

Leonardo Akira Endo Wesseling

Monitoramento de radiações eletromagnéticas não ionizantes no Brasil – Realidade e Possibilidades

São Carlos

2014

Leonardo Akira Endo Wesseling

Monitoramento de radiações eletromagnéticas não ionizantes no Brasil – Realidade e Possibilidades

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação da
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São
Paulo

Curso de Engenharia de Computação

Universidade de São Paulo – USP

Escola de Engenharia de São Carlos

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação

Trabalho de Conclusão de Curso

Orientador: Mônica de Lacerda Rocha

São Carlos

2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

W515m

Wesseling, Leonardo Akira Endo

Monitoramento de radiações eletromagnéticas não ionizantes no Brasil - realidade e possibilidades / Leonardo Akira Endo Wesseling; orientadora Mônica de Lacerda Rocha. São Carlos, 2014.

Monografia (Graduação em Engenharia de Computação)
-- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

1. Monitoramento eletromagnético. 2. Radiações eletromagnéticas não ionizantes. 3. Riscos de exposição. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Leonardo Akira Endo Wesseling

Título: "Monitoramento de radiações eletromagnéticas não ionizantes no Brasil
- Realidade e Possibilidades"

Trabalho de Conclusão de Curso defendido em 17/11/2014.

Comissão Julgadora:

Resultado:

Profa. Dra. Mônica de Lacerda Rocha
(Orientadora) - SEL/EESC/USP

Aprovado

Prof. Titular Amílcar Careli Cesar
SEL/EESC/USP

APROVADO

Prof. Dr. Marcelo Basílio Joaquim
SEL/EESC/USP

Aprovado

Coordenador do Curso Interunidades - Engenharia de Computação:

Prof. Associado Evandro Luís Linhari Rodrigues

Este trabalho é dedicado a minha mãe, irmão, tia Naomi, avós, que sempre estiveram presentes, e em especial a minha tia Alda, sem a qual minha graduação não teria sido possível.

Agradecimentos

Meus agradecimentos são dirigidos a minha orientadora Mônica de Lacerda Rocha, que esteve bastante presente nos últimos anos da minha graduação. Também estendo meus agradecimentos aos meus outros professores desta jornada e aos meus colegas de classe e da república A Pororoca.

Resumo

WESSELING, L. A. E. (2014). **Monitoramento de radiações eletromagnéticas não ionizantes no Brasil – Realidade e Possibilidades**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. (Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação).

Considerando a preocupação cada vez maior com os efeitos dos campos eletromagnéticos sobre a saúde humana, este trabalho visa dar uma visão geral sobre a área de monitoramento de radiações eletromagnéticas não ionizantes no Brasil e no mundo.

Neste trabalho será abordado as principais questões relevantes ao assunto: principais radiações a serem vigiadas, o conhecimento médico atual sobre os riscos existentes e as soluções disponíveis para o monitoramento da exposição do público.

Por fim, foram formulados nesse trabalho cenários para a criação de possíveis sistemas de monitoramento destas radiações no Brasil e a que custo isto poderia ser realizado.

Palavras-chave: Monitoramento eletromagnético, Radiações eletromagnéticas não ionizantes, riscos de exposição.

Abstract

WESSELING, L. A. E. (2014). **Surveillance of non-ionizing electromagnetic radiation in Brazil – Reality and Possibilities**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. (Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação).

Considering the growing concern with the effects of electromagnetic fields on human health, this study aims to give a general view over the area of non-ionizing electromagnetic surveillance in Brazil and the rest of the world.

In this study the most relevant issues concerning this field will be addressed, such as: main radiation types to be monitored, current medical knowledge on the existing risks and the solutions available for the surveillance of the public's exposure.

Finally, scenarios were formulated in this study for the creation of possible surveillance systems for this kind of radiation in Brazil, along with the associated costs.

Keywords: Electromagnetic surveillance, Non-ionizing electromagnetic radiation, exposure risks

Lista de ilustrações

Figura 1 – Canais utilizados no padrão WiFi.....	18
Figura 2 - Satimo EME Guard.....	28
Figura 3 - Exemplo do software de análise Satimo.....	29
Figura 4 - Satimo EME Spy.....	29
Figura 5 - Narda Radman XT.....	30
Figura 6 - Nardalert S3.....	31
Figura 7 - Wavecontrol SMP2.....	32
Figura 8 - Série Spectran NF.....	33
Figura 9 - Série Spectran HF.....	34
Figura 10 - Satimo FlashRad.....	35
Figura 11 - Satimo Insite Box.....	35
Figura 12 - Narda AMS-2600.....	36
Figura 13 - Narda AMB-8057.....	37
Figura 14 - Narda AMS-8060.....	38
Figura 15 - Narda Smarts II.....	38
Figura 16 - Wavecontrol MonitEM.....	39
Figura 17 - Exemplo do website de monitoramento EM da Catalunha.....	41

Lista de tabelas

Tabela 1 – Soluções Narda adicionais para monitoramento EM móvel (NARDA, 2014).....	32
Tabela 2 - Número de estações emissoras por estado.....	44
Tabela 3 - Equipamentos e preços para a plataforma móvel de fiscalização EM.....	45
Tabela 4 - Número de estações emissoras por estado.....	46
Tabela 5 – Restrições de base das diretrizes ICNIRP 1998.....	51
Tabela 6 – Níveis de referência das diretrizes ICNIRP 1998.....	52
Tabela 7 – Restrições de base das diretrizes ICNIRP 2010.....	53
Tabela 8 – Níveis de referência das diretrizes ICNIRP 2010.....	53

Sumário

Introdução	13
1 Padrões de utilização da radiação EM mais importantes no Brasil.....	15
1.1 Introdução	15
2 Efeitos sobre a saúde	19
2.1 Introdução	19
2.2 Efeitos conhecidos	19
2.3 Efeitos e riscos à saúde supostos (OMS, 2014).....	20
2.4 Estudos e futuro.....	21
3 Regulamentações.....	22
3.1 Introdução	22
3.2 Principais conceitos.....	22
3.2 Principais organismos internacionais responsáveis.....	24
3.3 Principais leis e diretrizes regulamentadoras do monitoramento EM no Brasil e mundo	24
3.4 Controvérsias	27
4 Equipamentos e soluções existentes	28
4.1 Introdução	28
4.2 Móveis	28
4.3 Fixas	35
5 Experiências existentes	40
5.1 Introdução	40
5.2 Iniciativas	40
6 Implementação de sistema no Brasil	43
6.1 Introdução	43
6.2 Cenário 1.....	43

6.3 Cenário 2.....	45
6.4 Conclusão	47
Conclusão	48
Referências	49
Anexos.....	51

Introdução

A sociedade atual possui uma relação de completa dependência com as tecnologias que utilizam e geram campos eletromagnéticos em setores como comunicação, energia, eletrônicos, aparelhos domésticos e outros; isso acabou fazendo com que todos os dias nós estejamos expostos a alguma forma de campo eletromagnético gerado por atividades humanas.

É importante fazer a separação entre radiações EM (eletromagnéticas) não ionizantes e ionizantes, como raios gama e raios X. Este trabalho diz respeito às primeiras, que são as mais prevalentes nas aplicações dos nossos cotidiano (rádio, TV, telefonia, outros). Estas radiações, ao contrário das ionizantes, não possuem energia suficiente para arrancar elétrons de átomos e moléculas, o que comprovadamente pode causar efeitos nocivos à saúde como câncer, dependendo da dosagem.

Embora a exposição a campos EM não ionizantes esteja longe de ser algo novo, com tecnologias eletromagnéticas sendo parte de nossas vidas desde o início do século XX, a preocupação e o estudo sobre possíveis efeitos sobre a saúde humana de radiações EM não ionizantes é algo relativamente recente.

O berço dessa área se deu em 1973, durante o 3º Congresso da IRPA (*International Radiation Protection Association*), órgão responsável por representar os profissionais da proteção à radiação em geral, onde pela primeira vez foi organizada uma sessão sobre proteção a radiação EM não ionizante¹. Esta iniciativa foi evoluindo, primeiro com a formação de um grupo de trabalho em 1974, depois com um grupo de estudo em 1975 e no 4º Congresso da IRPA em 1977 foi criado o INIRC (*International Non-Ionizing Radiation Committee*), que foi o antecessor direto do ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), que hoje é a principal referência no campo de proteção a radiações EM não ionizantes. Este órgão foi essencial para a consolidação do conhecimento existente e na aplicação deste em diretrizes práticas para a proteção da sociedade, sendo suas recomendações, hoje, a referência principal para as legislações ao redor do mundo e para as diretrizes da própria OMS (Organização Mundial da Saúde).

No Brasil, a preocupação com essa área é ainda mais recente. Nossa legislação sobre o assunto foi promulgada apenas no ano de 2009, com um atraso considerável se comparado com outros países, e até hoje o país não possui nenhum sistema ou mecanismo de larga escala que permita o monitoramento da exposição EM em território nacional.

¹ <<http://www.icnirp.org/en/about-icnirp/aim-status-history/index.html>> Acesso em 24/10/2014

Motivado por este cenário, este trabalho busca dar uma visão geral sobre o assunto da proteção a radiações eletromagnéticas não ionizantes, iniciando com uma visão geral das principais radiações deste tipo presentes no cotidiano no Capítulo 1, seguido com uma explicação sobre os efeitos à saúde desta exposição no Capítulo 2. Continuando, temos uma explicação sobre as principais regulamentações existentes no Capítulo 3, seguido pelo Capítulo 4, onde veremos as soluções existentes no mercado que permitiriam a fiscalização destas regulamentações. Por fim, veremos as principais experiências em monitoramento EM já existentes no mundo no Capítulo 5, com o Capítulo 6 sendo um estudo sobre a possibilidade de implementação de um sistema similar no território brasileiro.

1 Padrões de utilização da radiação EM mais importantes no Brasil

1.1 Introdução

Neste capítulo obteremos uma visão inicial das principais radiações presentes no Brasil e que seriam o foco de um possível monitoramento que será abordado no Capítulo 6.

1.2 Principais radiações²

Linhas de Transmissão (50-60 Hz): Campos eletromagnéticos que aparecem ao redor de linhas de transmissão. Devido à sua baixa frequência, para medir de forma correta os efeitos dessas radiações, precisamos fazer a medição dos campos elétricos e magnéticos. No Brasil a rede elétrica trabalha na frequência de 60 Hz.

Rádio AM (150 kHz-26,1 MHz): Essas são as frequências utilizadas para a transmissão analógica de dados baseada na modulação da amplitude da onda portadora, em frequências mais baixas que as das portadoras da modulação FM. Sua principal utilização é para a transmissão de rádio. Esta forma de radiação está dividida em três categorias: ondas longas (150 kHz - 281 kHz), ondas médias (520 kHz – 1620 kHz) e ondas curtas (2300 kHz a 26100 kHz). A largura máxima dos canais é em geral de 9 kHz.

FM (88 MHz-108 MHz): São as frequências utilizadas para fazer a transmissão analógica de dados com modulação na frequência da onda portadora. Sua utilização mais comum é transmissão rádio. Os canais são em geral de 200 kHz.

TV: No Brasil a transmissão de TV é ainda feita nos formatos analógicos e digitais. São usadas bandas de frequência UHF e VHF, sendo fatiadas em canais com largura de 6 MHz que vão de 54 MHz a 894 MHz, porém nem todos esses canais são usados, alguns são atribuídos para outras utilidades (radioastronomia, telecomunicação móvel).

Um assunto muito atual no país é o fim da transmissão de TV analógica até 2018, com as faixas ao redor de 700 MHz (canais 52 a 69) sendo realocadas para aplicação de comunicação sem fio de quarta geração (4G). Existem estudos investigando possíveis interferências entre este futuro 4G e as bandas de TV digital próximas, está em discussão se será necessário o uso de filtros nos aparelhos de TV para evitar este tipo de problema (TELECO, 2013).

GSM: É o padrão digital de segunda geração (2G) para a telefonia móvel full duplex mais popular no mundo. Foi originalmente concebida para a banda de frequência ao redor

² Lista de principais radiações baseado nas aplicações de campos EM que são analisadas individualmente pelos equipamentos dos principais fabricantes de soluções de monitoramento, estes serão abordadas no Capítulo 4

de 900 MHz. Ela passou por várias evoluções, chegando hoje a diferentes normas para a otimização da transferência de pacotes (GPRS e EDGE), para a utilização de frequências mais altas (DCS-GSM 1800) e para o 3G (UMTS-GSM 2100).

O órgão de padronização ITU (*International Telecommunication Union*) estabelece diretrizes básicas de utilização de todas as bandas de frequência em termos globais. São recomendações de orientação, o que não quer dizer que em todos os países serão usadas exatamente as bandas sugeridas, tendo cada país a sua própria administração de frequências, e baseado em diversos fatores, notadamente históricos, podem ocorrer variações.

O GSM em geral atua nas bandas de frequência de 1800 e 900 MHz, sendo que os aparelhos que trabalham em ambas as bandas são chamados *dual-band*. Uma especificidade é que nos Estados Unidos e Canadá, as bandas 900 e 1800 MHz já estavam ocupadas quando da introdução do GSM, assim ele foi configurado para 850 e 1800 MHz nestes países (assim como em outros das Américas). Assim, além dos *dual-band* há os aparelhos *tri-band* (900, 1800 e 1900 MHz) e *quadri-band* (850, 900, 1800 e 1900 MHz).

Entrando no detalhe desta tecnologia, as bandas de 880-915 e 1710-1785 MHz é usada para o upload de dados e as bandas de 925-960 e 1805-1880 MHz para o *download* de dados.

No Brasil, a Anatel regulamentou o uso das faixas de frequência ao redor de 900 MHz e 1800 MHz.

UMTS - WCDMA (3G): É a tecnologia móvel de terceira geração (3G) mais utilizada no mundo. Ela é baseada no GSM, operando normalmente na banda de frequência ao redor de 2100 MHz.

No Brasil, a Anatel alocou as frequências de 1900/2100 MHz ao 3G UMTS, porém não há nenhuma limitação para que as operadoras aloquem seus serviços 3G em outras frequências que elas possuem, por exemplo, Vivo e Claro implantaram suas redes 3G em 850 MHz (TELECO, 2014).

Em outros países, a frequência de utilização do UMTS pode variar consideravelmente. Por exemplo, nos Estados Unidos a maior parte dos serviços 3G são fornecidos nas frequências 850 MHz, 1700 MHz e 1900 MHz. Hoje, no total, há 11 diferentes combinações de frequências em utilização no mundo todo.

DECT (*Digital Enhanced Cordless Telecommunication*): É um padrão europeu, utilizado no mundo todo principalmente para a comunicação em telefones sem fio. Também é utilizado para: PBX, sistema de conexão entre telefone e periféricos como fax e modems, monitores de bebê, controles remotos industriais. Uma variação chamada DECT ULE (*Ultra*

low Energy), que tem um consumo de energia muito menos pode ser utilizado em outras aplicações em smartphones como no controle de sistemas de segurança e automação residenciais.

Ele foi desenvolvido para substituir os antigos padrões CT1 e CT2 que trabalhavam ao redor de 900 MHz e não são mais usados devido a alocação desta banda ao GSM.

Na Europa e Brasil, utilizam-se frequências de 1880 a 1900 MHz, sendo estes valores levemente diferentes na China, Estados Unidos.

WiFi (2,4 GHz/5 GHz): WiFi são todas as redes WLAN (Wireless local area network) que seguem o padrão de IEEE 802.11 (mais especificamente a 802.11b-g-n para frequências 2.4 GHz e 802.11a para frequências de 5GHz). Ela é utilizada para fornecer conexão internet a partir de um ponto de acesso à rede sem fio para diversos dispositivos compatíveis em uma área pequena (tamanho domiciliar).

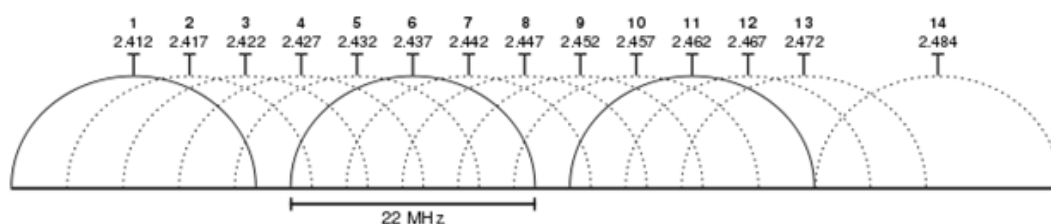


Figura 1 - Canais utilizados no padrão WiFi

Na figura 1 temos os canais utilizados neste padrão, os valores mostrados representam os valores centrais de cada canal, sendo que a largura de cada é de 22 MHz ao redor deste valor. Valores normais para a cobertura WiFi com uma antena tradicional são de 32 metros de raio em um espaço interior e 95 metros de raio em espaços exteriores, valores que podem ser mudados com a utilização de antenas direcionais.

Padrões que trabalham na mesma banda de frequência e que podem causar interferências são os fornos micro-ondas (2450 GHz), o *Bluetooth* e o *ZigBee*, alguns monitores de bebê, telefones sem fio em alguns países e rádios amadoras.

4G: No mundo todo, há dois padrões preponderantes para tecnologia 4th-generation, o WiMax e o LTE (*Long Term Evolution*), no Brasil, o padrão predominante é o LTE. Estudos apontam que a melhor faixa de frequência para a implementação do 4G seria a de 700 MHz devido ao seu maior *range* de utilização, que seria liberada com a saída da TV analógica até 2016, o que liberaria esta faixa. A utilização desta banda permitiria que os aparelhos celulares brasileiros fossem mais adaptados aos padrões usados ao redor do mundo, permitindo uma melhor mobilidade (TELECO, 2014).

No entanto, enquanto esta banda da TV analógica não está liberada, o governo decidiu realizar leilão da banda de 2,5 GHz em 2012. Esta faixa tem a desvantagem de ser mais cara devido a maiores gastos com antenas (o alcance nesta banda é um quarto do alcance da banda de 700 MHz).

Com o fim da TV analógica no Brasil previsto para 2018, o governo já fez leilão das faixas de 700 MHz para utilização de serviços 4G neste ano de 2014, com a entrada em operação desta faixa prevista para após 2018.

Outros: A maior parte das outras faixas de frequência até 900 MHz diz respeito às faixas dedicadas a telecomunicações de uso governamental e/ou da indústria de transportes como radio navegação marítima e aérea, radio localização, radiocomunicação militar/policial, etc. Há também presença em faixas de frequência mais altas de aplicações de pesquisa como radioastronomia, pesquisa espacial e usos meteorológicos. Para uma lista completa, a Anatel provê o *Plano de atribuição, destinação e distribuição de faixas de frequência no Brasil*, que compila as radiações existentes, seu uso e a legislação reguladora correspondente (ANATEL, 2014).

2 Efeitos sobre a saúde

2.1 Introdução

Antes de iniciar o estudo dos efeitos sobre a saúde dos campos EM, é importante a definição e distinção entre dois termos: efeitos biológicos (*health effect* ou *biological effect*) e risco para a saúde (*health hazard*). Segundo a OMS, um efeito biológico é qualquer resposta mensurável a um estímulo ou mudança do ambiente exterior, podendo este ser positivo ou negativo; o risco para a saúde ocorre quando um efeito biológico negativo não consegue ser compensado pelo corpo humano e torna-se irreversível ou estressa o sistema por um longo período (OMS, 2006).

Nos últimos 30 anos mais de 25.000 artigos foram escritos sobre o assunto, provendo um conhecimento mais extensivo sobre esta área do que sobre os efeitos de certos compostos químicos. Baseada numa revisão destes artigos, a OMS chegou à conclusão de que não há evidências de riscos à saúde de exposição aos níveis de radiação encontradas no cotidiano. No entanto, algumas lacunas no conhecimento sobre os efeitos biológicos existem e ainda precisam ser pesquisadas.

2.2 Efeitos conhecidos

Campos elétricos de baixa frequência influenciam o corpo humano da mesma forma que eles influenciam qualquer outro material com partículas carregadas. Quando estes campos atuam sobre materiais condutores, eles influenciam na distribuição da carga destes e criam uma corrente através do corpo para o solo. Campos magnéticos de baixas frequências induzem o aparecimento de correntes circulando dentro do corpo humano cuja intensidade depende da intensidade deste campo, se suficientemente grandes, estas correntes podem causar estímulos aos músculos e afetar processos biológicos. Dito tudo isto, o que se constata na prática é que correntes e voltagens induzidas no corpo humano por estes campos, mesmo quando muito próximos de redes de alta tensão (principais fontes no nosso cotidiano), são muito pequenas comparadas aos limites necessários para a causa de choques ou outros efeitos danosos. (ICNIRP, 1998)

Quanto a campos de alta frequência, o aquecimento é o principal efeito biológico decorrente. Em fornos a micro-ondas, por exemplo, este fato é usado para o aquecimento de comida. No entanto, os níveis de campos de radiofrequência aos quais às pessoas estão normalmente suscetíveis são muito mais baixos do que os necessários para criar qualquer forma de aquecimento considerável. Cientistas estão atualmente investigando se há a possibilidade de que efeitos de aquecimento abaixo dos limites possam causar danos no longo prazo.

Resumindo, até hoje, nenhum risco para a saúde pode ser atribuído à exposição, mesmo no longo prazo, a campos EM, mas ainda há pesquisa sendo feita ativamente na área.

2.3 Efeitos e riscos à saúde supostos (OMS, 2014)

Ao longo dos anos, vários efeitos e riscos à saúde foram supostamente atribuídos à exposição EM, mas até hoje nenhum ficou comprovado:

Efeitos sobre a gravidez: A OMS e outras organizações chegaram à conclusão que exposição EM em níveis típicos não contribui no aumento do número de abortos, malformações, baixo peso ao nascer ou doenças congênitas. Certas notícias sobre abortos e baixos pesos de bebês em funcionárias da indústria eletrônica geraram esta preocupação, mas a comunidade científica não atribuiu isto necessariamente às radiações EM, podendo estes problemas terem sido causados por inúmeros outros fatores relacionados à indústria.

Catarata: Irritações oculares e catarata foram reportadas em alguns funcionários expostos a altos níveis de campos de radiofrequência, mas estudos em animais não confirmaram a tese de que estes campos pudessem causar algum dano em níveis não perigosos termicamente. Na população geral não há qualquer evidência de que isto seja um risco (OMS, 2014).

Hipersensibilidade eletromagnética: Alguns indivíduos alegam sofrerem de uma sensibilidade aguda a campos eletromagnéticos, com sintomas como dores, depressão, insônia, convulsões e letargia. No entanto, há poucas evidências que apoiem essa ideia; estudos recentes mostraram que cobaias não tiveram reações consistentes em ambientes eletromagnéticos controlados, também não há um mecanismo biológico proposto que possa explicar essa hipersensibilidade.

Câncer: Apesar de extensos estudos nesta área, as evidências de que campos EM aumentem o risco de câncer são muito controversas no mínimo. Com a abrangência de estudos que já foram feitos, o que se pode dizer com bom grau de certeza é que mesmo que campos EM possam aumentar o risco de câncer, esse aumento é mínimo, pois nenhum estudo apontou qualquer evidência de um aumento considerável.

Vários estudos epidemiológicos indicam que pode haver um pequeno aumento no índice de leucemia em crianças em caso de exposição a campos magnéticos de baixa frequência em domicílio. Porém, esta conclusão ainda é bastante controversa devido à não reprodutibilidade destes resultados em laboratório ou com animais e ao fato da relação de causa-efeito entre campos e doença não ter sido comprovada (OMS, 2014).

Quando a segurança em relação à radiação EM é um dos principais temas que atualmente motivam vários estudos em larga escala e em vários países.

2.4 Estudos e futuro

Um conjunto grande e diverso de pesquisas é essencial para se poder avaliar a real existência de riscos à saúde decorrentes da exposição a campos EM. São necessários diferentes abordagens para que se possa ter uma visão geral:

-Estudos de laboratório ajudam a explicar os mecanismos biológicos pelos quais a exposição a campos EM poderia causar danos à saúde, através de possíveis mudanças moleculares ou celulares causadas por esta.

-Estudos em animais emulam situações da vida real e tentam estabelecer níveis seguros de exposição através de relações efeitos-dose dos campos

-Estudos epidemiológicos analisam informações de exposições de longo prazo no mundo real, buscando relações entre exposições e riscos à saúde. Estes estudos investigam a causa e distribuição das doenças em situações reais, em comunidades e grupos ocupacionais. Pesquisadores buscam achar se há uma correlação estatística entre alguma doença ou condição específica e exposição EM. No entanto, estes estudos são caros e são de difícil controle, dificilmente conseguem detectar efeitos pequenos e suas descobertas muitas vezes não podem ser comprovadas como sendo relações de causa-efeito.

Um problema com as pesquisas médicas atuais é que elas são muito boas em identificar grandes efeitos e riscos à saúde, como os malefícios do tabaco e álcool, por exemplo. No entanto, para a identificação de pequenos efeitos em contraposição à ausência de efeitos elas não são muito eficazes. Se houvesse algum grande malefício à saúde causado por radiações EM, muito provavelmente ele já teria sido descoberto, mas é quase impossível também afirmar que não há nenhum possível pequeno malefício devido a esta dificuldade de identificá-los.

Hoje, os esforços nesta área estão concentrados ainda em se tentar descobrir se as radiações EM são carcinogênicas e principalmente nos efeitos de longo prazo da telefonia móvel, cada vez mais onipresente. Nenhum efeito adverso óbvio relacionado a nossa exposição a estes fracos campos de radiofrequências foi achada até hoje, mas considerando a grande preocupação pública quanto a segurança dos aparelhos celulares, futuras pesquisas ainda irão se focar na possível existência de possíveis efeitos menos óbvios relacionados a baixos níveis de exposição (OMS, 2014).

3 Regulamentações

3.1 Introdução

Diferentes organizações e países ao redor do mundo possuem diversas recomendações sobre o tema de exposição EM. Neste capítulo veremos os principais conceitos utilizados nestas regulamentações e quais são os principais órgãos e documentos sobre o tema no mundo e no Brasil.

3.2 Principais conceitos

A regulamentação do espectro eletromagnético é baseada em alguns conceitos particulares que foram criados para permitir a definição de regras bem definidas. Eles são:

SAR (*Specific absorption rate*): É uma das principais grandezas utilizadas para medir o grau de exposição de uma pessoa às radiações EM, ele mede o quanto de potência destas radiações é absorvido por unidade de massa do indivíduo exposta, principalmente no *range* que atrai a maior atenção de RF (100 kHz-10GHz), sua unidade é W/kg. A fórmula para o SAR é:

$$SAR = \frac{d}{dt} \frac{dU}{dm} = \frac{d}{dt} \frac{dU}{\rho dV}$$

Onde dU é um incremental de energia absorvida, dm é um incremental de massa, ρ é a densidade do material exposto, dV é um incremental de volume e dt um incremental de tempo (USMAN *et al.*, 2008).

Em baixas frequências, a absorção de energia de campos EM e subsequente aumento de temperatura são negligenciáveis. Porém, a partir de 100 kHz, esta situação muda e o SAR oferece uma boa maneira de medir esta exposição. Valores de SAR médio e sua distribuição podem ser computados ou estimados em laboratório. O valor da SAR varia de acordo com alguns fatores:

- Os parâmetros do campo incidente, como frequência, intensidade, polarização e a configuração do objeto fonte.

- As características do corpo exposto, seu tamanho e geometrias internas e externas, assim como as propriedades dielétricas dos vários tecidos expostos.

- Efeitos do solo ou de objetos refletores próximos no campo próximo ao corpo exposto.

Quando o eixo longo do corpo humano está paralelo ao vetor do campo elétrico e se está em condições de exposição de onda plana (exposição de campo distante) é quando o valor de corpo inteiro do SAR atinge os seus máximos. Um homem padrão em pé possui

uma frequência de ressonância de absorção perto de 70 MHz, uma pessoa mais alta tem essa frequência um pouco menor e uma pessoa sentada tem essa frequência ao redor de 100 MHz.

A média de SAR no corpo inteiro e o SAR local são medidas convenientes para a comparação de efeitos observados sob várias condições de exposição, tanto para campos distantes como próximos, podendo ser usados para medição de exposição a telefones celulares, estações base, *walkie-talkies* e outras fontes RF (ICNIRP, 1998).

Acima de 10 GHz a profundidade de penetração no tecido humano é pequena e o SAR deixa de ser uma boa medida, preferindo-se usar a densidade de potência (W/m^2) como quantidade dosimétrica.

Restrições de base: São as restrições que são definidas com base nos efeitos conhecidos das emissões eletromagnéticas sobre a saúde. Dependendo da frequência, elas são dadas em função de diferentes grandezas como: Indução magnética, densidade de corrente, densidade de campos elétricos internos, SAR médio, SAR localizado e/ou densidade de potência. Essa variedade de parâmetros existe porque dependendo da banda de frequência analisada, os problemas que podem ser causados pelos campos EM tem raízes diferentes: estimulação elétrica, estimulação térmica, corrente de contato, etc.

Níveis de referência: baseados nas restrições de base, foram criados os níveis de referência; eles são os valores limites para certos indicadores que se seguidos garantem que se está de acordo com as restrições de base. Isto não significa que se caso algum destes indicadores esteja acima dos níveis de referência implique necessariamente no desrespeito às restrições de base, apenas que deve-se fazer medidas mais detalhadas, diretamente das restrições de base. Resumindo, são indicadores que garantem que se está seguindo a regulamentação, mas não provam que se está infringindo-as.

Estimulação elétrica: Nas bandas de frequência até 10 MHz, as restrições de base tem como objetivo evitar efeitos danosos sobre o sistema nervoso dos campos EM provenientes de estímulos elétricos.

Efeito térmico: Nas bandas de frequência entre 100 kHz e 300 GHz, as restrições de base tem como objetivo evitar os efeitos térmicos das radiações EM (aquecimentos) que podem ocorrer nos tecidos corporais.

Corrente de contato: Na banda de frequência até 110 MHz, as restrições de base também têm como objetivo evitar os efeitos de correntes de contato possivelmente causados por ondas EM, essas correntes de contato podem ocasionar em choques e queimaduras.

Corrente atravessando um membro: Na banda de frequência entre 10 e 110 MHz, as restrições de base também tem como objetivo evitar os efeitos de fortes correntes induzidas atravessando membros do corpo.

3.2 Principais organismos internacionais responsáveis

ICNIRP: Comissão científica sem fins lucrativos baseada na Alemanha especializada no domínio da proteção contra radiações EM não-ionizantes. Sua missão é avaliar com o conhecimento científico atual o ambiente EM existente e publicar periodicamente *guidelines* e revisões para a segurança do público. Suas linhas diretrizes são usadas por mais de 50 países e também pela União Européia e OMS. O ICNIRP publica em suas diretrizes tanto limites de exposição quanto métodos para fazer as medições.

OMS: A Organização Mundial da Saúde considera o ICNIRP como o principal órgão de referência na elaboração de diretrizes e diz que exposições aos níveis recomendados pelo ICNIRP não parecem causar qualquer tipo de consequência à saúde.

A OMS criou o Projeto Internacional EMF, com a participação de 54 países e organizações internacionais, para buscar melhorar a padronização das legislações sobre os limites referentes ao tema, pelo menos em termos de formato das grandezas, limites e forma das medidas. Como resultado desta iniciativa, a OMS criou um *database* mundial dos padrões utilizados e também criou um *framework* para a harmonização dos métodos de controle chamado *Framework for Developing Health-Based EMF Standards*, buscando oferecer o mesmo nível de proteção a todas as pessoas com padrões baseados em pesquisas sobre os impactos à saúde existentes.

3.3 Principais leis e diretrizes regulamentadoras do monitoramento EM no Brasil e mundo

ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz):

Este documento de 1998 é a base sobre a qual a legislação brasileira atual foi redigida. As sugestões deste documento. Neste documento são definidas as restrições de base e níveis de referência para as diferentes bandas de frequência até 300 GHz tanto para o grande público quanto para profissionais expostos à campos EM no exercício de suas funções, com explicações sobre o porquê de cada uma. Ele também estabelece diretrizes para exposições compostas, quando diferentes bandas de frequência atuam simultaneamente. Maiores detalhes sobre os limites de exposição presentes nesse documento estão nos Anexos.

ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1Hz - 100 kHz) :

Este documento de 2010 é focado nas baixas frequências, vindo substituir e complementar diretivas anteriores (como as do documento de 1998) para estas bandas de radiações EM mais baixas, aconselhando níveis de segurança mais rígidos. Ele foi publicado visando principalmente lidar preocupações recentes sobre os efeitos de ondas EM de baixa frequência sobre tecidos nervosos e musculares. Como no documento anterior, os níveis de referência e restrições de base são separados entre grande público e exposição profissional. Ele também estabelece diretrizes para exposições compostas, quando diferentes bandas de frequência atuam simultaneamente. Maiores detalhes sobre os limites de exposição presentes nesse documento estão nos Anexos.

ICNIRP Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields:

Este documento de 2009 é focado sobre os campos magnéticos estáticos, ou seja, que não variam no tempo. É conhecido que abaixo de 2 T, os campos magnéticos estáticos podem causar efeitos negativos temporários como náuseas, vertigem e fosfenos (fenômeno que consiste da sensação de ver luzes ou manchas no campo visual), mas ainda não há evidências que estes campos causem efeitos irreversíveis ou sérios. É importante tomar em consideração que segundo estas recomendações, os portadores de equipamentos eletrônicos médicos possuem limites de exposição consideravelmente mais baixos. Para tratar destas questões e outras estas *guidelines* foram publicadas.

Legislação de controle no Brasil:

No Brasil, a regulamentação sobre os limites à radiação EM estão na Lei Nº 11.934, de 5 de maio de 2009.

Esta lei abrange os seguintes assuntos:

-Regulamenta os limites de exposição, esta lei cobre o espectro EM até 300 GHz, definindo os limites como os das recomendações da OMS, primeiramente, e do ICNIRP em casos em que a OMS não possuir recomendações (lembrando que as próprias recomendações da OMS são baseadas no ICNIRP).

-Define o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FNDCT e o Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações – FUNTEL como os responsáveis pelo financiamento de pesquisas à respeito dos possíveis efeitos das radiações EM na saúde, com parte destes recursos devendo ser focados para pesquisas sobre pessoas em situação de risco como ocupantes de postos de trabalho em empresas que utilizem fontes geradoras desses campos e de indivíduos que possam ser especialmente afetados por eles, tais como crianças, idosos e gestantes.

-Define os órgãos federais reguladores dos setores elétricos e de telecomunicações como os responsáveis pela fiscalização dos parâmetros desta lei, devendo estes:

Telecomunicações:

I - implementar, manter, operar e tornar público sistema de monitoramento de campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos de radiofrequências para acompanhamento, em tempo real, dos níveis de exposição no território nacional;

II - realizar medição de conformidade, 60 (sessenta) dias após a expedição da respectiva licença de funcionamento, no entorno de estação instalada em solo urbano e localizada em área crítica;

III - realizar medições prévias dos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos no entorno de locais multiusuários devidamente identificados e definidos em todo o território nacional;

IV - realizar medições de conformidade, atendendo a solicitações encaminhadas por autoridades do poder público de qualquer de suas esferas.

A lei também define responsabilidades às prestadoras de serviços de telecomunicações para que estas façam medições a cada 5 anos dos campos EM provenientes de todas as suas estações transmissoras de radiocomunicação. Além disto, os fornecedores de terminais para usuários (aparelhos telefônicos) devem garantir e informar que seus produtos atendem aos limites de exposição, com dados na Internet sobre as exposições medidas.

Energia elétrica:

I - editar regulamentação sobre os métodos de avaliação e os procedimentos necessários para verificação do nível de campo elétrico e magnético, na fase de comissionamento e autorização de operação de sistemas de transmissão de energia elétrica, e sobre os casos e condições de medição destinada à verificação do atendimento dos limites estabelecidos por esta Lei;

II - tornar públicas informações e banco de dados sobre medições realizadas, segundo estabelecido pela normatização metodológica vigente, de campos elétricos e magnéticos gerados por sistemas de transmissão de energia elétrica para acompanhamento dos níveis de exposição no território nacional;

III - solicitar medição ou verificação, por meio de relatório de cálculos efetuados com metodologia consagrada e verificação de conformidade, na fase de comissionamento, para autorização de operação de novo sistema de transmissão de energia elétrica a ser integrado à Rede Básica Nacional.

A lei também define responsabilidades às concessionárias de serviços à concessionárias de serviços elétricos para que estas façam medições sempre que houver

mudanças nas características vigentes do sistema de transmissão e garantam conformidade às leis.

Além disto tudo, a Lei define que os órgãos reguladores deverão implantar cadastros informatizados garantindo a conformidade à regulamentação; estes cadastros devem conter relatórios de conformidade e resultados de medições feitos por estes órgãos e prestadoras, com a provisão para que as informações sejam também mostradas em um mapa de localização para os usuários leigos.

- Define multas e sanções para o desrespeito à regulamentação, com base em leis já existentes.

A versão inteira da lei está no Anexo.

Além da Lei Nº 11.934, outra lei de interesse é a PLS - PROJETO DE LEI DO SENADO, Nº 293 de 2012, já aprovada no Senado, conhecida como Lei Geral de Antenas. Ela estabelece normas gerais para a instalação de infraestrutura de telecomunicações no Brasil. O texto visa agilizar o processo de instalações, garantindo às operadoras de telefonia uma licença automática para instalação de antenas se as prefeituras, as responsáveis pela autorização, não apresentem decisão em até 60 dias contados a partir da data do requerimento. Um dos objetivos deste projeto de lei é estabelecer uma regra federal sobre as antenas, em contraste a situação atual em que mais de 250 leis estaduais e municipais muitas vezes impedem a construção de novas estruturas. Nesta lei, a liberação de licenças ambientais continua sendo responsabilidade das prefeituras, mas elas terão que acatar a decisão do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), responsável por disciplinar o procedimento simplificado de licenciamento ambiental para qualquer infraestrutura de telecomunicações. Esta lei também reitera como sendo de responsabilidade da Anatel a fiscalização da exposição humana aos campos EM.

3.4 Controvérsias

Há alguma controvérsia sobre se as diretrizes do ICNIRP são suficientes para a proteção do público em caso de exposição de longo termo às radiações EM. Argumenta-se que estas diretrizes são demais baseadas em efeitos de curto prazo como estimulação elétrica de músculos e nervos periféricos, queimaduras e choques. Quanto a supostos riscos de longo prazo, como câncer, o ICNIRP concluiu que os dados existentes são insuficientes para dar base a restrições.

Devido a estas preocupações, algumas outras diretrizes foram criadas que são mais rígidas que as do ICNIRP, embora sejam menos reconhecidas como referência também. Entre estas outras diretrizes, a de limites mais baixos pertence à Resolução de Salzburg. Este documento assinado por 19 cientistas e médicos de saúde pública e recomenda uma exposição *outdoors* de no máximo $0,11 \text{ W/cm}^2$, equivalente a um campo elétrico de $0,6 \text{ V/m}$, o que é 450 e 900 vezes mais baixo que os limites do ICNIRP para, por exemplo, 900 MHz e 1800 MHz respectivamente (USMAN *et al.*, 2008).

4 Equipamentos e soluções existentes

4.1 Introdução

Neste capítulo estudaremos as principais soluções existentes no mercado que poderiam ser usados em um possível sistema de monitoramento. Os equipamentos existentes para a medição dos campos EM são basicamente divididos entre soluções móveis e estáticas. As soluções móveis permitem uma maior flexibilidade no momento de fazer relatórios sobre situações específicas, como instalação de novas torres e linhas de transmissão ou para atender pedidos do público. Por outro lado, equipamentos estáticos são melhores para a elaboração de um *grid* de monitoramento constante, podendo fazer medições contínuas e avisar quando houver picos através de conexões *Web* e outros.

4.2 Móveis

Abaixo, vemos as principais soluções disponíveis no mercado atualmente:

Satimo: Satimo é uma empresa francesa com presença global especializada em soluções para medidas de campos EM de alta frequência. É uma das principais referências na área, com uma linha de produto específica para segurança em RF (radiofrequência).

Série EME Guard:



Figura 2 - Satimo EME Guard

Visão geral: Equipamento voltado para pessoas que trabalham em ambientes de exposição à antenas como pessoal de instalação e manutenção, empregados de órgãos regulatórios e outros. Provê um monitoramento contínuo do nível de exposição EM, avisando conforme este aumenta e caso passe os limites pré-estabelecidos no aparelho (ICNIRP, FCC, customizado, etc.) (SATIMO,2014).

O EME Guard mostrado na Figura 2 vem com uma sonda triaxial que garante uma medição isotrópica (essencial para se medir o total dos campos EM nas 3 dimensões), sendo estas sondas pré-calibradas pelo fabricante e enviadas com um relatório desta calibragem; o alarme pode ser configurado para ativar assim que o campo ultrapasse os limites definidos

ou quando a média dos últimos 6 minutos ultrapassar (de acordo com recomendações ICNIRP).

Frequência medida: 27 MHz – 40 GHz

Outras especificidades: Esta solução conta com uma conexão USB, que permite a interface com o software da Satimo (incluso na compra), mostrado na Figura 3, para análise das medidas feitas e a separação de dois perfis de uso: administrador, que seta os limites aceitáveis, e usuário.

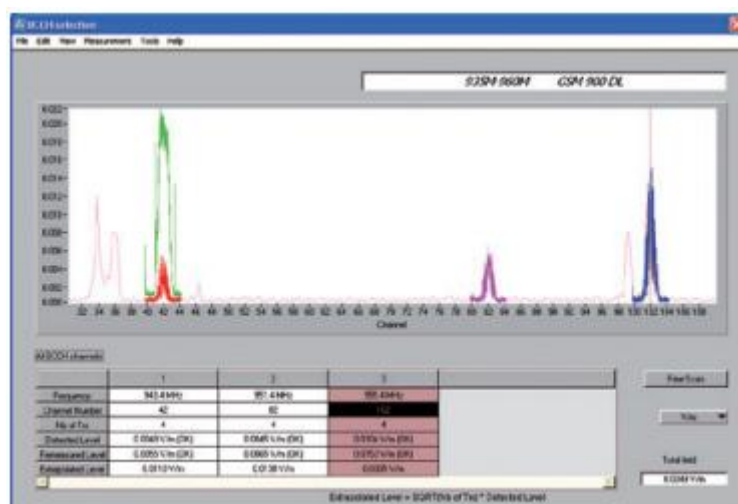


Figura 3 - Exemplo do software de análise Satimo

Série EME Spy:



Figura 4 - Satimo EME Spy

Visão geral: A série EME Spy mostrada na Figura 3 tem como objetivo mostrar a exposição às radiações EM para bandas de frequência usadas para diferentes aplicações. Ele provê um monitoramento contínuo da exposição pessoal a campos EM, mostrando quais bandas estão contribuindo. É útil para medir os níveis de radiação aos quais o grande público está submetido (SATIMO, 2014).

As suas medições podem ser comparadas diretamente com os níveis de referência do ICNIRP. A sonda usada é triaxial medindo o campo elétrico e com este calculando a exposição EM total, buscando manter o máximo de isotropia; como o EME Guard pode ativar os alertas a partir de medidas pontuais ou de médias de 6 minutos.

Tem como público alvo os órgãos reguladores, prefeituras, universidades, centros de pesquisa, prestadores de serviços de telecomunicações e outros.

Frequência medida: 20 bandas de frequência selecionáveis de 88 MHz a 5850 MHz, indo desde a banda FM, passando pelo GSM, UMTS, LTE e outros.

Outras especificidades: Além de também possuir uma conexão USB que permite a importação dos dados de medida no software Satimo, o EME Spy possui um *real-time kit* que permite a visualização dos dados mais relevantes em tempo real em *tablet* ou *smartphone*.

Narda: A Narda é uma subsidiária alemã da L3 Communications, líder mundial em soluções de telecomunicações, focada no fornecimento de soluções para os mercados de segurança EM, compatibilidade eletromagnética e Testes RF.

Radman/Radman XT:



Figura 5 - Narda Radman XT

Visão geral: É um equipamento vestido no corpo, como mostrado na Figura 5, que mede uma ampla banda de frequência, podendo ser usado tanto para funções ocupacionais quanto para medições para o público geral. Provê um monitoramento contínuo do nível de exposição EM, avisando conforme este aumenta e caso passe os limites pré-estabelecidos para o aparelho (ICNIRP, FCC, *Canda Safety Code*, customizado, etc.) com alarmes e sinais de LED. Também é triaxial isotrópico, com duas características diferenciais que são a capacidade de medir separadamente campos elétricos e magnéticos para campos próximos, onde a relação entre estes dois campos não é fixa, e o aparelho possui um absorvedor de RF que pode ser movido, evitando assim interferências do corpo humano e permitindo o uso do aparelho na detecção de vazamentos, como em conectores coaxiais (NARDA, 2014).

Frequência medida: 1 MHz – 40 GHz.

Outras especificidades: Também possui armazenamento de dados para análise posterior das medições, com um *software* (acesso via USB) que permite mostrar os resultados em forma gráfica, informações estatísticas (médias, máximos, etc.) e exportar os dados em formas tabular e texto.

Nardalert S3:

Figura 6 - Nardalert S3

Visão geral: É um equipamento utilizado no corpo, como mostrado na Figura 6, que fornece alarmes visuais, sonoros e vibratórios quando a densidade de potência dos campos elétricos medidos se aproxima ou ultrapassa os valores dos sensores calibrados para os limites desejados (ICNIRP, FCC, *Canada Safety Code*, Anatel, etc.). Diferentemente da solução anterior, ele não mede campos próximos (NARDA, 2014).

Frequência medida: 1 MHz – 40 GHz.

Outras especificidades: Também possui armazenamento de dados para análise posterior das medições, com um software (acesso via USB) que permite mostrar os resultados em forma gráfica, informações estatísticas (médias, máximos, etc.) e exportar os dados em formas tabular e texto. Além disto, ele possui um display LCD que mostra de forma mais detalhada os níveis de exposição para altas e baixas frequências ($< > 1$ GHz), podendo este ser customizado para mostrar outras informações consideradas importantes pelos usuários. Também possui um *port* para fibra óptica que permite o uso do equipamento para monitoramento remoto.

Outras soluções Narda:

Além das duas soluções específicas para segurança humana frente a exposições EM, a Narda possui outras soluções mais gerais que buscam medir de forma mais detalhada os campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos para diferentes faixas de frequência, resumidos na Tabela1.

Tabela 1 - Soluções Narda adicionais para monitoramento EM móvel (NARDA, 2014)

Produto	Banda de frequência	Campo medido
EFA - 300	5 Hz – 32 kHz	H (original), podendo ser usado com outras sondas H e E
ELT-400	1 Hz – 400 kHz	H
THM-1176	DC – 1 kHz	H
EHP-50D	5 Hz to 100 kHz	H e E
SRM-3006	9 kHz to 6 GHz	H ou E dependendo da sonda usada
NIM-511/513	NIM-511 -300 kHz to 100 MHz NIM-513-10 MHz to 42 MHz	H e E
NBM-500 <i>family</i>	De baixas frequências a 50 GHz dependendo da sonda usada (NBM 580 permite o monitoramento simultâneo de diferentes equipamentos)	H e E

Wavecontrol: É uma empresa catalã especializada no fornecimento de equipamentos para monitoramento e segurança EM com forte parceria do governo da Catalunha.

Wavecontrol SMP2:



Figura 7 - Wavecontrol SMP2

Visão geral: é um equipamento móvel, mostrado na Figura 7, carregado à mão que serve tanto para medição de locais de trabalho quanto para medição de exposição do público em geral. Pode ser usado de acordo com vários padrões de exposição: ICNIRP, União Européia, IEC, IEEE. Reúne em um único equipamento a capacidade análise de espectro em baixas frequências (usando FFT e método de picos ponderados) e medidas banda larga, que

fazem uma composição da exposição a todas as frequências medidas (WAVECONTROL, 2014).

Frequência medida: A frequência e o campo medidos dependem da sonda utilizada junto com o equipamento, com opções: E e H de 10 Hz a 3 kHz; E de 100 kHz a 3 ou 8 GHz; E de 1 MHz a 18 GHz. Todas as sondas são isotrópicas e triaxiais.

Outras especificidades: Também possui armazenamento de dados para análise posterior das medições, com um software (acesso via USB) que permite mostrar os resultados em forma gráfica. Além disto, ele possui um display LCD que mostra em tempo real a medição banda larga detectada. Também possui um *port* para fibra óptica que permite o uso do equipamento para monitoramento remoto. Um problema deste produto é que as sondas a serem usadas devem todas serem compradas separadamente, nenhuma vem inclusa com o produto.

Spectran: A Spectran é uma empresa alemã especializada em equipamentos de medição de campos eletromagnéticos. Ela se diferencia dos concorrentes por oferecer produtos mais simples a custos mais baixos.

Série NF para baixas frequências:



Figura 8 - Série Spectran NF

Visão geral: é um equipamento móvel carregado à mão, mostrado na Figura 8, que deve ser conectado a uma antena para realizar medidas de campos elétricos ou magnéticos de baixas frequências. É configurado para dar alertas de acordo com os padrões ICNIRP baseado nos valores RMS ou pico detectados (à escolha) (SPECTRAN, 2014).

Frequência medida: Vem em três versões com diferentes tamanhos de banda de frequências: NF-1010E (10Hz – 10 kHz), NF-3020 (10 Hz – 400 kHz) e NF-5030(1Hz -30 MHz).

Outras especificidades: Também possui armazenamento de dados para análise posterior das medições, com um software (acesso via USB) que permite mostrar os resultados em forma gráfica. Além disto, ele possui um display LCD que mostra em tempo real a medição banda larga detectada. Um problema deste produto é que ele vem acompanhado apenas de uma antena direcional, assim para se ter uma análise isotrópica

triaxial é necessário comprar uma antena com estas características e conectá-la ao aparelho.

Série HF para altas frequências:



Figura 9 - Série Spectran HF

Visão geral: é um equipamento móvel carregado à mão, mostrado na Figura 9, que deve ser conectado a uma antena para realizar medidas de campos eletromagnéticos de altas frequências. É configurado para dar alertas de acordo com os padrões ICNIRP baseado nos valores RMS ou pico detectados (à escolha). Ele permite o acompanhamento em tempo real da potência de certas bandas de frequência pré-especificadas como GSM, UMTS, DECT e Wi-Fi (SPECTRAN, 2014).

Frequência medida: Vem em cinco versões com diferentes tamanhos de banda de frequências: HF-2025E (700 MHz – 2,5 GHz), HF-4040 (100 MHz – 4 GHz), HF-6060(10 MHz - 6 GHz), HF-6080(10 MHz -8 GHz) e HF-60100 (9 kHz a 9,4 GHz).

Outras especificidades: Também possui armazenamento de dados para análise posterior das medições, com um software (acesso via USB) que permite mostrar os resultados em forma gráfica. Além disto, ele possui um display LCD que mostra em tempo real a medição banda larga detectada. Um problema deste produto é que ele vem acompanhado apenas de uma antena direcional, assim para se ter uma análise isotrópica triaxial é necessário comprar uma antena com estas características e conectá-la ao aparelho.

4.3 Fixas

Satimo:

FlashRad:



Figura 10 - Satimo FlashRad

Visão geral: O FlashRad, mostrado na Figura 10, é uma baliza que mede campos EM de forma contínua. Ele pode ser usado em grupo, cada baliza enviando os seus dados para um PC central (conexão ethernet) que processa os dados de cada baliza individualmente, dando uma visão geral de toda a área coberta. Tem como perfil de usuários organizações que estejam suscetíveis de forma contínua a radiações EM, como aeroportos, fábricas e bases militares. Os limites de exposição para gerar alarmes (visuais e sonoros) podem ser customizados pelo cliente (SATIMO, 2014).

Frequência medida: 900 MHz – 11 GHz

Outras especificidades: Esta solução já vem provida de um *software* para análise dos dados coletados. Um diferencial desta solução é a sua capacidade de detectar rajadas EM como àquelas provenientes de radares.

INSITE Box:



Figura 11 - Satimo Insite Box

Visão geral: O INSITE Box, mostrado na Figura 11, é uma baliza que mede campos elétricos de forma contínua. Ele tem como foco a medição contínua de pontos de interesse, como antenas. Ele possui uma tecnologia de filtragem que indica quais bandas de frequência (GSM, UMTS, etc.) estão contribuindo para a radiação detectada. Para exportação dos dados, um cartão SIM é instalado e colocado na baliza para comunicação GSM/GPRS; os dados da baliza são automaticamente colocados em um site FTP que pode por exemplo servir de fonte de informações para um *website* público que mostra os resultados das medições (SATIMO, 2014).

Tendo estas características, o perfil de usuário deste sistema é, em geral, provedores de serviços de telecomunicações ou agências governamentais. Os limites de exposição para gerar alarmes pré-definidos são os do ICNIRP.

Frequência medida: 900 MHz – 11 GHz

Outras especificidades: Esta solução já vem provida de um *software* para análise dos dados coletados. Como adicionais, a baliza pode ser equipada com painéis solares para uso em ambientes remotos.

Narda:

AMS-2600:



Figura 12 - Narda AMS-2600

Visão geral: É um sistema de monitoramento de área, mostrado na Figura 12. Ele monitora continuamente o valor dos campos EM, com médias por período também podendo ser medidas de acordo com a customização desejada; alarmes e mensagens de advertência são enviados para o controle do sistema ou responsável pela área quando certas condições pré-programadas são atingidas.

A baliza tem como fonte de força um painel solar que funciona em conjunto com um grupo de baterias. Para comunicação, ela utiliza um *link* via a rede GSM, o que permite que os resultados possam ser baixados a cada 24 horas (ou outro período desejado) (NARDA, 2014).

Frequência medida: 3 tipos de sondas são oferecidas para seleção: Sonda para campo E de 500 kHz a 3 GHz, sonda para campo E de 1 MHz a 18 GHz e sonda para campo H de 20 Hz a 3 kHz.

Outras especificidades: Esta solução já vem provida de um *software* para análise dos dados coletados.

AMB-8057:



Figura 13 - Narda AMB-8057

Visão geral: É um sistema de monitoramento de área focado em instalações para comunicações móveis, vê-se um exemplar na Figura 13. Ele monitora continuamente o valor dos campos EM, esta baliza permite a integração de diferentes sondas para diferentes bandas: GSM-900, GSM-1800, UMTS, banda larga 100 kHz a 7 GHz e uma sonda especial para campos magnéticos baixas frequências de 10 Hz a 5 kHz; estas sondas são triaxiais isotrópicas. É recomendado para a criação de sistemas de monitoramento extensivos geograficamente que possam traçar a radiação EM à qual o público está suscetível (NARDA, 2014).

A baliza pode ter como fonte de força um painel solar que funciona em conjunto com um grupo de baterias ou uma bateria de lítio com duração de 1 ano. Para comunicação, ela utiliza um link via a rede GSM para comunicar-se com o PC base que contém o software de controle das balizas.

Frequência medida: 10 Hz a 7 GHz (com o uso de diferentes sondas).

Outras especificidades: Esta solução já vem provida de um *software* para análise dos dados coletados.

AMS-8060:

Figura 14 - Narda AMS-8060

Visão geral: É um sistema de monitoramento de área muito similar ao AMS-2600, como mostrado na Figura 14, só que mais focado em mostrar as radiações de forma seletiva para as diferentes bandas componentes (GSM, UMTS, TV, etc.). Ele monitora continuamente o valor dos campos EM, alarmes e mensagens de advertência são enviados para o controle do sistema ou responsável pela área quando certas condições pré-programadas são atingidas.

A baliza tem como fonte de força um painel solar que funciona em conjunto com um grupo de baterias. Para comunicação, ela também utiliza um *link* via a rede GSM com um PC base (NARDA, 2014).

Frequência medida: 75 MHz a 3 GHz.

Outras especificidades: Esta solução já vem provida de um *software* para análise dos dados coletados.

Smarts II:

Figura 15 - Narda Smarts II

Visão geral: O Smarts II nada mais é do que um alarme, como mostrado na Figura 15, que ativa uma advertência sonora quando a sua medição dos campos EM RMS em banda larga ultrapassa o padrão para o qual o SMRTS II foi configurado (ICNIRP, FCC, IEE, *Canada Safety Code*, etc.) (NARDA, 2014).

Ao contrário das outras soluções mostradas aqui, o Smarts II é um sistema simples, que não guarda dados nem permite a análise destes, é meramente um alarme.

Frequência medida: 2 MHz a 100 GHz.

Wavecontrol:

MonitEM:



Figura 16 - Wavecontrol MonitEM

É uma baliza de monitoramento EM contínuo em banda larga que pode ser usado para criar uma rede de monitoramento para o grande público em locais de risco específicos, como próximos a antenas, perto de escolas e hospitais, etc. As medições EM são feitas baseadas nos valores RMS com sondas isotrópicas. Um exemplar pode ser vista na Figura 16.

A baliza é alimentada por energia solar, uma fonte de 220V ou um híbrido dos dois (*smart energy*) e se comunica com um PC base com comunicação GPRS/3G (WAVECONTROL, 2014).

Frequência medida: A frequência e o campo medidos dependem da sonda utilizada junto com o equipamento, com opções: E e H de 10 Hz a 3 kHz; E de 100 kHz a 3 ou 8 GHz; E de 1 MHz a 18 GHz. Todas as sondas são isotrópicas e triaxiais.

Outras especificidades: Esta solução já vem provida de um sistema de envio e armazenamento dos dados em uma base de dados que pode ser customizado. Um diferencial deste sistema é que ele permite a visualização dos dados coletados em um *website* aberto ao público com uma interface *Gmap-like*, onde pode-se ver o valor e momento da medição, o local e imagens deste.

5 Experiências existentes

5.1 Introdução

Ao redor do mundo e especialmente na Europa, algumas experiências de monitoramento EM já são feitas ou estão sendo implementadas. Como este é um assunto ainda novo no âmbito governamental, vê-se que há uma grande variedade nas iniciativas tomadas, assim como nos atores destas iniciativas, uma vez que as responsabilidades sobre a exposição EM da população é algo ainda não muito bem definido nas esferas governamentais. Neste capítulo veremos alguns exemplos destas iniciativas.

5.2 Iniciativas

França

Brest: A cidade de Brest no noroeste da França implementou um sistema de vigilância EM baseado em duas frentes. Na primeira, adquiriu dois sistemas de monitoramento fixo ANTENESSA Satimo (não mais produzidos), que fornecem medições atualizadas a cada 24 horas em um site de acesso público ; estas balizas são deslocadas de tempos em tempos para pontos de interesse da cidade a fim de ir cobrindo-a. Também, a cidade adquiriu alguns sistemas Satimo móveis que permitem que a prefeitura faça medições nos domicílios de residentes de acordo com a requisição destes.

Espanha

Catalunha: O governo do estado espanhol é o responsável nas questões relacionadas às telecomunicações. Na Catalunha, o Centro de Telecomunicações e de Tecnologias da Generalitat de Catalunya (CTTI) é o órgão encarregado dos controles da exposição do público aos campos EM.

Este organismo colocou em funcionamento o maior sistema de monitoramento EM do mundo, composto de mais de 300 balizas fixas da Wavecontrol (empresa catalã) implantadas próximas a antenas de transmissão de telefonia móvel e em locais considerados de alta sensibilidade. Estas balizas são de natureza variada, algumas fazem meramente medições em banda larga, algumas fazem análises de espectro mais detalhadas, analisando os contribuintes dos campos EM, e algumas medem campos magnéticos de baixa frequência próximos de linhas de transmissão. Estas medidas são complementadas com o uso de alguns equipamentos móveis para medidas em locais particulares, como nas residências de idosos.

Para cada baliza, o histórico do valor médio e do valor máximo durante um período de 24 horas são medidos e acessíveis para o grande público no site dedicado do CTTI, como pode ser visto na Figura 17.

Também, no início de cada mês, um resumo do conjunto de medidas registradas é enviado às prefeituras de cada município onde as balizas estão instaladas. Em caso de ultrapassagem dos limites aceitos, as prefeituras podem contatar as operadoras responsáveis para buscar uma diminuição destes níveis.

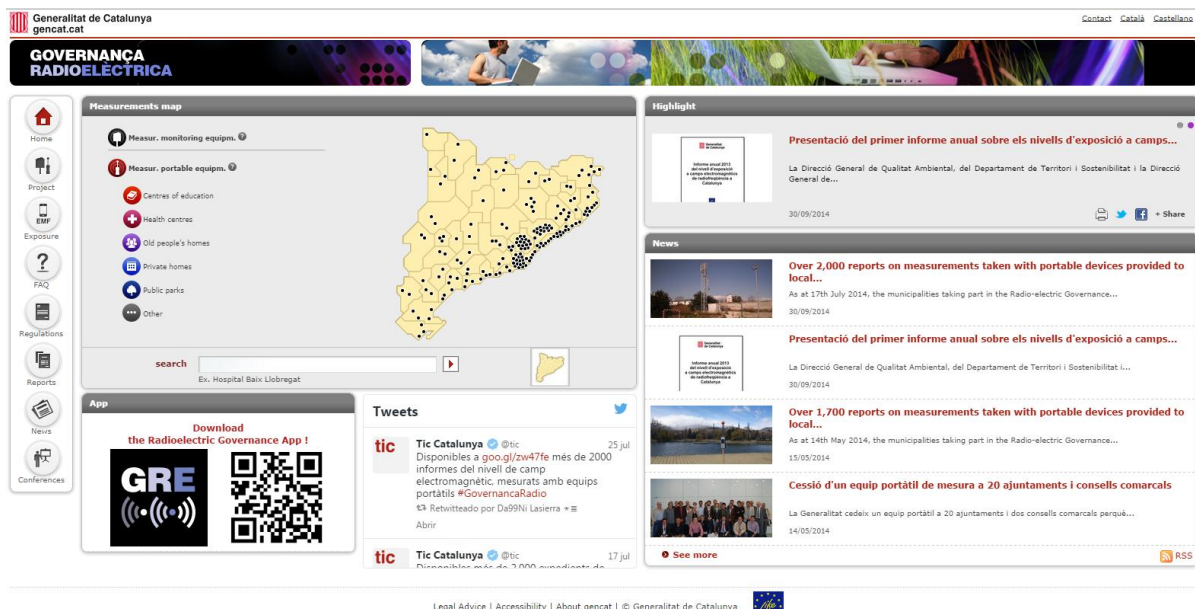


Figura 17 - Exemplo do website de monitoramento EM da Catalunha

Itália

O monitoramento eletromagnético na Itália é responsabilidade das Agências Regionais e Provinciais de Proteção do Meio Ambiente (ARPA) e do Instituto Superior para a Proteção e a Pesquisa Científica do Meio Ambiente (ISPRA).

Um decreto governamental definiu que os limites de exposição como sendo de 20 V/m para o valor limite aplicável e de 6 V/m como para o valor recomendado, esses valores são bem abaixo dos recomendados em outros países, incluindo as recomendações da União Européia. Este valor não deve ser ultrapassado em locais de passagem do público por mais de 4 horas.

No âmbito da fiscalização destes limites de exposição, 1200 estações de medições móveis, que medem os níveis de exposição continuamente, foram implantadas em locais estratégicos escolhidos em conjunto pelos órgãos responsáveis.

Em caso de ultrapassagem do nível de 6 V/m, um estudo é feito pelo ARPA responsável para identificar a contribuição de cada emissor e buscar baixar os níveis.

Bélgica

Valônia: Na Valônia, o organismo responsável pelo controle das radiações EM é o Instituto Científico de Serviço Público (ISSEP). Os limites das normas belgas visam um limite

de 3 V/m para antenas de radiofrequência (100 kHz-300 GHz) sem nenhuma ponderação em função das frequências achadas. Os níveis de campo devem ser calculados com base nos valores RMS em uma média de um período de 6 minutos.

Quando da medida nas residências, apenas as emissões EM provenientes de antenas são levadas em consideração. Assim, os outros campos provenientes de aparelhos eletrodomésticos, eletrônicos e de redes de energia são ignorados.

O controle é feito in situ de acordo com a demanda de municípios e de particulares, este controle produz um relatório que é registrado. Atualmente o número de locais controlados já passa de 600.

Bruxelas: O Instituto de Bruxelas para a Gestão do Meio Ambiente é o organismo responsável pelo monitoramento EM. Os limites estabelecidos para exposição são de 0,024 W/m², ou 3 V/m à 900 MHz (um limite bem baixo), sendo as frequências entre 100 kHz e 300 GHz medidas segundo este critério. Um aspecto ambicioso deste sistema, é que este limite deve ser compartilhado entre os operadores.

Uma inovação do sistema de Bruxelas é o uso de um *software* de modelização Mithra REM para realizar simulações dos campos EM e assim localizar possíveis locais de interesse.

Para cada nova instalação de antenas, assim como para todas as antenas de transmissão existentes, as operadoras são requisitadas a fornecer ao Instituto um relatório de informações completo com as características físicas da antena, assim como uma modelização 3D do território afetado.

O financiamento dos projetos no exterior em geral é de origem pública, pois os organismos responsáveis são de natureza pública, mas em certos casos, a iniciativa privada também contribui, principalmente operadoras de telecomunicações e energia elétrica.

6 Implementação de sistema no Brasil

6.1 Introdução

Considerando as muito diversas formas de fiscalização das radiações EM existentes no mundo, pode-se ver que há uma ampla gama de opções sobre o sistema de monitoramento que poderia ser implementado no Brasil, dependendo dos recursos disponíveis e da abrangência desejada para o sistema. Buscando elaborar um sistema que possa fazer cumprir a legislação brasileira sobre o tema, foram elaborados neste capítulo dois cenários inspirados em experiências internacionais existentes para monitoramento de frequências RF, um mais abrangente e caro e outro mais pontual e econômico. Estes cenários buscam dar uma base para futuros sistemas de monitoramento no Brasil e para elaborá-los utilizei-me da experiência adquirida no meu estágio nesta área na empresa Azimut Monitoring na França.

6.2 Cenário 1

Baseado no modelo italiano, este modelo é o que busca fornecer a capacidade de fazer as medições necessárias a um custo mais econômico possível. Vamos quebrar este cenário em algumas análises para melhor enxergar o tamanho do desafio proposto:

Órgão(s) responsável(is): A responsabilidade para monitoramento EM no Brasil segundo a legislação cai sobre às agências reguladoras de energia elétrica e telecomunicações conforme a Lei nº 11.934 (BRASIL, 2009, art. 11), então esta responsabilidade sobre este sistema seria compartilhadas entre Anatel para antenas de telecomunicação e Aneel sobre as linhas de transmissão.

Pontos de medida: Este sistema se basearia em medidas usando equipamentos móveis que seriam deslocados pelo país para a realização das medidas. Considerando que neste cenário estamos buscando manter os custos financeiros em um mínimo, consideraremos que para cada antena transmissora, faremos uma medida a cada 5 anos, o mínimo requerido na legislação (BRASIL. Lei nº 11.934, 2009, art. 13).

Tabela 2 - Número de estações emissoras por estado

AC	225	PA	1737
AL	868	PB	979
AM	1083	PE	2530
AP	209	PI	782
BA	3060	PR	4037
CE	2027	RJ	7823
DF	1655	RN	944
ES	1442	RO	458
GO	2223	RR	128
MA	1141	RS	4838
MG	7625	SC	2659
MS	944	SP	18081
MT	1140	TO	476
Total		69114	

Fonte: (ANATEL, 2014)

Vendo o número de antenas de transmissão no Brasil na Tabela 2, façamos a estimativa de quantas antenas uma plataforma móvel conseguiria cobrir em 5 anos, com as seguintes premissas:

-Cada plataforma móvel consegue realizar a medição completa de 1 antena por dia.

-Em um ano temos em média 250 dias úteis em que as medições poderiam ser feitas.

Assim em 5 anos temos 1250 dias úteis em que seriam medidas 1250 antenas com um único aparelho, para chegarmos no número total de estações transmissoras de 69114, precisamos de:

$$1250 * X \geq 69114, X=56 \text{ plataformas móveis.}$$

Informação ao público: Para manter o público informado sobre as medições realizadas, um portal similar ao fornecido pelo governo da Catalunha pode ser criado, onde as medições realizadas seriam atualizadas, mostrando os pontos de medição, o equipamento usado e a razão de interesse para aquela medida (proximidade a antena, escola, etc.)

Equipamento a ser utilizado: O equipamento a ser utilizado seriam plataformas de medição EM móveis de um dos vários fornecedores existentes, com pelo menos as seguintes características:

- Capacidade de medição da banda de radiofrequência (3 kHz – 300 GHz), conseguindo pelo menos medir as principais radiações no cotidiano (FM, TV, GSM, UMTS, LTE, WiFi).

- Fornecimento de uma sonda isotrópica triaxial que facilita o trabalho do indivíduo encarregado de realizar as medições.

-Fornecimento de um software de análise incluso, como é a prática comum no mercado, que permita uma análise mais refinada das medições quando necessário.

Recursos a serem investidos: Considerando o preço dos produtos Spectran que são os mais baratos do mercado, utilizando a plataforma HF-6060, que cobre todas as principais radiações em território nacional atualmente e no futuro (FM, TV, GSM, UMTS, Wi-Fi, LTE e WiMax) entre 10 MHz e 6 GHz. Para garantir medições isotrópicas e triaxiais de forma mais automática para o operador, é aconselhável também a compra da antena OmniLog 30800, já que o equipamento Spectran não vem com uma sonda deste tipo. Os preços para uma solução Spectran estão na Tabela 3.

Tabela 3 - Equipamentos e preços para a plataforma móvel de fiscalização EM

Equipamento	Preço	Preço em R\$* (3,108)
Spectran HF-6060	1000 euros	3108
OmniLog 30800	250 euros	777
Total	1250 euros	3885

Fonte: Spectran, 2014

Assim, o custo total com equipamentos que seria necessário seria de:

Número de plataformas móveis * Preço unitário= 56 * 3885 = R\$ 217.560,00

Este valor a ser investido representa um valor baixo comparado com a dotação orçamentária da Anatel de R\$ 534,2 milhões em 2013 e com os investimentos feitos por ela em 2013, na ordem de R\$ 105,3 milhões, representando apenas 0,2% deste último valor (ANATEL, 2014).

6.3 Cenário 2

Inspirado no modelo catalão, este modelo é o mais compreensivo em termo de cobertura, porém, é também o mais demandante do ponto de vista de recursos. Vamos quebrar este cenário em algumas análises para melhor enxergar o tamanho do desafio proposto:

Pontos de medida: Este sistema se basearia em medidas em locais fixos predominantemente, com balizas fixas localizadas em áreas de interesse. Seguindo o modelo catalão, usaríamos uma baliza para cada antena de transmissão de telecomunicações instalada.

Fazendo um cálculo com dados na Tabela 4 abaixo, chegamos ao número de balizas necessárias para cobrir o Brasil inteiro.

Tabela 4 - Número de estações emissoras por estado

AC	225	PA	1737
AL	868	PB	979
AM	1083	PE	2530
AP	209	PI	782
BA	3060	PR	4037
CE	2027	RJ	7823
DF	1655	RN	944
ES	1442	RO	458
GO	2223	RR	128
MA	1141	RS	4838
MG	7625	SC	2659
MS	944	SP	18081
MT	1140	TO	476
Total		69114	

Fonte: (ANATEL, 2014)

Órgão(s) responsável(is): A responsabilidade para monitoramento EM no Brasil segundo a legislação cai sobre às agências reguladoras de energia elétrica e telecomunicações conforme a Lei nº 11.934 (BRASIL, 2009, art. 11), então esta responsabilidade sobre este sistema seriam compartilhadas entre Anatel para antenas de telecomunicação e Aneel sobre as linhas de transmissão.

Informação ao público: Para manter o público informado sobre as medições realizadas, um portal similar ao fornecido pelo governo da Catalunha pode ser criado. Como praticamente todas as balizas fixas já vêm com a capacidade de comunicação remota GSM e em alguns casos já até vem com um sistema de upload para website (Wavecontrol), o que permitiria uma atualização remota dos dados. Somada às medições das balizas fixas, caso se decida pelo uso pontual de medições com equipamentos móveis, em casas de residentes por exemplo, estas medidas seriam somadas na interface do website; esta interface poderia ser um mapa onde seriam mostradas a localização de cada medição, com fotos do lugar e informações sobre o equipamento usado e o porquê do local da medição.

Equipamento a ser utilizado: O equipamento a ser utilizado seriam balizas fixas de um dos vários fornecedores existentes no mercado, este equipamento necessitaria das seguintes características:

- Capacidade de medição da banda de radiofrequência (3 kHz – 300 GHz), conseguindo pelo menos medir as principais radiações no cotidiano (FM, TV, GSM, UMTS, LTE, WiFi).

-Capacidade de operação autônoma, com fonte de alimentação adequada para isto, assim como capacidade de conexão remota para passagem de dados em tempo real a fim de conseguir-se criar um website que mostre os dados mais atualizados de medição.

-Fornecimento de um software de análise incluso, como é a prática comum no mercado, que permita uma análise mais refinada das medições quando necessário.

Recursos a serem usados: Considerando o número de balizas necessárias medidas acima, podemos fazer um cálculo básico do que custaria para fazer a instalação deste sistema. Com um total de 69.114 balizas necessárias. Para o preço unitário, nenhuma fabricante de balizas fixas disponibilizou o preço de seu equipamento, mas podemos fazer uma estimativa por baixo, considerando o mesmo preço unitário da plataforma móvel de 3885 reais a unidade, teremos que:

$$\text{Custo Total} = 69.114 * 3885 = \text{R\$ } 268.507.890,00$$

Este valor a ser investido representa um valor extremamente alto comparado com a dotação orçamentária da Anatel de R\$ 534,2 milhões em 2013 e com os investimentos feitos por ela em 2013, na ordem de R\$ 105,3 milhões, sendo mais de 50% da dotação orçamentária da instituição (ANATEL, 2014).

6.4 Conclusão

Olhando os dois cenários vemos que o cenário 2 é praticamente inviável do ponto de vista econômico, ele foi feito mais como um exemplo extremo de uma solução 100% ideal do que algo a ser seguido. Uma solução mais realista às realidades orçamentárias brasileiras seria o uso do cenário 1, com possivelmente alguns aspectos de balizas fixas do cenário 2 para auxiliar na medição de estações emissoras localizadas em locais de difícil acesso.

Uma maneira de deixar um sistema de monitoramento mais barato e fácil de implementar seria fazer as medições por amostragem, dessa forma apenas as estações base mais de interesse seriam vigiadas. Desta forma, evitar-se-ia gastar recursos medindo estações base muito remotas que pouco colocam em risco o público. Embora esta solução não garantiria a conformidade total com a Lei 11.934, ela já conseguiria garantir a conformidade nas regiões mais importantes em uma situação de recursos limitados.

Caso queira-se ampliar a proteção para baixas frequências, seria necessário a compra de equipamentos específicos para isto, como a série NF da Spectran que custa ao redor do mesmo preço que a série HF (SPECTRAN, 2014), porém o número necessário seria uma incógnita, pois a legislação brasileira não é clara sobre como, onde e com que frequência realizar as medidas para estes campos, já que eles não possuem fontes pontuais e claras como antenas, sendo gerados por linhas de transmissão.

Conclusão

A área de monitoramento e proteção do público de possíveis efeitos danosos das radiações eletromagnéticas não ionizantes continuará a estar em voga no futuro, pois não há nenhum indício que a utilização de tecnologias que geram estas diminuirá, pelo contrário, com o aumento da prevalência de aplicações móveis, cada vez mais a população estará exposta.

Novas tecnologias como o 4G e sistemas de recarga de aparelhos eletrônicos sem a utilização de cabos irão ao mesmo tempo facilitar o nosso dia-a-dia e aumentar a ansiedade do público quanto a possíveis ameaças a nossas saúdes decorrentes do uso indiscriminado destes avanços.

Neste trabalho, após dar uma ambientação geral ao assunto em questão, pudemos chegar a algumas conclusões.

-O Brasil já possui um arcabouço legal compatível com os padrões internacionais na área de proteção a radiações eletromagnéticas não ionizantes, precisando ainda de sistemas e mecanismos de grande escala que possam garantir o cumprimento desta legislação e garantir a tranquilidade do público.

-Experiências internacionais já existentes e tentadas fornecem uma gama de possíveis modelos a serem copiados e adaptados para o Brasil.

-No caso da criação de um sistema de monitoramento eletromagnético no Brasil, seria possível a elaboração de um baseado numa experiência internacional existente com adaptações à realidade geográfica e orçamentária nacional. Foi visto no Capítulo 6 que mesmo com um orçamento bastante limitado, é possível a implementação de um sistema de monitoramento, podendo este ser expandido e melhorado de acordo com a disponibilização de recursos.

Em geral, esta é uma área que ainda está em evolução, com novas pesquisas sendo feitas sobre efeitos à saúde das radiações EM não ionizantes e novas tecnologias sendo desenvolvidas, mas não por isso o Brasil deve se abster de buscar fazer valer a sua legislação e proteger a sua população baseado no conhecimento existente.

Fazendo uma conclusão sobre a minha experiência neste trabalho, vejo que minha experiência em estágio nesta área me ajudou imensamente na elaboração deste documento e serve como exemplo de como experiências internacionais melhoram a formação do estudante universitário.

Referências

TELECO.COM. *4G: Frequências e licitações 2013*. Disponível em <http://www.teleco.com.br/4g_freq.asp>. Acesso em 10 de outubro de 2014.

TELECO.COM. *3G no Brasil*. Disponível em <http://www.teleco.com.br/3g_brasil.asp>. Acesso em 10 de outubro de 2014.

ETSI.ORG. *DECT Introduction*. Disponível em <<http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/dect>>. Acesso em 10 de outubro de 2014.

USMAN, A. D.; AHMAD, W. F. *RF EM Exposure: The Issues, The Debate And The Realities*. 2008 IEEE INTERNATIONAL RF AND MICROWAVE CONFERENCE PROCEEDINGS. 2008.

ANATEL. *Plano de atribuição, destinação e distribuição de faixas de frequência no Brasil*. 2014.

ANATEL. *Relatório de gestão da Anatel – Exercício de 2013*. 2014.

ICNIRP. *ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*. 1998.

ICNIRP. *ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1Hz - 100 kHz)*. 2010.

ICNIRP. *ICNIRP Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields*. 2009.

BRASIL. Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009.

OMS. *Framework for developing health-based EMF standards*. 2006.

WHO.INT. *About Electromagnetic Fields*. Disponível em <<http://www.who.int/peh-emf/about/WhatisEMF/en/>>. Acesso em 10 de outubro de 2014.

MEMORIA.EBC.COM.BR. *Senado aprova Lei Geral de Antenas*. Disponível em <<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2012-12-19/senado-aprova-lei-geral-de-antenas>>. Acesso em 17 de novembro de 2014.

Satimo. Datasheet: EME Guard. Electronic Publication, 2014.

Satimo. Datasheet: EME Spy 200. Electronic Publication, 2014.

Satimo. Datasheet: FlashRad. Electronic Publication, 2014.

Satimo. Datasheet: Insite Box. Electronic Publication, 2014.

Narda. Datasheet: Radman/Radman XT. Electronic Publication, 2014.

Narda. Datasheet: Nardalert S3. Electronic Publication, 2014.

Narda. Datasheet: AMS-2600. Electronic Publication, 2014.

Narda. Datasheet: AMB-8057. Electronic Publication, 2014.

Narda. Datasheet: AMS-9060. Electronic Publication, 2014.

Narda. Datasheet: Smarts II. Electronic Publication, 2014.

Wavecontrol. Datasheet: Wavecontrol SMP2. Electronic Publication, 2014.

Wavecontrol. Datasheet: MonitEM. Electronic Publication, 2014.

Spectran. Datasheet: Spectran NF-5030. Electronic Publication, 2014.

Spectran. Datasheet: Spectran HF-6080. Electronic Publication, 2014.

CRIIREM.ORG. *Bornes de mesure à Brest : "L'un des problèmes est de savoir qui va analyser ces mesures et faire les commentaires"*. Disponível em <http://www.criirem.org/index.php?option=com_content&view=article&id=28:bornes-de-mesure-a-brest--qlun-des-problemes-est-de-savoir-qui-va-analyser-ces-mesures-et-faire-les-commentaires&catid=62:en-local&Itemid=151>. Acesso em 01 de outubro de 2014.

Generalitat de Catalunya—Department d'Empresa i Ocupació. *Study on Public Understanding of Electromagnetic Fields in Catalonia*. 2011.

Fondazione Ugo Bordonì. *The impact of public policies on EMF exposure and wireless broadband growth*. 2013.

PIRARD, Willy. *Exposition aux rayonnements radiofréquences – Traitement des champs composés selon les législations bruxelloise, flamande et wallonie*. 2012.

ANATEL. *Lista de estações base*. Disponível no portal <<http://sistemas.anatel.gov.br/stel/consultas/ListaEstacoesLocalidade/tela.asp?pNumServico=010>>. Acesso em 18 de outubro de 2014.

Anexos

Restrições de base para exposição EM estabelecidos em *ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz)- 1998*:

Tabela 5- Restrições de base das diretrizes ICNIRP 1998

Tipo de exposição	Faixa de frequência	Densidade de frequência para cabeça e tronco (mA/m ²) (rms)	Média de SAR de corpo inteiro W/kg	SAR localizado (cabeça e tronco) (W/kg)	SAR localizado (membros) (W/kg)
Ocupacional	Até 1 Hz	40	-	-	-
	1-4Hz	40/f	-	-	-
	4 Hz -1 kHz	10	-	-	-
	1-100 kHz	f/100	-	-	-
	100 kHz-10 MHz	f/100	0,4	10	20
	10 MHz - 10 GHz	-	0,4	10	20
Público	Até 1 Hz	8	-	-	-
	1-4Hz	8/f	-	-	-
	4 Hz -1 kHz	2	-	-	-
	1-100 kHz	f/500	-	-	-
	100 kHz-10 MHz	f/500	0,08	2	4
	10 MHz - 10 GHz	-	0,08	2	4

Tabela 6 - Níveis de referência das diretrizes ICNIRP 1998

Tipo de exposição	Faixa de frequência	Intensidade do campo E (V/m)	Intensidade do campo H (A/m)	Densidade de fluxo magnético- Campo B (μT)	Densidade de potência de onda plana equivalente (W/m²)
Ocupacional	Até 1 Hz	-	$1,63 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$	-
	1-8Hz	20000	$1,63 \cdot 10^5 / f^2$	$2 \cdot 10^5 / f^2$	-
	8 Hz -25 Hz	20000	$2 \cdot 10^4 / f$	$2,5 \cdot 10^4 / f$	-
	0.025–0.82 kHz	$500 / f$	$20 / f$	$25 / f$	-
	0.82–65 kHz	610	24,4	30,7	-
	0.065–1 MHz	610	$1,6 / f$	$2 / f$	-
	1–10 MHz	$610 / f$	$1,6 / f$	$2 / f$	-
	10–400 MHz	61	0,16	0,2	10
	400–2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0,008 \cdot f^{1/2}$	$0,01 \cdot f^{1/2}$	$f/40$
	2–300 GHz	137	0,36	0,45	50
Público	Até 1 Hz	-	$3,2 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	-
	1-8Hz	10000	$3,2 \cdot 10^4 / f^2$	$4 \cdot 10^4 / f^2$	-
	8 Hz -25 Hz	10000	$4000 / f$	$5000 / f$	-
	0.025–0.8 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	-
	0.8–3 kHz	$250 / f$	5	6,25	-
	3-150 kHz	87	5	6,25	-
	0.15–1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-
	1–10 MHz	$87 / f^{1/2}$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	-
	10–400 MHz	28	0,073	0,092	2
	400–2000 MHz	$1,375 f^{1/2}$	$0,0037 f^{1/2}$	$0,0046 \cdot f^{1/2}$	$f/200$
	2–300 GHz	61	0,16	0,2	10

Restrições de base para exposição EM estabelecidos em *ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1Hz - 100 kHz)* – 2010, substituem a parte de baixa frequência do documento de 1998:

Tabela 7- Restrições de base das diretrizes ICNIRP 2010

Tipo de exposição	Faixa de frequência	Campo elétrico interno (V/m)
Ocupacional		
Tecidos do Sistema nervoso central	1-10 Hz	0,5/f
	10-25 Hz	0,05
	25-400 Hz	$2 \cdot 10^{(-3)}f$
	400 Hz- 3 kHz	0,8
	3 kHz - 10 MHz	$2,7 \cdot 10^{(-4)}f$
Todos os tecidos da cabeça e corpo	1 hz- 3kHz	0,8
	3 kHz - 10 MHz	$2,7 \cdot 10^{(-4)}f$
Público		
Tecidos do Sistema nervoso central	1-10 Hz	0,1/f
	10-25 Hz	0,01
	25-400 Hz	$4 \cdot 10^{(-4)}f$
Todos os tecidos da cabeça e corpo	400 Hz- 3 kHz	0,4
	3 kHz - 10 MHz	$1,35 \cdot 10^{(-4)}f$
	1 hz- 3kHz	0,4
	3 kHz - 10 MHz	$1,35 \cdot 10^{(-4)}f$

Tabela 8 - Níveis de referência das diretrizes ICNIRP 2010

Tipo de exposição	Faixa de frequência	Intensidade do campo E (kV/m)	Intensidade do campo H (A/m)	Densidade de fluxo magnético Campo B (T)
Ocupacional	1-8Hz	20	$1,63 \cdot 10^5/f^2$	$0,2/f^2$
	8 Hz -25 Hz	20	$2 \cdot 10^4/f$	$2,5 \cdot 10^{-2}/f$
	25 - 300 Hz	$5 \cdot 10^2/f$	$8 \cdot 10^2$	10^{-3}
	300 Hz - 3 kHz	$5 \cdot 10^2/f$	$2,4 \cdot 10^5/f$	$0,3/f$
	3 kHz - 10 MHz	$1,7 \cdot 10^{-1}$	80	10^{-4}
Público	1-8Hz	5	$3,2 \cdot 10^5/f^2$	$0,04/f^2$
	8 Hz -25 Hz	5	$4 \cdot 10^3/f$	$5 \cdot 10^{-3}/f$
	25 Hz -50 Hz	5	$1,6 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^{-4}$
	50 - 400 Hz	$2,5 \cdot 10^2/f$	$1,6 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^{-4}$
	400 Hz - 3 kHz	$2,5 \cdot 10^2/f$	$6,4 \cdot 10^4/f$	$8 \cdot 10^{-2}/f$
	3 kHz - 10 MHz	$8,3 \cdot 10^{-2}$	21	$2,7 \cdot 10^{-5}$

LEI Nº 11.934, DE 5 DE MAIO DE 2009.

Mensagem de veto

Dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; altera a Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965; e dá outras providências.

O PRESIDENTE DA REPÚBLICA Faço saber que o Congresso Nacional decreta e eu sanciono a seguinte Lei:

Art. 1º Esta Lei estabelece limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, associados ao funcionamento de estações transmissoras de radiocomunicação, de terminais de usuário e de sistemas de energia elétrica nas faixas de frequências até 300 GHz (trezentos gigahertz), visando a garantir a proteção da saúde e do meio ambiente.

Parágrafo único. Estão sujeitos às obrigações estabelecidas por esta Lei as prestadoras de serviço que se utilizarem de estações transmissoras de radiocomunicação, os fornecedores de terminais de usuário comercializados no País e as concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviços de energia elétrica.

Art. 2º Os limites estabelecidos nesta Lei referem-se à exposição:

I - da população em geral aos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos; e

II - de trabalhadores aos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos em razão de seu trabalho.

Art. 3º Para os fins desta Lei, são adotadas as seguintes definições:

I - área crítica: área localizada até 50 (cinquenta) metros de hospitais, clínicas, escolas, creches e asilos;

II - campos elétricos e magnéticos: campos de energia independentes um do outro, criados por voltagem ou diferença de potencial elétrico (campo elétrico) ou por corrente elétrica (campo magnético), associados à geração, transmissão, distribuição e uso de energia elétrica;

III - campos eletromagnéticos: campo radiante em que as componentes de campo elétrico e magnético são dependentes entre si, capazes de percorrer grandes distâncias; para efeitos práticos, são associados a sistemas de comunicação;

IV - estação transmissora de radiocomunicação: conjunto de equipamentos ou aparelhos, dispositivos e demais meios necessários à realização de comunicação, seus acessórios e periféricos que emitem radiofrequências e, quando for o caso, as instalações que os abrigam e complementam;

V - sistema de energia elétrica: conjunto de estruturas, fios e cabos condutores de energia, isoladores, transformadores, subestações e seus equipamentos, aparelhos, dispositivos e demais meios e equipamentos destinados aos serviços de geração, transmissão, distribuição e ao uso de energia elétrica;

VI - exposição: situação em que pessoas estão expostas a campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos, ou estão sujeitas a correntes de contato ou induzidas, associadas a campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos;

VII - infraestrutura de suporte: meios físicos fixos construídos para dar suporte a estações transmissoras de radiocomunicação, entre os quais postes, torres, mastros, armários, estruturas de superfície e estruturas suspensas;

VIII - (VETADO)

IX - local multiusuário: local em que estejam instaladas ou em que venham a ser instaladas mais de uma estação transmissora de radiocomunicação operando em radiofrequências distintas;

X - radiocomunicação: telecomunicação que utiliza frequências radioelétricas não confinadas a fios, cabos ou outros meios físicos;

XI - radiofrequência - RF: frequências de ondas eletromagnéticas, abaixo de 3000 GHz, que se propagam no espaço sem guia artificial e, para os fins desta Lei, situadas na faixa entre 9 kHz e 300 GHz;

XII - relatório de conformidade: documento elaborado e assinado por entidade competente, reconhecida pelo respectivo órgão regulador federal, contendo a memória de cálculo ou os resultados das medições utilizadas, com os métodos empregados, se for o caso, para demonstrar o atendimento aos limites de exposição;

XIII - taxa de absorção específica - SAR: medida dosimétrica utilizada para estimar a absorção de energia pelos tecidos do corpo;

XIV - terminal de usuário: estação transmissora de radiocomunicação destinada à prestação de serviço que pode operar quando em movimento ou estacionada em lugar não especificado;

XV - torre: modalidade de infraestrutura de suporte a estações transmissoras de radiocomunicação com configuração vertical.

Art. 4º Para garantir a proteção da saúde e do meio ambiente em todo o território brasileiro, serão adotados os limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde - OMS para a exposição ocupacional e da população em geral a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos gerados por estações transmissoras de radiocomunicação, por terminais de usuário e por sistemas de energia elétrica que operam na faixa até 300 GHz.

Parágrafo único. Enquanto não forem estabelecidas novas recomendações pela Organização Mundial de Saúde, serão adotados os limites da Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante - ICNIRP, recomendados pela Organização Mundial de Saúde.

Art. 5o As estações transmissoras de radiocomunicação, os terminais de usuário e os sistemas de energia elétrica em funcionamento no território nacional deverão atender aos limites de exposição humana aos campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos estabelecidos por esta Lei, nos termos da regulamentação expedida pelo respectivo órgão regulador federal.

Parágrafo único. Não estão sujeitos às prescrições previstas nesta Lei os radares militares e civis, com propósito de defesa ou controle de tráfego aéreo, cujo funcionamento deverá obedecer a regulamentação própria.

Art. 6o Os condicionamentos estabelecidos pelo poder público para a instalação e o funcionamento de estações transmissoras de radiocomunicação, de terminais de usuário e de sistemas de energia elétrica deverão conciliar-se com as políticas públicas aplicáveis aos serviços de telecomunicações, de radiodifusão e de energia elétrica.

§ 1o As estações transmissoras de radiocomunicação, os terminais de usuários e as infraestruturas de suporte devem observar os imperativos de uso eficiente do espectro de radiofrequências, bem público da União e de desenvolvimento das redes de telecomunicações.

§ 2o É permitida a instalação e o funcionamento de estações transmissoras de radiocomunicação e de infraestruturas de suporte em bens privados ou públicos, com a devida autorização do proprietário do imóvel.

Art. 7o As pesquisas sobre exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos serão financiadas com recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - FNDCT, instituído pelo Decreto-Lei no 719, de 31 de julho de 1969, em especial aqueles oriundos dos fundos setoriais de energia e de saúde, bem como do Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações - FUNTTEL, instituído pela Lei no 10.052, de 28 de novembro de 2000.

§ 1o Caberá ao Conselho Gestor do respectivo Fundo Setorial a determinação da forma de aplicação dos recursos destinados a tais atividades e de apreciação dos projetos a serem apoiados.

§ 2o (VETADO)

§ 3o Parcela dos recursos referidos no caput deste artigo deverá ser destinada à realização de projetos, pesquisas e estudos relacionados à exposição aos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos de ocupantes de postos de trabalho em empresas que

utilizem fontes geradoras desses campos e de indivíduos que possam ser especialmente afetados por eles, tais como crianças, idosos e gestantes.

Art. 8o (VETADO)

Art. 9o Para o desenvolvimento das atividades a serem executadas pelo órgão regulador federal de energia elétrica por força desta Lei, serão utilizados recursos oriundos da Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica, instituída pela Lei no 9.427, de 26 de dezembro de 1996.

Art. 10. É obrigatório o compartilhamento de torres pelas prestadoras de serviços de telecomunicações que utilizam estações transmissoras de radiocomunicação, conforme definição constante do art. 73 da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997, nas situações em que o afastamento entre elas for menor do que 500 (quinhentos) metros, exceto quando houver justificado motivo técnico.

§ 1o O disposto no caput deste artigo não se aplica à utilização de antenas fixadas sobre estruturas prediais, tampouco as harmonizadas à paisagem.

§ 2o O órgão regulador federal de telecomunicações estabelecerá as condições sob as quais o compartilhamento poderá ser dispensado devido a motivo técnico.

Art. 11. A fiscalização do atendimento aos limites estabelecidos por esta Lei para exposição humana aos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos gerados por estações transmissoras de radiocomunicação, terminais de usuário e sistemas de energia elétrica será efetuada pelo respectivo órgão regulador federal.

Art. 12. Cabe ao órgão regulador federal de telecomunicações adotar as seguintes providências:

I - (VETADO)

II - implementar, manter, operar e tornar público sistema de monitoramento de campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos de radiofrequências para acompanhamento, em tempo real, dos níveis de exposição no território nacional;

III - realizar medição de conformidade, 60 (sessenta) dias após a expedição da respectiva licença de funcionamento, no entorno de estação instalada em solo urbano e localizada em área crítica;

IV - realizar medições prévias dos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos no entorno de locais multiusuários devidamente identificados e definidos em todo o território nacional; e

V - realizar medições de conformidade, atendendo a solicitações encaminhadas por autoridades do poder público de qualquer de suas esferas.

§ 1o As medições de conformidade a que se referem os incisos III e IV do caput deste artigo poderão ser realizadas por meio de amostras estatísticas representativas do total de estações transmissoras de radiocomunicação licenciadas no período referido.

§ 2o As medições de conformidade serão executadas pelo órgão regulador mencionado no caput deste artigo ou por entidade por ele designada.

Art. 13. As prestadoras de serviços que utilizem estações transmissoras de radiocomunicação deverão, em intervalos máximos de 5 (cinco) anos, realizar medições dos níveis de campo elétrico, magnético e eletromagnético de radiofrequência, provenientes de todas as suas estações transmissoras de radiocomunicação.

§ 1o (VETADO)

§ 2o As emissoras de radiodifusão comercial não enquadradas na Classe Especial, de acordo com regulamento técnico, e as emissoras de radiodifusão educativa e de radiodifusão comunitária não são obrigadas a realizar as medições mencionadas no caput deste artigo, que ficarão a cargo do órgão regulador federal de telecomunicações.

§ 3o Em locais multiusuários, as medições deverão considerar o conjunto das emissões de todas as fontes de campos elétricos, magnéticos ou eletromagnéticos presentes.

§ 4o As prestadoras deverão disponibilizar ao órgão regulador federal de telecomunicações, no prazo de 180 (cento e oitenta) dias a contar da publicação desta Lei, informações sobre o atendimento aos limites de exposição previstos nesta Lei por suas estações transmissoras, na forma estabelecida na regulamentação.

§ 5o A critério do órgão regulador federal de telecomunicações, as prestadoras poderão ser dispensadas da apresentação de dados sobre estações transmissoras para as quais já tenham encaminhado, até julho de 2004, as informações referidas no § 4o deste artigo ao órgão regulador de telecomunicações.

§ 6o As informações referidas no § 4o deste artigo deverão ser divulgadas na rede mundial de computadores e deverão alimentar, em periodicidade a ser definida na regulamentação, o cadastro informatizado a que se refere o art. 17 desta Lei.

Art. 14. Os fornecedores de terminais de usuário comercializados no País deverão informar, com destaque, no manual de operação ou na embalagem, que o produto atende aos limites da taxa de absorção específica estabelecidos por esta Lei.

§ 1o Os valores de taxa de absorção específica medidos para cada produto comercializado deverão ser disponibilizados ao público pelos fornecedores na rede mundial de computadores e deverão alimentar o cadastro informatizado a que se refere o art. 17 desta Lei.

§ 2o Os manuais de operação e as embalagens deverão conter ainda informações sobre o uso adequado do terminal e alerta para outros cuidados que devem ser tomados pelos usuários, conforme regulamentação expedida pelo órgão regulador federal de telecomunicações.

Art. 15. Cabe ao órgão regulador federal de serviços de energia elétrica adotar as seguintes providências:

I - editar regulamentação sobre os métodos de avaliação e os procedimentos necessários para verificação do nível de campo elétrico e magnético, na fase de comissionamento e autorização de operação de sistemas de transmissão de energia elétrica, e sobre os casos e condições de medição destinada à verificação do atendimento dos limites estabelecidos por esta Lei;

II - tornar públicas informações e banco de dados sobre medições realizadas, segundo estabelecido pela normatização metodológica vigente, de campos elétricos e magnéticos gerados por sistemas de transmissão de energia elétrica para acompanhamento dos níveis de exposição no território nacional; e

III - solicitar medição ou verificação, por meio de relatório de cálculos efetuados com metodologia consagrada e verificação de conformidade, na fase de comissionamento, para autorização de operação de novo sistema de transmissão de energia elétrica a ser integrado à Rede Básica Nacional.

Art. 16. Os concessionários de serviços de transmissão de energia elétrica deverão, na fase de autorização e comissionamento de novo sistema de transmissão de energia ou sempre que houver alteração nas características vigentes dos sistemas de transmissão, realizar medições dos níveis de campo elétrico e magnético ou apresentar relatório de cálculos efetuados com metodologia consagrada e verificação de conformidade, conforme estabelecido pela normatização metodológica vigente.

§ 1o O órgão regulador federal de energia elétrica poderá estabelecer exceções à obrigatoriedade imposta no caput deste artigo, em virtude de características técnicas do serviço ou de parâmetros de operação ou localização de estações, submetendo-as previamente a consulta pública.

§ 2o O relatório de medições e verificações de conformidade deverá ser enviado ao órgão regulador federal de energia elétrica, na forma estabelecida por regulamentação própria.

§ 3o As informações referidas no § 2o deste artigo deverão ser divulgadas na rede mundial de computadores, conforme estabelecido em regulamentação própria.

Art. 17. Com vistas na coordenação da fiscalização, o respectivo órgão regulador federal implantará cadastro informatizado, que deverá conter todas as informações necessárias à verificação dos limites de exposição previstos nesta Lei, especialmente:

I - no caso de sistemas de radiocomunicação:

a) (VETADO)

b) relatório de conformidade emitido por entidade competente para cada estação transmissora de radiocomunicação;

c) resultados de medições de conformidade efetuadas pelo órgão regulador federal de telecomunicações, por entidade por ele credenciada ou pelas prestadoras;

d) informações das prestadoras sobre o atendimento aos limites de exposição previstos nesta Lei e sobre o processo de licenciamento previsto na Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997; e

e) informações dos fornecedores de terminais de usuário comercializados no País sobre o atendimento aos limites de exposição previstos nesta Lei para cada um de seus produtos;

II - no caso de sistemas de energia elétrica:

a) relatórios de medição e cálculo para verificação de conformidade dos parâmetros de campo elétrico e magnético para autorização de operação de nova linha de transmissão de energia elétrica segundo estabelecido em normatização metodológica vigente, nos termos do art. 16 desta Lei;

b) resultados de medições de conformidade de sistemas de energia elétrica em operação efetuadas pelo órgão regulador federal de energia elétrica, por entidade por ele credenciada ou pelas prestadoras.

§ 1º Será franqueado acesso livre e gratuito a informações sobre estações transmissoras de radiocomunicação e sobre sistemas de energia elétrica aos entes estaduais, distritais e municipais encarregados do licenciamento ambiental e urbanístico.

§ 2º A fim de permitir sua compreensão pelo usuário leigo, as informações sobre as estações transmissoras de radiocomunicação e sobre os sistemas de transmissão de energia elétrica que compõem o cadastro a que se refere o caput deste artigo deverão ser também apresentadas na forma de um mapa de localização.

§ 3º A obrigação estabelecida no caput deste artigo deverá ser cumprida no prazo de 180 (cento e oitenta) dias, no caso do inciso I, e em 360 (trezentos e sessenta) dias, no caso do inciso II, ambos do caput deste artigo.

§ 4º A forma de apresentação das informações e o cronograma de implantação do cadastro serão definidos pelos órgãos reguladores federais de telecomunicações e de energia elétrica.

Art. 18. O descumprimento das obrigações estabelecidas por esta Lei sujeita as prestadoras de serviços de telecomunicações e as prestadoras de serviços de radiodifusão à aplicação das sanções estabelecidas no art. 173 da Lei nº 9.472, de 16 de julho de 1997.

Parágrafo único. Para os fins do disposto no caput deste artigo, será ainda aplicada a sanção de multa diária.

Art. 19. O descumprimento das obrigações estabelecidas por esta Lei sujeita os concessionários de energia elétrica à aplicação das sanções estabelecidas pelo art. 29 da Lei no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e pelo art. 3o da Lei no 9.427, de 26 de dezembro de 1996.

Art. 20. Os fornecedores de terminais de usuário comercializados no País que descumprirem o disposto nesta Lei estarão sujeitos às sanções estabelecidas no art. 56 da Lei no 8.078, de 11 de setembro de 1990.

Art. 21. A alínea b do inciso IV do § 2o do art. 1o da Lei no 4.771, de 15 de setembro de 1965, passa a vigorar com a seguinte redação:

“Art. 1o

.....

§ 2o

.....

IV -

.....

b) as obras essenciais de infraestrutura destinadas aos serviços públicos de transporte, saneamento e energia e aos serviços de telecomunicações e de radiodifusão;

.....” (NR)

Art. 22. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 5 de maio de 2009; 188o da Independência e 121o da República.

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA

Paulo Bernardo Silva

Hélio Costa