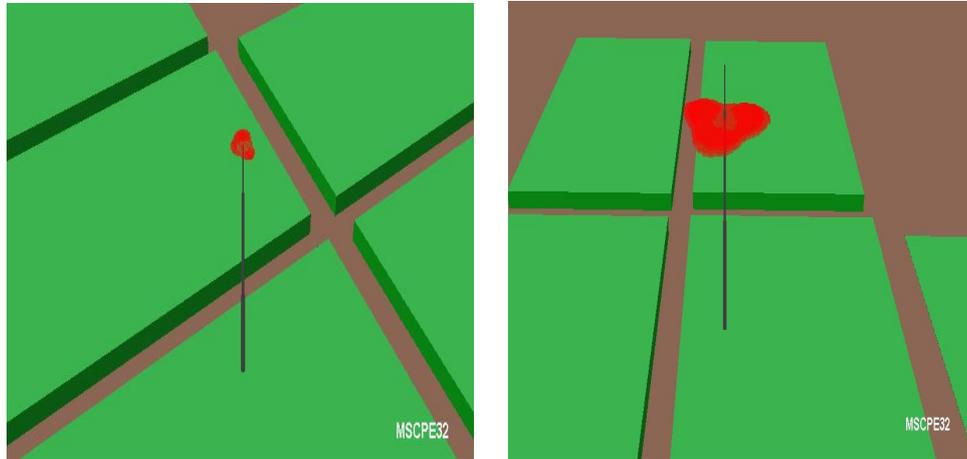


Figura 45: Carga na Estação

Carga Autorizada pela ANATEL

3. Um grupo de pesquisadores do CETUC, da PUC-RJ, realizou medidas nas proximidades de diversas ERB's de uma das operadoras de telefonia celular, nas cidades do Rio de Janeiro e de Nova Friburgo - RJ. A tabela 10 apresenta os valores mais altos medidos. (<http://www.wirelessbrasil.org/wirelessbr>).

Tabela 10: Medições em ERB's feitas pela PUC, no RJ

Local	S [W/m ²]
Friburgo	$1,6 \times 10^{-4}$
Mury	$5,8 \times 10^{-5}$
Conselheiro Paulino	$1,9 \times 10^{-4}$
Shopping Friburgo	$7,5 \times 10^{-7}$
Campo Grande	$7,5 \times 10^{-6}$
Bento Ribeiro	$4,3 \times 10^{-6}$
Urca	$8,9 \times 10^{-6}$
Botafogo	$9,6 \times 10^{-6}$

Conforme verificado, os valores são muito menores que os limiares de segurança estabelecidos na Resolução 303 da Anatel ($4,5 \text{ W/m}^2$). A ordem de grandeza dos valores encontrados está em conformidade com outras medidas ou estimativas encontradas na literatura.

4. O Departamento de Engenharia Elétrica da UFMG realizou um levantamento de campo, em várias regiões de Belo Horizonte, notadamente nas proximidades de torres de telefonia celular, procurando avaliar os valores de campos elétricos e magnéticos existentes na região. Um dos objetivos do projeto era fazer um levantamento dos níveis de radiação eletromagnética, na faixa de 5 Hz a 3000 MHz, presentes em ambientes públicos e privados de Belo Horizonte. Os resultados encontrados nesse levantamento foram confrontados com os valores máximos recomendados nas normas vigentes

(http://www.higieneocupacional.com.br/download/av_%20amb_eletromag.pdf)

Medições em residências próximas a torres de telefonia celular.

Foram medidos os campos elétricos no interior de residências localizadas nas proximidades de torres de telefonia celular. O equipamento utilizado, neste caso, foi o medidor não seletivo na faixa de 100 KHz a 3 GHz. A medição foi feita em vários cômodos das residências. A tabela 11 apresenta os valores medidos para três diferentes residências com as seguintes características:

Residência 1: casa localizada em bairro residencial, com a presença de uma torre no lote vizinho, a cerca de 5 m da casa;

Residência 2: prédio localizado em bairro comercial com a presença de uma torre a cerca de 30 m de distância. Medições feitas em apartamentos e áreas comuns;

Residência 3: prédio localizado em bairro residencial com a torre a cerca de 10 m de distância. Medições feitas no interior de um apartamento.

Tabela 11: Campos elétricos medidos em residências, nas proximidades de antenas de celular.

Local	Campo Elétrico (V/m)		
	Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio
Residência 1	1.51	---	0.39
Residência 2	1.22	---	0.44
Residência 3	2.76	0.46	2.20

Uma prática usual das operadoras de telefonia celular tem sido a instalação das antenas no topo de edifícios. Devido à maior proximidade das antenas, a análise dos campos no interior dos apartamentos de tais edifícios torna-se interessante. A tabela 12 mostra os valores de campo elétrico medidos em apartamentos de dois prédios, nos quais se encontram instaladas antenas de celular:

Prédio 1: localizado na região central de Belo Horizonte

Prédio 2: localizado em bairro residencial

Tabela 12: Campos elétricos medidos em prédios onde estão instaladas antenas de celular.

Local	Campo Elétrico (V/m)		
	Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio
Prédio 1	4.0	0.25	1.36
Prédio 2	6.83	---	0.99

Medições nas proximidades de estações de telefonia celular

O ambiente eletromagnético nas proximidades de estações de telefonia celular foi determinado para duas ERB's:

- ERB 1: antena localizada na região metropolitana de Belo Horizonte
- ERB 2: micro célula no interior de um shopping de Belo Horizonte

A tabela 13 mostra os campos elétricos medidos para diferentes distâncias das estações.

Tabela 13: Campos elétricos medidos nas proximidades de ERB's

Local	distância à base da torre	Campo Elétrico (V/m)		
		Valor máximo	Valor mínimo	Valor médio
ERB 1	30 m	0.48	---	0.13
	200 m	1.20	---	0.29
	500 m	0.52	---	0.23
ERB 2	2 m	1.20	1.02	0.83

Em resumo, foram feitas medições de campos de ondas eletromagnéticas em um amplo espectro de frequências (5 Hz a 3 GHz), em vários locais do município de Belo Horizonte, abrangendo grande parte da faixa utilizada pelas tecnologias atuais. As conclusões obtidas indicam que os níveis de campo estão abaixo dos valores máximos recomendados pelas normas técnicas pertinentes.

Os exemplos relatados, até aqui, demonstram que as estações rádio base avaliadas operam dentro de limites de radiação que, de longe, não comprometem os níveis definidos como seguros à saúde humana, pelas normas nacionais e internacionais. Apesar de constituírem uma pequena amostra, os resultados podem ser corroborados por outras várias medições realizadas no país e trabalhos publicados internacionalmente.

Um importante relatório, publicado em março de 2005, pela *Swiss Research Foundation on Mobile Communication*, intitulado *Study on the Feasibility of epidemiological and Health Effects of Mobile Telephone Base Stations – Final Report* apresenta um cenário de medidas feitas na Bélgica pelo BIPT - *Belgian Institute for Postal services and Telecommunications*, para ERB's do sistema celular GSM, onde pode ser observado, na tabela 14, que todos os valores encontrados estão abaixo dos limites de segurança. (4.5 W/m^2).

Para a tecnologia UMTS, o mesmo relatório menciona as medições realizadas em GRAZ, na Áustria, onde foram encontrados valores para as radiações eletromagnéticas no entorno de ERB's, entre 1.42 mW/m^2 e $0,0037 \text{ mW/m}^2$, também abaixo dos limites de segurança definido pelas normas internacionais.

Tabela 14: Medições feitas na Bélgica, nas proximidades de ERB's.

Spectral power density (mW/m ²)		Electric field (V/m)		Scenario
max	min	max	min	
27.35		3.21		rural indoor, 30 m
14.86		2.37		semi-urban, indoor, 150 m
618.91		15.27		urban, indoor, 1 m
1030.78		19.71		rural, outdoor, 7 m
674.19		15.94		semi-urban, outdoor, 6 m
290.99		10.47		urban, outdoor, 50 m
	0.007		0.051	rural indoor,
	0.001		0.018	semi-urban, indoor, 60 m
	0.034		0.114	urban, indoor, 40 m
	0.014		0.073	rural, outdoor, 500 m
	0.037		0.119	semi-urban, outdoor, 50 m
	0.026		0.1	urban, outdoor,

Fonte: http://www.mobile-research.ethz.ch/var/pub_neubauer_pref14.pdf

Posição da Organização Mundial da Saúde.

A OMS procura acompanhar o desenvolvimento de pesquisas nos países e, após análise por cientistas e especialistas da organização, adotar uma postura de consenso, divulgando os resultados para conhecimento do público em geral. No que concerne aos efeitos das radiações eletromagnéticas emitidas pelas ERB's, a OMS divulga em sua publicação FS N°304, de maio de 2006, a seguinte redação:

Uma preocupação comum sobre estações rádio base e antenas de redes locais sem fio (WLAN) é a possibilidade de causar efeitos nocivos à saúde, devido à exposição do corpo aos sinais de RF. Até o momento, o único efeito à saúde que tem sido relatado em pesquisas científicas, em consequência de campos RF, é o aumento na temperatura do corpo (> 1 °C), quando exposto a intensidade de campo muito alta, encontrado apenas em certas instalações industriais, como fornos de RF. Os níveis de exposição de RF das estações rádio base e redes sem fio são tão pequenos, que os aumentos na temperatura do corpo são insignificantes e não afetam a saúde humana.

A energia dos campos RF é maior nas proximidades da antena, e diminui rapidamente com a distância. Acessos próximos à antena da ERB devem ser restritos, pois aí, os sinais de RF podem exceder os limites internacionais de exposição. Pesquisas recentes têm indicado que exposição à RF de estações rádio base e tecnologias sem fio, em áreas de acesso público (incluindo escolas

e hospitais), estão normalmente, milhares de vezes abaixo dos padrões internacionais.

Os resultados expostos retratam um cenário positivo para a convivência entre o ser humano e as antenas das estações rádio base das redes sem fio, em especial as de telefonia celular, no que tange a possíveis malefícios à saúde.

Todavia, não devemos perder de vista a importância do controle de qualidade das instalações e o monitoramento das estações existentes, através de medições rotineiras dos níveis de exposição dos campos eletromagnéticos, seja pelos departamentos de fiscalização da Anatel, seja pelos órgãos fiscalizadores municipais, seja ainda pelos órgãos ambientais ou de saúde pública, ou mesmo por instituições independentes, imprescindível para garantir o afastamento dos riscos para a comunidade vizinha e o público em geral.

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/index.html>)

3.3.1.2

Considerações sobre a irradiação dos aparelhos celulares

Os telefones celulares permitem comunicação, a partir de qualquer localização, através de uma rede de estações base. A informação é transmitida a partir do telefone móvel para a estação base e vice-versa através de campos eletromagnéticos de alta frequência. A intensidade de radiação transmitida pelo aparelho varia com a distância da estação rádio base, sendo mais forte longe da base. A radiação também é mais forte quando o telefone está transmitindo, sendo bastante minimizada quando está em estado de espera (*stand by*). A radiação diminui drasticamente com a distância do telefone ao corpo.

A intensidade da exposição à radiação, durante uma chamada, depende de alguns fatores, como:

- ✓ O telefone móvel emite menos radiação quando a ligação é de boa qualidade. A comunicação de qualidade, por exemplo, é melhor no exterior de um edifício do que no seu interior e melhora com a proximidade de uma estação base;

- ✓ A situação de exposição ao aparelho mais estudada é junto à cabeça. A estimação da intensidade de radiação depende fortemente da posição exata do aparelho com relação à cabeça e do formato exato e características elétricas da cabeça, que são todas, quantidades variáveis.
- ✓ A percentagem da radiação que é absorvida pela cabeça, quando em uma chamada, varia de acordo com o modelo de telefone móvel. É expressa pela taxa de absorção específica (SAR) e, normalmente é fornecida no manual de instruções do aparelho ou pode ser obtida pela *internet*;

Todos estes fatores podem levar a valores de SAR estimados, próximos aos limites recomendados. De fato, simulações indicam que, para uma situação típica na qual um celular irradiando 0,6 W por uma antena monopolo, afastada 2 cm da cabeça do usuário, a SAR atinge valores em torno do limiar de 1,6 W/kg. O valor máximo de potência de transmissão de aparelhos celulares portáteis é de 0,6 W. Os fabricantes de telefones celulares estão continuamente interessados na redução da SAR, tanto quanto possível, não só para reduzir a exposição a campos RF, mas também para aumentar a duração da bateria.

O FCC – *Federal Communication Commission* dos EEUU entende que a maioria dos celulares digitais não irradia potência alta o suficiente para causar efeito térmico, mas exige em uma de suas determinações, que os fabricantes de terminais portáteis apresentem os valores de SAR para os aparelhos produzidos. O Japão e diversos países na Europa também adotam esta regra.

Para um telefone passar na certificação do FCC, deve ter o nível de SAR igual ou inferior a 1,6 watts por quilograma, que é o limite de segurança definido na América do Norte. Abaixo, apresentamos uma tabela com os 10 aparelhos celulares que registram os menores valores de SAR e os 10 com maiores valores de SAR, presentes no mercado mundial. Os níveis de SAR, listados na tabela, foram obtidos em testes realizados pelo FCC nos Estados Unidos e representam os mais altos valores da SAR, avaliado com o telefone junto ao ouvido.

Tabela 15: Aparelhos com menores e maiores níveis de SAR, nos EEUU.

10 menores níveis de SAR			10 maiores níveis SAR		
1	HTC Fuze	0.159	1	Motorola V195s	1.6
2	Eternity SGH-A867	0.194	2	Motorola ZN5	1.59
3	Samsung SGH-G800	0.23	3	Motorola VU204	1.55
4	Samsung Soul	0.24	4	Motorola W385	1.54
5	Samsung Innov8	0.287	5	RIM BlackBerry 8330	1.54
6	Motorola Razr2 V8	0.36	6	RIM BlackBerry 8330	1.54
7	Samsung SGH-T229	0.383	7	RIM BlackBerry 8330	1.54
8	Nokia 6263	0.43	8	Motorola Deluxe ic902	1.53
9	Samsung SGH-i450	0.457	9	T-Mobile Shadow (HTC)	1.53
10	Samsung Rugby SGH-A837	0.46	10	Motorola i335	1.53

Fonte: <http://reviews.cnet.com/cell-phone-radiation-levels/?tag=lnav>

Na Europa, o nível de segurança definido nas recomendações da ICNIRP - *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* é limitado a 2 W/kg, sendo também essa a referência adotada na norma brasileira. Uma avaliação, semelhante à mostrada acima, foi realizada com aparelhos na Europa, estando os aparelhos e valores da SAR indicados na tabela 16, a seguir.

Tabela 16: Aparelhos com menores e maiores níveis de SAR, na EU.

10 menores níveis de SAR			10 maiores níveis SAR		
1	Samsung F210	0.159	1	Sony Ericsson T650	1.80
2	Nokia 6267	0.31	2	Sony Ericsson W880i	1.45
3	Emporia Life	0.37	3	Nokia E51	1.40
4	HTC TYTN11	0.38	4	Sony Ericsson W950i	1.35
5	LG KE970 Shine	0.43	5	Sony Ericsson Z610i	1.32
6	LG KU970	0.43	6	Sony Ericsson K810i	1.31
7	Nokia 6290	0.47	7	Sony Ericsson W610i	1.31
8	Samsung U600	0.48	8	Sony Ericsson W660i	1.27
9	Nokia 8800i	0.50	9	Sony Ericsson K550i	1.25
10	LG KG130	0.52	10	LG KU250/ Nokia N5700	1.24

Fonte: <http://www.sarvalues.com/eu-highest-sar.html>

Apesar da existência de vários estudos mostrando que a radiofrequência de aparelho celular poderia acelerar câncer e afetar pacientes com marcapasso, os resultados não foram replicados, não havendo provas conclusivas que causa efeitos adversos na saúde dos seres humanos. Inversamente, também não há provas conclusivas que não causa impactos na saúde das pessoas. Em virtude desse cenário, as pesquisas e investigações continuam em várias partes do mundo.

A posição da OMS é de que os atuais conhecimentos científicos indicam que é pouco provável que a exposição a campos RF, tais como aqueles emitidos por telefones móveis, provoque câncer. Vários estudos estão em andamento para determinar se os resultados de algumas pesquisas sobre animais têm qualquer relevância para o câncer nos seres humanos. Recentes estudos epidemiológicos não encontraram provas convincentes de um aumento de risco ou de qualquer outra doença com a utilização dos telefones móveis.

(<http://www.who.int/features/qa/30/en/index.html>)

3.3.2

Rumo das pesquisas sobre Efeitos Biológicos

Após o episódio de David Reynard, em 1993, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas em diversos países, buscando demonstrar evidências de efeitos biológicos adversos à saúde, causados pelas radiações não-ionizantes, em especial a possibilidade de surgimento de câncer em usuários de celulares.

A grande maioria dessas pesquisas, até o momento, não apresentou resultados confiáveis ou replicáveis, não tendo sido suportadas como conclusivas pela Organização Mundial de Saúde e a comunidade científica em geral. Mesmo os trabalhos com confiabilidade, não puderam ser considerados como verdades absolutas. Algumas dessas pesquisas foram realizadas com padrões de testes toxicológicos, do tipo que a indústria farmacêutica utiliza ao estudar um novo medicamento. Além disso, pouco desses trabalhos levam em conta o tipo de sinal pulsante (modulado) e certas peculiaridades de exposição observadas em usuários de celulares.

A própria OMS – Organização Mundial da Saúde, sensível às preocupações do mundo sobre a influência das ondas eletromagnéticas na saúde das pessoas, fundou em 1996 o projeto EMF – *Electromagnetic Fields*, para acompanhar as evidências científicas de possíveis danos à saúde, causados pelas radiações eletromagnéticas, na faixa de frequências de zero a 300 GHz.
(<http://www.who.int/peh-emf/project/en/>)

Uma revisão crítica sobre a literatura existente, associando possíveis efeitos biológicos à irradiação emitida por sistemas móveis é disponibilizada ao público, sendo atualizada periodicamente. A fim de montar uma visão panorâmica do rumo

dessas pesquisas, apreciamos, a seguir, alguns documentos com o sumário de suas conclusões, de instituições que atuam na área de proteção contra radiação não-ionizante.

O Relatório Stewart

Um estudo amplo sobre telefones celulares, publicado em abril de 2000, realizado por um grupo de pesquisadores britânicos, intitulado de Relatório *Stewart*, reafirmou o que outros estudos haviam concluído até então, de que não havia comprovação científica que as microondas irradiadas dos sistemas celulares causassem problemas à saúde humana. Contudo, o mesmo relatório não descartou a hipótese e fez uma série de recomendações quanto ao uso de celulares e instalações de ERB's, como desencorajar o uso de celulares por crianças e a instalação de ERB's em escolas ou em suas mediações.

O trabalho gerado pela equipe do Dr. William Stewart não parou por aí. Por recomendação do próprio Grupo Independente de Especialistas em Telefones Móveis (*Committee Stewart*), foi fundado em 2001 o programa MTHS - *Mobile and Telecommunication Health Research*, para dar continuidade às pesquisas sobre os efeitos da telefonia celular na saúde das pessoas. O grupo foi formado com membros do Comitê *Stewart* e especialistas estrangeiros, inclusive representantes da OMS.

O trabalho, resultado da finalização de 23, dos 28 projetos de pesquisa suportado pelo programa MHTS, foi publicado em setembro de 2007 e costuma ser referenciado como Relatório *Stewart 2*. Em resumo, concluiu que:

“Nenhuma pesquisa apoiada e publicada pelo Programa, até o momento, demonstrou que efeitos biológicos ou adversos à saúde são produzidos pela exposição à radiofrequência de celulares.”

http://www.mthr.org.uk/documents/MTHR_report_2007.pdf

A seguir, são transcritas algumas conclusões mostradas no relatório do MHTS:

✓ Câncer de cérebro e sistema nervoso

O resultado do trabalho mostrou que não existe associação epidemiológica, para exposições de curto prazo (menor que 10 anos). Para exposição em períodos maiores que 10 anos, o comitê sugere a realização de mais pesquisas nessa área;

✓ Funções cerebrais

Nenhum dos estudos mostrou que as funções cerebrais são afetadas pela exposição a radiofrequências e o comitê concluiu que não existe necessidade de estudos adicionais com adultos;

✓ Hipersensibilidade à eletricidade.

O programa cobriu o maior e mais robusto estudo sobre esse assunto, jamais realizado, e não ficou convencido de que sintomas adversos possam ser experimentados por pessoas sensíveis à eletricidade, como resultado da exposição a aparelhos celulares ou estações rádio base. O Comitê não sugere a necessidade de futuros trabalhos nessa área;

✓ Mecanismos biológicos.

O programa estudou a possível produção de proteínas e cálcio e não encontrou relação com o uso de celular. Não sugere a necessidade de futuros estudos;

✓ Estação Rádio Base.

O programa concorda que a exposição à irradiação das ERB'S em micro-células e pico-células é baixa, mas alerta para o fato de que o nível do sinal nas vizinhanças da antena pode ser maior que aquele experimentado num ponto, no nível do solo, distante da ERB;

✓ Comunicação de possíveis riscos à saúde.

A avaliação do programa, na área de comunicação de riscos à população, revelou que a reação das pessoas ao aviso de precaução emitido pelas entidades governamentais, varia substancialmente de acordo com crenças e costumes, e pode ser absorvido de formas diversas. O Comitê concluiu que essa é uma área pouco compreendida e sugere a necessidade de significantes pesquisas adicionais.

As descobertas do MTHR são tranquilizantes e consistentes com as conclusões de vários trabalhos científicos independentes, publicadas no Reino Unido e em todo o mundo, nos últimos seis anos, de que não há evidência de nenhum efeito adverso à saúde causado por comunicações móveis. Igualmente tranquilizante, o relatório da MTHR recomenda que algumas questões, previamente avaliadas como ainda sujeitas à pesquisa, não necessitam mais de investigação.

O relatório identificou algumas áreas remanescentes para pesquisas futuras, como a influência do celular em longo prazo e a reação das crianças às radiações

das comunicações móveis, se comprometendo assegurar que tais pesquisas serão realizadas numa segunda fase do programa MTHR.

(http://www.mthr.org.uk/documents/MTHR_report_2007.pdf)

O Relatório SSI

A Autoridade Sueca de Proteção contra Radiação (SSI - *Statens strålskyddsinstitut*) indicou um grupo independente de especialistas internacionais (IEG – *Independent Expert Group*) para desenvolver trabalhos na área de campos eletromagnéticos (EMF – *ElectroMagnetic Fields*) e saúde. O objetivo do grupo é acompanhar e avaliar o desenvolvimento científico, com o objetivo de aconselhar a SSI.

Com as recentes revisões de trabalhos científicos, como ponto de partida, o IEG, em uma série de relatórios anuais, discute e acessa uma série de novos dados relevantes e os coloca num contexto de informação disponível. O grupo IEG começou o seu trabalho em 2002 e, em seu relatório divulgado em dezembro de 2005, destacamos os seguintes pontos de suas conclusões gerais: (www.ssi.se/PdfUpload/SSI_EMF_2005.pdf)

- a) A possibilidade de algumas pessoas serem sensíveis e reagirem com sintomas anormais à exposição de ondas eletromagnéticas, foi discutida em relatórios anteriores e nos *workshops* da OMS. Embora esses sintomas sejam muito reais, não existem dados suficientes que indiquem que exposição a RF seja o fator de causa;
- b) Os estudos publicados sobre riscos à saúde entre a população morando perto de ERB's não têm sido desenvolvido com metodologias adequadas. A exposição, para a população em geral, às radiações das ERB's é muito fraca e não seria de esperar que tal exposição produzisse risco sanitário. Na verdade, poderíamos assumir que, se exposição a níveis baixos de RF está associado com risco para a saúde, deveria ser fácil detectá-lo nos estudos sobre a utilização de aparelhos celulares ou de grupos profissionais altamente expostos. A conclusão geral é que a exposição, a partir de transmissores, é pouco provável que cause risco para a saúde;

- c) Estudos de risco de câncer em usuários de telefones celulares têm sido discutidos em todos os relatórios. A utilização de curto prazo não parece estar associada com os riscos de câncer em adultos. No entanto, nenhum estudo sobre crianças e adolescentes tem sido feito, e os de longo prazo de utilização não foram plenamente avaliados. Em especial, para neuroma acústico, há uma preocupação quanto à utilização de telefones celulares em longo prazo.

Publicação 2008 NCI – National Cancer Institute

Em sua publicação de setembro de 2008, o Instituto Nacional do Câncer dos Estados Unidos sintetiza sua posição sobre uso de celular e risco de câncer da seguinte forma:

“Estudos realizados até o momento não têm mostrado ligação consistente entre o uso de celular e câncer, porém os cientistas acham que pesquisas adicionais são necessárias antes de uma conclusão definitiva.”

(<http://www.cancer.gov/cancertopics/factsheet/Risk/cellphones>)

Posição 2008 do IET - Institution of Engineering and Technology

O IET é uma instituição internacional independente, com sede na Inglaterra, e atua como referência para os profissionais da área de engenharia e tecnologia, produzindo subsídios para os órgãos reguladores e o público em geral.

Em seu atual relatório, publicado em maio de 2008, o IET procura suprir a comunidade científica com um guia sobre as suas conclusões dos possíveis efeitos biológicos nocivos à saúde, provocados pelos campos eletromagnéticos de baixo nível, em frequências até 300 GHz. A sua publicação apresenta o seguinte resumo:

“O balanço das provas científicas obtido até o momento, ainda não indica a ocorrência de efeitos prejudiciais nos seres humanos, devido ao baixo nível de exposição às radiações eletromagnéticas. Esta conclusão permanece a mesma apresentada na sua posição anterior, conforme publicação de maio de 2006, não tendo sido substancialmente alterada pela literatura nos últimos dois anos”.

(<http://www.theiet.org/factfiles/bioeffects/postat02final.cfm?type=pdf>)

Relatório 2007 do Comitê Científico da Comissão Europeia sobre riscos à saúde (SCENIHR)

Uma das conclusões do relatório relata que:

"Nenhum efeito à saúde tem sido consistentemente demonstrado a níveis de exposição abaixo das recomendações existentes para o público em geral. Contudo, os dados sobre exposição prolongada e tumores intracranianos ainda são escassos. Em particular, para alguns neuromas acústicos, os dados indicam a possibilidade de ligação com campos eletromagnéticos da telefonia móvel. Para outras doenças que não câncer, poucos dados epidemiológicos estão disponíveis."

http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihhr/docs/scenihhr_o_007.pdf

Relatório 2007 do RSC - Royal Society of Canada.

Esta atualização do relatório da RSC expõe avanços na investigação em áreas de radiofrequência e de saúde para o período 2001-2003. O relatório é uma nova versão da publicação original do painel de 1999 e uma atualização do relatório de 2001.

A utilização generalizada de dispositivos que emitem campos RF, denominados dispositivos de telecomunicações sem fio, tais como aparelhos celulares, resultou num aumento potencial de exposição RF. O potencial risco à saúde foi analisado em pormenor pela Sociedade Real do Canadá (1999). Naquela época, o painel conduzido para a revisão concluiu que as então diretrizes RF existentes eram largamente protetoras da saúde humana, baseadas na evidência científica disponível na ocasião, mas notou que vários campos RF pareciam estar associados a certos efeitos biológicos de pouca importância clínica conhecida, mas que exigia melhores explicações. O painel também fez uma série de recomendações de investigação, sendo a mais importante a de um estudo epidemiológico em larga escala dos potenciais riscos de câncer devido ao uso de telefones móveis. Os resultados do estudo da OMS sobre telefones móveis, em curso, proporcionarão novas importantes informações sobre o assunto. (cf. OMS, 2000).

Posteriormente, o IEGMP – *Independent Expert Group on Mobile Phone* (2000) reafirmou as conclusões alcançadas pela *Royal Society of Canada* (1999). Todas as revisões autorizadas e concluídas nos últimos dois anos tinham

concluído que não existia evidência clara de efeitos adversos para a saúde associados à campos RF de telefones celulares. A British Medical Association (2001), por exemplo, concluiu que embora existam pequenas efeitos fisiológicos com as atuais diretrizes, não existem, em definitivo, efeitos adversos para a saúde de telefones celulares ou das suas estações rádio base. Ao mesmo tempo, estas mesmas revisões sugerem a necessidade de novas pesquisas, para esclarecer as possíveis associações entre os campos RF e resultados adversos na saúde, que apareceram em alguns relatórios, incluindo as possíveis associações com câncer cerebral (Hardell et al). Investigação sobre os efeitos biológicos dos campos RF de baixo nível (incluindo sinais com modulação), como a alteração da atividade enzimática e o transporte de íons através das membranas celulares, é também incentivada.

Os potenciais riscos para a saúde causados pelos campos RF devem ser constantemente reavaliados à medida que novos resultados de pesquisas sejam disponibilizados. As diretrizes de exposição à RF também precisam ser atualizadas à medida que novas informações científicas são geradas. (http://www.rsc.ca//files/publications/expert_panels/RF//expert_panel_radiofrequency_update2.pdf)

Publicação FS304 de maio de 2006 da OMS – Organização Mundial da Saúde.

O documento conclui:

"Considerando-se os baixos níveis de exposição e os resultados das investigações obtidos até a presente data, não há provas científicas convincentes de que os fracos sinais RF das estações rádio base e de redes sem fios causam efeitos adversos para a saúde."

(www.who.int/mediacentre/factsheets/fs304/en/index.html)

Relatório 2006 do HCN - Health Council of the Netherlands

O relatório anual de 2006 do Conselho de Saúde da Holanda avaliou os efeitos das radiações não-ionizantes dos sistemas UMTS e DECT. As conclusões do relatório incluem:

“Nenhum efeito sobre o bem estar e as funções cognitivas são mostrados pelos estudos experimentais em exposições de curto prazo, e o uso normal do DECT não afeta os limites de segurança”. (www.gr.nl/pdf.php?ID=886)

Posição 2005 da FDA - US Food & Drugs Administration

A FDA dos Estados Unidos concorda com o NRPB – *National Radiological Protection Board* sobre suas conclusões, de que **não existe nenhuma evidência de graves efeitos adversos para a saúde, sobre o público em geral**, de exposição à energia de radiofrequência, durante o uso de dispositivos de comunicação sem fio. No que diz respeito à segurança e à utilização de aparelhos celulares por crianças, as conclusões científicas também não mostram qualquer perigo. (<http://www.fda.gov/cellphones/>)

Posição 2005 da AFSSE - French Agency for Environmental Health Safety

O Parecer sobre a telefonia móvel dado pela agência francesa AFSSE se baseia nas conclusões de um relatório feito por um Grupo de Peritos. Os relatórios de 2001 e 2003 do Grupo de Peritos concluíram pela ausência de efeitos na saúde, devido às ondas emitidas a partir de estações rádio base. Um novo relatório foi apresentado à Agência em 18 de Fevereiro de 2005, afirmando o seguinte:

“Os mais recentes dados científicos não justificam que os resultados dos relatórios de 2001 e 2003 sejam questionados”.

(http://www.afsse.fr/upload/bibliotheque/230562873001035392960231527419/opinion_mobile_telephony_2005).

Revisão 2004 ICNIRP- International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection.

A ICNIRP realizou, em 2004, uma ampla revisão de estudos epidemiológicos sobre os efeitos dos campos de radiofrequência (FR) sobre a saúde humana, a fim de resumir o estado atual do conhecimento, explicar as

questões metodológicas que estão envolvidas e ajudar no planejamento de futuros estudos.

Tem havido um grande número de estudos profissionais sobre exposição à RF ao longo de várias décadas, particularmente, sobre câncer, doenças cardiovasculares, efeitos reprodutivos adversos, catarata, etc. Mais recentemente, estudos de exposição residenciais, principalmente de transmissores de rádio e televisão, especialmente, com foco em leucemia; estudos de usuários de telefonia móvel, em particular, sobre a possibilidade de causar tumores cerebrais; e, menos freqüentemente, sobre outros cânceres e outros sintomas. Os resultados destes estudos, até a data, não têm evidência consistente ou convincente da relação entre a exposição de RF e qualquer efeito nocivo para a saúde. Por outro lado, os estudos têm várias deficiências na interpretação de uma associação.

A preocupação fundamental em todos os estudos é a qualidade da metodologia. Apesar da introdução das novas tecnologias utilizando RF, pouco se sabe sobre a exposição da população em relação às fontes de RF e, menos ainda, sobre a importância relativa das diferentes fontes. Outra preocupação é que os estudos sobre telefonia celular têm sido focados em períodos relativamente curtos, não disponibilizando dados sobre as conseqüências da exposição infantil. Também, os dados publicados, em grande parte, são concentrados num pequeno número de resultados, especialmente em tumor no cérebro e leucemia. (<http://www.icnirp.de/documents/epiRFreviewPublishedinEHPDec04.pdf>)

Avaliação de pesquisas recentes

De uma forma geral, através da avaliação do material exposto até aqui, podemos constatar uma situação confortável na convivência entre a tecnologia sem fio e a saúde da população, desde que os sistemas sejam instalados e operados dentro dos padrões técnicos internacionalmente aceitos. Todavia, é sempre enfatizado que as observações e as pesquisas devem continuar como uma forma de acompanhar a evolução da tecnologia e a avaliação dos fenômenos cumulativos, com o passar dos tempos.

No arquivo apresentado no anexo 1, relacionamos, para reflexão, 58 resumos de pesquisas realizadas por instituições no Brasil e no exterior, no período de 2002 a 2008, sendo 86 % concentradas entre 2006 e 2008. A maior

parte desses estudos (85%) foi obtida da base de dados [MEDLINE/PubMed \(via National Library of Medicine\)](#), do portal da CAPES.

(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez>).

Das conclusões apresentadas nas pesquisas, pudemos constatar que 52% delas tiveram resultados negativos, no que tange à causa de malefício à saúde; 31% constataram que a telefonia celular gera algum tipo de dano à saúde e; 17% não chegaram a resultados satisfatórios e convincentes. A figura 46 ilustra a distribuição desses resultados.

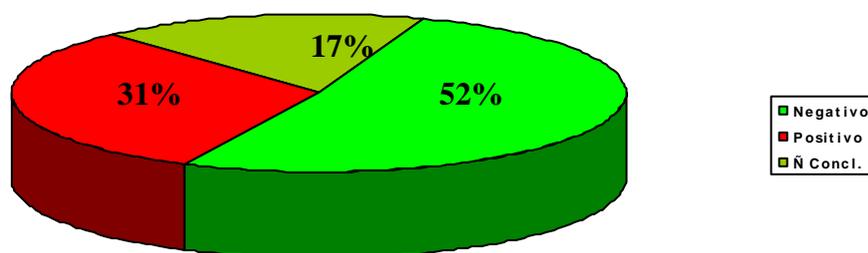


Figura 46: Distribuição dos resultados das 58 pesquisas do anexo 1.

É interessante também observar, das pesquisas relacionadas no anexo 1, que um quantitativo significativo, independente de o resultado ser positivo ou negativo, sugere a necessidade de estudos adicionais e futuros, o que demonstra a fragilidade da conclusão alcançada.

As pesquisas foram desenvolvidas em 24 países, como Brasil, Suécia, Japão, Finlândia, França, Itália, Suíça, Alemanha, Egito, Dinamarca, Espanha, USA, Coreia, Israel, Turquia, Austrália, Nigéria, Sérvia, Bélgica, Polônia, Noruega, Áustria, Lituânia e África Sul. Consideraram metodologias em ambientes *in vitro* e *in vivo* e, algumas através da análise da literatura existente, buscando a correlação entre estudos já realizados ao longo do tempo.

De uma forma geral, o rumo das atuais pesquisas está sendo direcionado para um nível maior de detalhamento, procurando investigar não só a relação entre a radiação não-ionizante e o câncer, mas também, como essa energia afeta alguns componentes específicos do organismo humano.

O material relacionado, no anexo 1, envolve estudo tão diversificado como a influência da radiação RF na medicação homeopática, interferência no fluxo de sangue do cérebro (*Blood Brain Barrier*), causa de aumento de peso, interferência com implantes coclear, modificação na estrutura de genes e proteínas, alteração dos hormônios masculinos, efeito sobre a pele, sintomas oculares, alteração das batidas do coração, entre outros.

Os resultados obtidos com essa pequena amostra de pesquisas, não diferem em muito daqueles reportados com estudos ao longo de todos esses anos de existência da telefonia celular, o que tem levado as autoridades de saúde e órgãos de proteção contra radiação não-ionizantes a adotarem e manterem as medidas e diretrizes em vigor.

3.3.3

Normas e Diretrizes Internacionais

Todas as pesquisas, associadas aos estudos realizados desde a década de 40, sobre os efeitos das microondas, formaram as normas internacionais, que são a base para a adoção de limites à exposição de irradiação não-ionizante.

As normas e diretrizes internacionais de exposição aos campos eletromagnéticos são elaboradas para proteger o ser humano contra todos os possíveis impactos na saúde, causados pela energia de RF. Até o momento, todos os trabalhos têm sido orientados para os impactos que causariam os chamados efeitos de natureza térmica, por se tratar do único efeito de natureza física e mensurável. Assim, o objetivo de todas as normas e regulamentos é estabelecer limites e procedimentos para a instalação, operação e uso dos componentes dos sistemas, de tal forma que a população seja exposta a níveis seguros de radiação. Dessa forma, a ação dos diversos órgãos reguladores é estabelecer limites de exposição à população em geral e a grupos particulares dessa população.

Apesar dos estudos sobre os efeitos da radiação não-ionizante estarem bastante avançados, indicando segurança sobre a saúde humana, ainda existe certo temor, por parte da população, de que os resultados não sejam conclusivos e que tal emissão possa produzir efeitos maléficos ao corpo humano. As normas de proteção vêm prevenir a exposição humana ao risco e, ao mesmo tempo, criar um clima de tranquilidade na população, definindo limiares de segurança com grande

margem de tolerância, atendendo, principalmente, ao que estabelece o conhecido “Princípio da Precaução”.

A base conceitual do princípio da precaução é a “certeza da incerteza”, que se baseia em uma política de gerenciamento de riscos, aplicada em situações que apresentam um grau considerável de incerteza científica, resultando na necessidade de atuação direcionada para evitar ou prevenir um risco potencialmente sério. Assim, em vez de se esperar pelos resultados dos estudos e das investigações científicas, utiliza-se desse princípio no sentido de proteger e impedir riscos que, no momento, não podem ser totalmente considerados inexistentes.

Atualmente, diversos organismos internacionais têm se dedicado a pesquisar os efeitos da radiação não-ionizante em tecidos humanos e a determinar os limites aos quais a população pode ser exposta, sem incorrer em risco à saúde. Dentre as mais importantes entidades padronizadoras nesse assunto, e que têm suas recomendações aceitas internacionalmente, destacamos:

- ✓ ICNIRP – *International Commission on Non Ionizing Radiation Protection* ;
- ✓ NCRP - *National Council on Radiation Protection*;
- ✓ ANSI – *American National Standards Institute*;
- ✓ IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers*;
- ✓ FCC – *Federal Communications Commission*;
- ✓ ITU – *International Telecommunication Union*;
- ✓ CENELEC - *Comité Européen de Normalisation Electrotechnique*;
- ✓ WHO – *World Health Organization*.

A WHO também se utiliza das pesquisas e das normas definidas pelos outros órgãos, para estabelecer sua própria posição quanto ao risco à saúde pela

exposição à radiação não-ionizante. Uma das mais completas referências atuais sobre o assunto é o *International EMF Project*, um projeto de pesquisa estabelecido em 1996 pela própria WHO, para avaliar as evidências científicas existentes sobre possíveis efeitos de campos eletromagnéticos à saúde, incluindo os emitidos por celulares e suas estações rádio base.

Regulamentação no Brasil.

A Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações, órgão responsável pela regulação do espectro radioelétrico no Brasil, adotou integralmente as recomendações da ICNIRP, por reconhecer que as fundamentações técnicas apresentadas por esse organismo são as mais coerentes e adequadas. Pesa, também, o fato de que a OMS e o Conselho da Comunidade Européia reconhecem e ratificam as recomendações da ICNIRP, sendo essas recomendações utilizadas em mais de trinta países, entre os quais o Reino Unido, França, Espanha, Japão e Alemanha.

A partir da aprovação da Resolução 303 da ANATEL, de 02 de julho de 2002, o Brasil passou a ter a sua legislação bem definida na área de irradiação eletromagnética não-ionizante. Esse regulamento estabelece os limites de exposição e a definição de métodos de avaliação e de procedimentos, que devem ser observados pelos prestadores de serviços de telecomunicação para a instalação e licenciamento de suas estações de radiocomunicação. A Tabela 17 reproduz uma das diretrizes do Regulamento 303 da Anatel, que estabelece algumas das restrições para exposição a campos eletromagnéticos.

Tabela 17: Restrições Básicas para exposição à RF, na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 10 GHz.

Características de exposição	Faixa de Radiofrequências	Densidade de corrente para cabeça e tronco (mA / m ²) (RMS)	SAR média do corpo inteiro (W / kg)	SAR localizada (cabeça e tronco) (W / kg)	SAR localizada (membros) (W / kg)
Exposição Ocupacional	9 kHz a 100 kHz	$f / 100$	—	—	—
	100 kHz a 10 MHz	$f / 100$	0,4	10	20
	10 MHz a 10 GHz	—	0,4	10	20
Exposição da população em geral	9 kHz a 100 kHz	$f / 500$	—	—	—
	100 kHz a 10 MHz	$f / 500$	0,08	2	4
	10 MHz a 10 GHz	—	0,08	2	4

f é o valor da frequência, em Hz.

Os Estados Unidos e o Canadá não seguem as recomendações ICNIRP. Estes países adotam as diretrizes FCC/ANSI/IEEE, que apresentam valores iguais para os limites de SAR adotados no Brasil, com exceção do valor de SAR da cabeça e tronco. A Suíça e a Itália são casos extremos da regulamentação. Além de não adotarem a medida de SAR, usam limites de proteção muito abaixo dos sugeridos pela ICNIRP. Porém, nesses dois países, essas limitações foram motivadas mais por interesses políticos do que por comprovação científica quanto aos riscos. Especialmente na Itália, o governo subsidiou a substituição de grande parte da rede das operadoras de telefonia celular de forma a permitir o atendimento às limitações. (ESMP, 2004).

A tabela 18 mostra um comparativo entre os limites de SAR adotados no Brasil e em alguns países. Podemos notar que na Rússia, por exemplo, não se usa a medida de SAR como indicador para limite de restrição aos efeitos das ondas eletromagnéticas.

Tabela 18: Comparação de limites de SAR (W/kg) para a faixa de frequências de 100 kHz a 10 GHz, considerando público em Geral e ocupacional

País		Brasil	Canadá	EEUU	Rússia	França	China	Coréia do Sul	UK	Espanha	Japão
Item											
Público	Média no corpo	0,08	0,08	0,08	NA	0,08	0,02	NA	0,4	0,08	0,08
	Cabeça e tronco	2	1,6	1,6	NA	2	NA	1,6	10	2	2
	Membros	4	4	4	NA	4	NA	NA	20	4	10
Ocupacional	Média no corpo	0,4	0,4	0,4	NA	0,4	0,1	NA	0,4	0,4	0,4
	Cabeça e tronco	10	8	8	NA	10	NA	NA	10	10	10
	Membros	20	20	20	NA	20	NA	NA	20	20	20
Segue ICNIRP?		S	N	N	N	S	N	N	S	S	S

Fonte: <http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Worldmap5.htm>

Ainda no âmbito federal, ressaltamos a instituição da Comissão Nacional de Bioeletromagnetismo (CNBEM), criada em 2005, presidida pela Casa Civil e composta por diversos Ministérios. A CNBEM identificou que é necessário o fomento à capacitação de recursos humanos, ao desenvolvimento de pesquisa científica e tecnológica, inclusive estudos epidemiológicos, e à implementação de um sistema de informação, além de definição de estratégia de comunicação de riscos, incluindo os referentes às radiações não-ionizantes.

Com a promulgação da Lei Federal Nº. 11.934, de 5 de maio de 2009, que dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, os estados e municípios passam a dispor de uma referência, bem definida, para orientação dos seus órgãos de controle ambiental e secretarias de meio ambiente.

As empresas prestadoras do serviço de telefonia celular costumam questionar a competência das normas municipais e estaduais, frente às diretrizes federais existentes, mas são premidas pelo teor do artigo 74 da Lei Geral das Telecomunicações que diz:

“A concessão, permissão ou autorização de serviços de telecomunicações não isenta a prestadora do atendimento das 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”. (<http://www.bresserpereira.org.br/Documents/MARE/Agencias/ANATEL-lei9472.pdf>)

O Ministério Público, com base no inciso III do artigo 129 da Constituição Federal, que define suas funções institucionais, também tem atuado no sentido de restringir a instalação de estações rádio base ou de promover a sua desinstalação em várias cidades brasileiras, sob a alegação de que podem existir riscos potenciais à saúde da população.

3.3.4

Outros Efeitos da Tecnologia Sem Fio

Outros impactos que as tecnologias sem fio podem causar estão mais relacionados com o comportamento e os costumes adquiridos desde o seu advento, principalmente no uso de aparelhos portáteis, como celulares e *laptops*, e nos fenômenos chamados de IEM – Interferência EletroMagnética. Embora não pareça à primeira vista, podem causar danos à vida, através de acidentes de trânsito ou interferência em equipamentos eletro-eletrônicos, como os existentes em ambientes hospitalares e nos sistemas de comando e controle dos aviões.

A OMS já ressaltava em sua *factsheet* 193 de 2000, a sua preocupação com os fatos reportados nessa área de pesquisa. Essa posição foi mantida em 2005, com o seguinte teor:

“As pesquisas têm demonstrado claramente um aumento de 3 a 4 vezes na probabilidade de risco de acidentes de trânsito quando os aparelhos celulares (operados diretamente na mão ou através de hands-free) são utilizados durante a condução de veículos”.

“Quando os telefones móveis são usados perto de alguns dispositivos médicos (incluindo marcapassos, desfibriladores implantáveis, e certos aparelhos auditivos), existe a possibilidade de causar interferência. Existe também o

potencial risco de interferência entre telefones móveis e sistemas eletrônicos em aeronaves”. (<http://www.who.int/features/qa/30/en/index.html>)

Uso de telefone celular em veículo.

É com muita frequência que deparamos com diversas pessoas conduzindo veículos e utilizando, ao mesmo tempo, o aparelho de telefone celular.

O uso de um telefone pode afetar a capacidade de concentração de uma pessoa na realização de uma tarefa sensível, como dirigir um veículo ou operar uma máquina. As conseqüências disso, durante a condução de um veículo, incidem na alteração dos reflexos do motorista e aumentam o risco de causar acidente.

Os impactos parecem ser maiores do que os associados com o ato de ouvir o rádio, conversar com um passageiro ou repetir automaticamente palavras ouvidas em um telefone. É tanto maior quanto maior for o esforço mental exigido no diálogo mantido na conversação. Também, é mais acentuado em motoristas idosos. (Relatório MTHR, 2007).

Seria de esperar que o uso de *hands-free* resolvesse o problema, mas tem sido demonstrado em experiências, que os impactos poderão existir e estão associados com a concentração exigida pela conversação e o próprio manuseio do aparelho *hands-free*. Portanto, não altera a probabilidade de ocorrência de risco de acidentes.

Um estudo realizado pela Universidade de Toronto, no Canadá, alertou para o risco do uso do telefone celular no trânsito. Segundo a pesquisa, o risco de acidentes quadruplica quando o motorista conversa ao aparelho. Um dado da pesquisa é que dos acidentes registrados por causa do celular, 42% foram por ligações recebidas. O simples tocar do aparelho com o carro em movimento é suficiente para desconcentrar o motorista.

(<http://www.davison.com.br/jornal03/seguro.htm>)

Interferência eletromagnética.

Interferência eletromagnética (IEM) é a ocorrência de alterações funcionais em equipamentos ou sistemas devido a sua exposição a campos eletromagnéticos. Os efeitos de IEM são particularmente preocupantes quando põem em risco a

vidas de pessoas, como é o caso de aviões em vôo ou equipamentos eletromédicos monitorando ou dando suporte à vida de um paciente.

O ambiente hospitalar é propício ao aparecimento de fenômenos de IEM devido à grande quantidade e diversidade de equipamentos eletro-eletrônicos presentes no seu dia a dia, tais como, equipamentos de apoio às atividades médicas, equipamentos ligados à infra-estrutura hospitalar e telefones celulares trazidos ao ambiente hospitalar pelos profissionais, pacientes e visitantes.

De acordo com um trabalho desenvolvido na UTI pediátrica do Hospital de Clínicas da UNICAMP, foi possível constatar que, num raio de um metro e meio, o celular de fato causa interferência no funcionamento dos equipamentos médicos, como a bomba de infusão, que administra medicamentos aos pacientes. Nesse caso, foi constatado que podem ocorrer alterações importantes na operação do aparelho, o que pode implicar na liberação de remédios aquém ou além da quantidade prescrita. Durante os ensaios, que foram complementados num laboratório particular da região de Campinas, verificou-se, também, que o celular pode provocar interferência em respiradores e até mesmo na leitura dos aparelhos que fazem eletrocardiograma. Um aspecto interessante é que, mesmo sofrendo interferência, os equipamentos médicos não acusam qualquer problema. Isso dificulta a percepção da alteração, criando uma situação de risco para o paciente, sem que o médico e o enfermeiro tomem conhecimento. (Jornal da UNICAMP, 2004).

Muitos pesquisadores e instituições internacionais vêm publicando, ao longo do tempo, resultados de estudos associando incidentes ocorridos em equipamentos médicos com a proximidade de equipamentos portáteis. O apelo deste assunto é enorme e, ainda que aqueles relatórios não comprovem inequivocamente o risco clínico dos pacientes, despertam as atenções do público para o problema.

Para gerenciar efetivamente a compatibilidade eletromagnética de equipamentos médicos e emissores de RF, é importante que os hospitais conheçam as falhas que possam ocorrer, quando a imunidade do equipamento médico é excedida, quais os emissores que podem causar a interferência e qual a distância entre estes e os equipamentos médicos, para a qual a interferência é detectável.

Uma política hospitalar deve ser formulada de modo a prevenir os riscos do paciente em virtude das IEM. Esta política serviria para uniformizar as instruções

para o pessoal interno, visitantes e pacientes e, assim, reduzir a desconfiança em relação ao uso de telefones celulares e equipamentos sem fio em geral, nas suas dependências. Facilitaria, também, a troca de experiências entre hospitais, abrindo caminho para a elaboração de uma política mais global sobre o uso da telefonia móvel em estabelecimentos de saúde. Quando isto ocorrer, a precaução do uso de celular dentro de hospital será tão natural quanto desligar o celular ao embarcar no avião.

No que tange ao uso de celular em aeronaves, só é autorizada a operação de celular em vôo, se o avião estiver equipado com uma ERB interna formando uma pico-célula, que seria ativada logo após a decolagem, como ilustra a figura 47, a seguir.

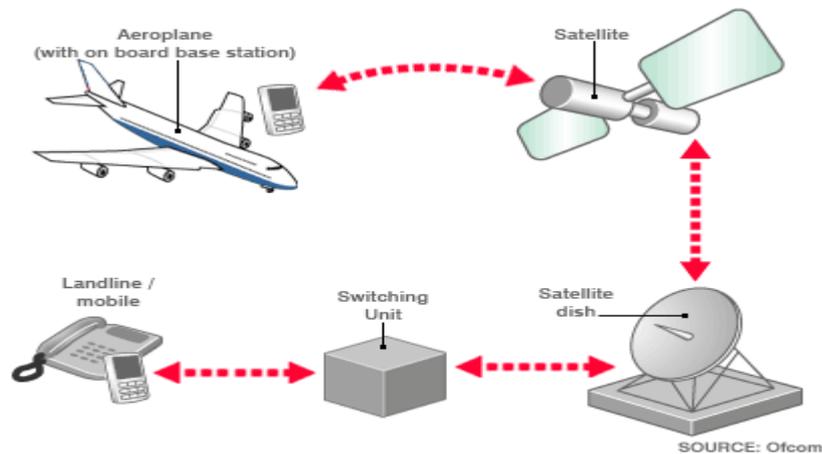


Figura 47: Operação do sistema celular do avião com a rede terrestre

As chamadas efetuadas através desta antena interna do avião seriam roteadas, via satélite, para as estações terrestres. Com isto, os aparelhos celulares usados dentro do avião necessitariam de pequena potência para operar, em relação àquela que seria necessária se a conexão fosse feita diretamente com a antena terrestre, diminuindo drasticamente a sua potencialidade de causar IEM nos sistemas do avião.