

Boaz Cavalcanti Tenório

**EXPOSIÇÃO HUMANA AOS NÍVEIS DE RADIAÇÕES NÃO
IONIZANTES EMITIDAS PELAS ESTAÇÕES RÁDIO BASE**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação – Mestrado
Profissional – em Engenharia
Ambiental da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de Mestre Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Farias
Cunha

Florianópolis
2015

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.**

Tenório, Boaz Cavalcanti

Exposição humana aos níveis de radiações não ionizantes emitidas pelas estações rádio base / Boaz Cavalcanti Tenório ; orientador, Guilherme Faria Cunha - Florianópolis, SC, 2015. 86 p.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Ambiental. 2. Radiações não ionizantes. 3. Estações rádio base. 4. Serviço de telefonia celular. 5. Exposição humana. I. Cunha, Guilherme Faria. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.

Boaz Cavalcanti Tenório

**EXPOSIÇÃO HUMANA AOS NÍVEIS DE RADIAÇÕES NÃO
IONIZANTES EMITIDAS PELAS ESTAÇÕES RÁDIO BASE**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Ambiental” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 30 de outubro de 2015.

Prof. Dr. Maurício Luiz Sens
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Guilherme Farias Cunha
Universidade Federal de Santa Catarina
Orientador

Prof. Dr. Carlos de Carvalho Pinto (Membro Externo)
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dra. Maria Eliza Hassener
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dra. Cátia Carvalho Pinto
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico essa dissertação
primeiramente a Deus, que com o
seu propósito me concede muita
saúde, permitindo superar os
obstáculos da vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me proporcionado saúde para chegar até aqui;

Ao meu orientador, Professor Dr. Guilherme Farias Cunha, pelos ensinamentos e, principalmente, por todo o apoio transmitido no decorrer dessa etapa;

Ao meu grande amigo, Mestre em Radiações Não Ionizantes, Eng. Carlos Soares Queiroz, pela disponibilidade, ensinamento, incentivo e orientação. Seus conhecimentos deu-me a certeza de estar no caminho certo para o desenvolvimento deste trabalho;

Aos companheiros de mestrado, em especial ao Alesandro Fabiano, Raul Werneck e Juari Farias, pela participação, convivência e incentivo;

Agradeço à minha esposa, Nara Cristina de Souza Cavalcanti, pela compreensão e incentivo para a conclusão desse curso. Sem dúvidas, sem o seu apoio, eu não teria chegado até aqui;

E aos meus presentes, maior, que Deus me concedeu, as minhas duas filhas queridas: Beatriz e Sara.

Cuide de seus pensamentos; eles se tornam palavras. Cuide de suas palavras; elas se tornam ações. Cuide de suas ações; elas se tornam hábitos. Cuide de seus hábitos; eles formam o seu caráter. Cuide de seu caráter; ele determinará o seu destino.

(Autor desconhecido).

RESUMO

Os seres humanos estão cada vez mais dependentes das modernas tecnologias e, conseqüentemente, mais expostas a campos eletromagnéticos emitidos por elas. Esta crescente exposição contínua gera preocupação, tanto para comunidade científica mundial, como para a população em geral, principalmente para os moradores do entorno das antenas transmissoras do sistema de telefonia celular.

A rápida expansão dos serviços e conseqüente proliferação de Estações Rádio Base (ERB's) afloram as discussões quanto aos danos à saúde das pessoas expostas as radiações não ionizantes, oriundos de tais sistemas.

Como contribuição ao assunto polêmico, o presente estudo avaliou quantitativamente os níveis de radiações não ionizantes na faixa de frequência da telefonia celular, emitidas pelas ERB's na cidade de Belo Horizonte, Pouso Alegre, Itabirito, Ribeirão das Neves e Cláudio, todas dentro do Estado de Minas Gerais, comparando os níveis medidos com os parâmetros normativos vigentes. Comprovou-se que todos os pontos apresentaram níveis de densidade de potência muito aquém dos estabelecidos nas normas, seja ela municipal ou do órgão de regulação nacional (ANATEL). E ainda, em conformidade com os atuais estudos desenvolvidos pelos principais organismos de controle e pesquisa, sob a direção da Organização Mundial da Saúde.

Por fim, discorrer sobre a necessidade da observância dos limites de exposição da norma vigente, pela avaliação *in loco* dos níveis de campo eletromagnético, através do permanente monitoramento. Ressaltar também, a importância de se manter as pesquisas sobre os possíveis efeitos biológicos que os campos eletromagnéticos podem causar nos seres humanos, abordando definições claras e precisas, visando assegurar convivência harmoniosa entre a tecnologia, o bem-estar e qualidade de vida da população.

Palavras-chave: Telefonia celular. Estação Rádio Base (ERB). Campo eletromagnético. Radiação não ionizante. Limite de Exposição.

ABSTRACT

Humans are increasingly dependent on modern technologies and, therefore more exposed to electromagnetic fields emitted by them. This increased exposure is still raises concern, both for the world scientific community, as for the general population, especially for people living around the transmitting antenna of the mobile phone system.

The rapid expansion of services and the consequent proliferation of Radio Base Stations (RBS) arise discussions as to damage the health of people exposed to non-ionizing radiation, coming from such systems.

As a contribution to the controversial issue, this paper quantitatively evaluates the levels of non-ionizing radiation in the frequency range of mobile phones issued by the ERB's in the city of Belo Horizonte, Pouso Alegre, Itabirito, Ribeirao das Neves and Claudius, all within the State Minas Gerais, comparing the levels measured with existing normative parameters. Proved that all the points presented power density levels far below those established in the standards, whether municipal or national regulatory agency (ANATEL). And yet, according to recent studies developed by the principal control and research under the guidance of the World Health Organization.

Finally, discuss the need to observe the exposure limits of current regulations for the on-site evaluation of electromagnetic field levels through the permanent monitoring. Emphasize also the importance of maintaining research into the possible biological effects of the electromagnetic field can cause in humans, addressing clear and precise definitions, in order to ensure harmonious coexistence between technology, health and people's quality of life.

Keywords: Cell-phone. Radio Base Station (RBS). Electromagnetic field. Non-ionizing radiation. Exposure Limit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura do Sistema de Telefonia Móvel	21
Figura 2 - Composição do Sistema de Telefonia Móvel.....	22
Figura 3 - Região de ocorrência de <i>hand-off</i>	23
Figura 4 - Unidades funcionais de um Estação Rádio Base (ERB)....	25
Figura 5 - Representação de Estação Radio Base (ERB).....	26
Figura 6 - Divisão de uma célula em três células.....	27
Figura 7 - Antena omnidirecional e seus diagramas de radiação.....	27
Figura 8 - Antena setorial e seus diagramas de radiação.....	28
Figura 9 - Diferentes tipos de torres com antenas instaladas.....	28
Figura 10 - Camuflagem de torres e antenas.....	29
Figura 11 - Regiões do campo eletromagnético.....	33
Figura 12 - Modelo de onda eletromagnético.....	35
Figura 13 - Espectro eletromagnético.....	37
Figura 14 - Espectro eletromagnético e suas aplicações.....	37
Figura 15 - Fatores de segurança das restrições básicas (corpo inteiro).....	42
Figura 16 - Localização dos pontos medidos do Sítio de Antenas da Serra do Curral.....	59
Figura 17 - Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da serra do curral.....	60
Figura 18 - Localização dos pontos medidos da ERB – São Francisco.....	61
Figura 19 - Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB São Francisco.....	62
Figura 20 - Localização dos pontos medidos da ERB - Camargos	63
Figura 21 - Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB – Camargo.....	64
Figura 22 - Localização dos pontos medidos da ERB – MG 5163...	65
Figura 23 - Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB - MG5163.....	66
Figura 24 - Localização dos pontos medidos da ERB – IQD ITABIRITO.....	67
Figura 25 - Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB - IQD ITABIRITO.....	68
Figura 26 - Localização dos pontos medidos da ERB – MGRBN016.	69
Figura 27 - Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB - MGRBN016.....	70
Figura 28 - Localização dos pontos medidos da ERB – Edifício Roof Top.....	71

Figura 29 - Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB – Edifício Roof Top.....	72
Figura 30 - Sítio de antenas, Serra do Curral, da cidade de Belo Horizonte – MG.....	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Grandezas eletromagnéticas (SI).....	36
Tabela 2 - Espectro eletromagnético e suas aplicações.....	38
Tabela 3- Limitações de SAR - Norma ICNIRP.....	42
Tabela 4 - Níveis de referência para faixa de 100 KHz a 300 GHz.....	44
Tabela 5 - Limitações de SAR - Norma ANSI/IEEE C95.1.....	46
Tabela 6 - Níveis de referência para faixa de 3 KHz a 300 GHz.....	47
Tabela 7 - Localização das ERB's escolhidas.....	55
Tabela 8 - Dados das medições da ERB – Serra do Curral.....	60
Tabela 9 - Dados das medições da ERB – São Francisco.....	62
Tabela 10 - Dados das medições da ERB – Camargos.....	64
Tabela 11 - Dados das medições da ERB - MG 5163.....	66
Tabela 12 - Dados das medições da ERB - IQD ITABIRITO.....	68
Tabela 13 - Dados das medições da ERB – MGRBN016.....	70
Tabela 14 - Dados das medições da ERB – Edifício Roof Top.....	72
Tabela 15 - Comparação entre limites estabelecidos e níveis mensurados.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações
ANSI - *American National Standard Institute* (Instituto Nacional Americano de Padronização)
CCC - Central de Controle e Comutação
CENELE *Comité Européen de Normalisation Électrotechnique* (Normalização Europeia em Eletrônica e Engenharia Elétrica)
CEM - Campo Eletromagnético; Campos Eletromagnéticos
CEMRF - Campo Eletromagnético de Radiofrequência
COG - *Children's Oncology Group* (Grupo de Oncologia de Crianças)
DNA - Deoxyribonucleic acid (Ácido Desoxirribonucleico)
dB - Decibel
EEG - Eletroencefalograma
EHF - *Extremely High Frequency* (Frequência extremamente alta)
ELF - *Extremely Low Frequency* (Frequência Extremamente Baixa)
EMF - *Electromagnetic Field* (s) (Campo(s) Eletromagnético(s))
EM – Estações Móveis
ERB - Estação Radiobase; Estações Radiobase
eV – Eletro Volt
FCC - *Federal Communication Commission* (Comissão Federal de Comunicação)
GCR - Grupo de Canais de Rádio
GHz - Gigahertz
GSM - *Global System for Mobile Communications* (Sistema Global para Comunicações Móveis)
HE - Hipersensibilidade à Eletricidade
HF - *High Frequency* (Frequência alta)
ICNIRP - *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection* (Comissão Internacional contra a Radiação Não Ionizante)
INIRC - *International Non Ionizing Radiation Commission* (Comissão Internacional Radiação Não Ionizante)
IRC - Interface Radio Central
IRPA - *International Radiation Protection Association* (Associação Internacional de Proteção a Radiação)
IARC - *International Agency for Research on Cancer* (Agência Internacional para Pesquisa do Câncer)
IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Instituto de Engenheiros Elétricos e Eletrônicos)
ITU - *International Telecommunications Union*
LASR - Revisão Científica Latino-Americana

LF - *Low Frequency* (Frequência Baixa)
MF - *Medium Frequency* (Frequência Média)
MHz - Megahertz
MW - *Microwaves* (Micro-ondas)
NCRP - *National Council on Radiation Protection and Measurements*
(Conselho Nacional sobre Proteção da Radiação e Medidas)
NCI - *National Cancer Institute* (Instituto Nacional de Câncer)
OIT - Organização Internacional do Trabalho
OMS - Organização Mundial da Saúde
RF - *Radio Frequency* (Radiofrequência)
RI - Radiação(ções) Ionizante(s)
RMS - *Root Mean Square* (Valores Médios Quadráticos)
RNI - Radiação(ções) Não Ionizante(s)
RTPC - Rede de Telefonia Pública Comutada
SAR - *Specific Absorption Rate* (Taxa de Absorção Específica)
SHF – *Super High Frequency* (Frequência Super Alta)
MHz - Megahertz (1 MHz = 10⁶ Hz)
TM - Terminal Móvel
UHF - *Ultra High Frequency* (Frequência Ultra Alta)
ULF - *Ultra High Frequency* (Frequência Ultra Alta)
WHO - *World Health Organization* (OMS: Organização Mundial da Saúde)
W/kg - Watt por Quilograma
WLAN - *Wireless Local Area Network* (Rede Sem Fio de Área Local)
WI-FI - *Wireless Fidelity* (Tecnologia de interconexão entre dispositivos sem fios)
WI-MAX - *Worldwide Interoperability for Microwave Access*
(Interoperabilidade Mundial para Acesso a Micro-ondas)
VHF - *Very High Frequency* (Frequência Muito Alta)
μW/cm² - Microwatt por centímetro quadrado

LISTA DE SIMBOLOS

A nomenclatura que foi utilizada na tese é apresentada a seguir. Utilizou-se o Sistema Internacional de Unidades em todo o trabalho.

- σ - Condutividade, em Siemens por metro (S / m)
- I - Corrente, em Ampere (A)
- J - Densidade de corrente, em Ampere por m² (A / m²)
- f - Frequência, em Hertz (Hz)
- E - Campo elétrico, em Volt por metro (V / m)
- H - Campo magnético, Ampere por metro (A /m)
- B - Densidade de fluxo magnético, em Tesla (T) ou Gauss (G)
- μ - Permeabilidade magnética, em Henry por metro (H / m)
- ϵ - Permissividade, em Farad por metro (F/m)
- S - Densidade de potência, em Watt por metro quadrado (W/m²)
- AS - Absorção específica, em Joule por quilograma (J/Kg)
- SAR - Taxa de absorção específica, em Watt por quilograma (W/Kg)
- c - Velocidade da luz no vácuo (aproximadamente 300.000 km/s).
- t - Tempo, em segundos
- eV - Eletro Volt (1 eV = 1,6 x 10⁻¹⁹ Joule)
- λ - Comprimento da onda, em metro
- R - Raio, em metro
- D - Dimensão da antena, em metro
- Z - Impedância, em Ω (espaço livre = 377 Ω)
- S - Vetor de Poynting
- dT - Derivada no tempo, em segundos
- T - Temperatura, em °C
- c - Capacidade de calor específica, em J/kg
- Ω - Unidade de medida de resistência ou Impedância elétrica, em ohms
- P - Potência, em Watt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 OBJETIVOS.....	18
1.1.1 Objetivo geral.....	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
1.2 JUSTIFICATIVA.....	18
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1 TELEFONIA MÓVEL CELULAR	21
2.1.1 Introdução.....	21
2.1.2 Composição de um sistema de telefonia móvel.....	22
2.1.3 Central de Comutação e Controle.....	22
2.1.4 Estação Rádio Base – ERB.....	24
2.1.5 Crescimento de demanda.....	26
2.1.6 Antenas.....	27
2.2 TEORIAS ELETROMAGNÉTICAS.....	29
2.2.1 Radiação.....	29
2.2.2 Classes de Radiação.....	29
2.2.2.1 Radiação Eletromagnética Ionizante.....	29
2.2.2.2 Radiação Eletromagnética Não Ionizante.....	30
2.2.3 Tipos de Radiações.....	30
2.2.3.1 Radiação Corpuscular.....	30
2.2.3.2 Radiação Eletromagnética.....	31
2.2.4 Ondas e Campo eletromagnético.....	31
2.2.4.1 Introdução.....	31
2.2.4.2 Regiões do campo eletromagnético.....	32
2.2.4.2.1 <i>Região de campo próximo.....</i>	<i>33</i>
2.2.4.2.2 <i>Região de campo distante.....</i>	<i>33</i>
2.2.4.3 Espectro Eletromagnético.....	36
2.3 NORMAS E LIMITES DA EXPOSIÇÃO HUMANA A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS.....	38
2.3.1 Introdução.....	38
2.3.2 Norma ICNIRP.....	40
2.3.2.1 Classes de limites recomendados.....	41
2.3.2.1.1 <i>Restrições básicas.....</i>	<i>41</i>
2.3.2.1.2 <i>Níveis de referência.....</i>	<i>43</i>
2.3.3 Norma ANSI/IEEE C95.1.....	44
2.3.3.1 Classes de limites recomendados.....	45
2.3.3.1.1 <i>Restrições básicas.....</i>	<i>45</i>
2.3.3.1.2 <i>Valores de exposição máximo admissíveis.....</i>	<i>46</i>

2.3.4 Norma ANATEL – BRASIL.....	47
2.3.5 Princípio da Precaução.....	49
2.4 OS POSSÍVEIS EFEITO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NOS SERES HUMANOS.....	50
2.4.1 Introdução.....	50
2.4.2 Tipos de pesquisas científicas.....	50
2.4.2.1 Estudos com foco carcinogênico.....	51
2.4.2.2 Estudos com foco nas alterações genéticas.....	52
2.4.2.3 Estudos com foco em desenvolvimento de tumores cerebrais.....	53
2.4.2.4 Estudos com foco na hipersensibilidade eletromagnética.....	54
3 METODOLOGIA.....	55
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	55
3.2 COLETAS DE DADOS.....	56
3.2.1 Equipamentos Empregados.....	57
3.2.1.1 Característica dos instrumentos	57
3.2.2 Procedimentos adotados durante a medição.....	57
3.3 ANÁLISE DE DADOS.....	58
4 RESULTADOS.....	59
4.1 CIDADE DE BELO HORIZONTE-MG.....	59
4.1.1 Serra do Curral.....	59
4.1.2 São Francisco.....	61
4.1.3 Camargos.....	63
4.2 CIDADE DE POUSO ALEGRE-MG.....	65
4.3 CIDADE DE ITABIRITO-MG.....	67
4.4 CIDADE DE RIBEIRÃO DAS NEVES – MG.....	69
4.5 CIDADE DE CLÁUDIO – MG.....	71
5 DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	74
5.1 MEDIÇÕES DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS.....	74
5.2 ESTADO DA ARTE DAS PESQUISAS.....	76
5.3 RECOMENDAÇÕES.....	78
6 CONCLUSÃO.....	80

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico da telefonia celular nas três últimas décadas é responsável por disponibilizar inúmeras facilidades de comunicação, proporcionando novas possibilidades de serviços e soluções de demandas.

Neste contexto, as fontes de radiação eletromagnética crescem de maneira exponencial, estimando-se que no mundo, atualmente existem cerca de 6,9 bilhões de aparelhos celulares em operação (WHO, 2015).

No Brasil, segundo a ANATEL, o número de celulares em fevereiro de 2015 chegou a 282,6 milhões e densidade de 138,7 celulares/100 habitantes. A cidade de Belo Horizonte ocupa a 3^o colocação entre as cidades em número de celulares no país com cerca de 11,117 milhões e densidade de 152,72 celulares/100habitantes (BRASIL, 2015).

Para atender esta demanda crescente surge a necessidade de se implantar cada vez mais Estação Rádio Base (ERB) nas cidades. Em março de 2015, a ANATEL divulgou que o Brasil possui 71.356 ERB's instaladas, sendo que do total 7.865 estão em funcionamento no Estado de Minas Gerais e destas 1.368 encontram-se na cidade de Belo Horizonte (BRASIL, 2015).

Com este aumento significativo de fonte de radiação não ionizante emitidos pelas ERB's, ressaltam-se as dúvidas sobre seus efeitos na saúde humana, principalmente por ser uma emissão contínua sobre a população. Os cidadãos urbanos quase sempre estão rodeados por mais de uma ERB, podendo estar instaladas no próprio edifício onde reside, trabalha, ou mesmo no terreno ao lado.

Os organismos de controle e pesquisa têm se empenhado no desenvolvimento de estudos sobre os efeitos à saúde humana, oriundos da exposição à radiação emitida pelas ERB's e, diante da incerteza de total segurança à saúde humana, invocam o *Princípio da Precaução*. Este princípio é usualmente aplicado quando existe incerteza científica e uma necessidade de agir com relação a um risco potencialmente, sem esperar pelos resultados de mais pesquisas científicas.

Os possíveis efeitos da radiação não ionizante, produzidos pelos sistemas de telefonia celular, mobilizam universidades, centros de controle e pesquisas no sentido de trazer ao público os resultados de pesquisas técnico-científicas multidisciplinares desenvolvidas principalmente nos Estados Unidos e na Europa. As entidades internacionais como “*World Health Organization - WHO/OMS*:

Organização Mundial da Saúde”, “*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - ICNIRP: Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante*”, “*International Agency for Research on Cancer - IARC: Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer*”, “*Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE: Instituto de Engenheiros Elétrico e Eletrônico*, entre outros, têm publicado, na última década, recomendações que são adotadas por diversos países.

No Brasil os limites de radiação emitidas pelas ERB's são fiscalizados pela agência reguladora ANATEL, através da Resolução nº 303 de 02 de julho de 2002 e pela Lei Federal nº 11.934, de 05 de maio de 2009, adotando os limites publicados pela Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP), que é uma organização internacional reconhecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar os riscos da exposição humana as radiações não ionizantes emitidas pelas Estações Rádio Base (ERB) do serviço de telefonia celular.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar quantitativamente os níveis de radiações não ionizantes na faixa de frequência da telefonia celular, emitidas pelas Estações Rádio Base na cidade de Belo Horizonte, Pouso Alegre, Itabirito, Ribeirão das Neves e Cláudio, todas dentro do Estado de Minas Gerais.

- Comparar os níveis de radiações não ionizantes medidos com os parâmetros normativos vigentes e com os atuais estudos desenvolvidos pelos organismos de controle e pesquisa, estabelecendo sua conformidade com os mesmos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Diante da incerteza científica sobre eventuais riscos à saúde humana e a sua inevitável exposição na sociedade moderna cada vez mais dependente do telefone celular, torna o estudo sobre radiações não ionizantes gerados pelas ERB's de grande relevância, podendo

contribuir para o estabelecimento de posturas de precaução que devem ser adotadas por todos os autores envolvidos no tema, no sentido de assegurar convivência harmoniosa entre a tecnologia, o bem-estar e qualidade de vida da população.

Realizar medições dos níveis de sinais gerados pelas principais Estações Rádio Base na cidade de Belo Horizonte, Pouso Alegre, Itabirito, Ribeirão das Neves e Cláudio, todas dentro do Estado de Minas Gerais, enquadrando os reais valores emitidos aos possíveis riscos à saúde humana, de acordo com as normas vigentes e os novos estudos publicados de conformidade. Esta é, portanto a contribuição deste trabalho de pesquisa para as instituições envolvidas, para os trabalhadores, para as pessoas expostas entorno das ERB's e para a sociedade em geral.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em seis capítulos, da seguinte forma:

No capítulo 1, apresenta-se a Introdução, os objetivos propostos, a justificativa e a sua organização.

No capítulo 2, Revisão Bibliográfica, será apresentado os sistemas de telefonia móvel celular, bem como os princípios e componentes que o constitui, abordando as consequências do crescimento de demanda. Serão apresentadas também, as teorias eletromagnéticas, as classes de radiações de ondas ionizantes e não ionizantes, os tipos de radiações corpuscular e eletromagnética, as regiões dos campos próximos e distantes, e ainda seus enquadramento dentro do espectro eletromagnético. Na sequência, serão comentados os tópicos das principais normas de limites da exposição humana a campos eletromagnéticos (ICNIRP, IEEE e ANATEL), fazendo um paralelo dos mesmos com o Princípio da Precaução. Serão abordados também, os possíveis efeitos das ondas eletromagnéticas nos seres humanos, mostrando os resultados das pesquisas científicas com foco carcinogênico, alteração gênica, tumores cerebrais e hipersensibilidade eletromagnética.

No capítulo 3, descreve-se a Metodologia utilizadas neste trabalho, seguindo as diretrizes recomendadas pelas normas para coleta e análise de dados.

No capítulo 4, são apresentados os Resultados das medições dos níveis de radiações eletromagnéticas no entorno de estações rádio base de telefonia celular, de 03 operadoras diferentes. Os níveis obtidos são

comparados com os limites normativos da Resolução nº 303/02-ANATEL, Lei nº 11934/09-ANATEL, e também com os limites mais restritivos adotados por alguns municípios e outros países.

No capítulo 5 é realizada a Discussão dos Resultados, abordando o estado da arte sobre os efeitos das radiações eletromagnéticas de rádio frequência/micro-ondas nos seres humanos, sob a direção da Organização Mundial da Saúde (OMS), através da Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante (ICNIRP) e da Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer (IARC). Em seguida serão feitas as Recomendações.

No capítulo 6, Conclusões, é feita uma análise técnica dos resultados das pesquisas, verificando se os objetivos propostos foram atingidos e, também, apresentando sugestões que possam contribuir para trabalhos futuros .

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

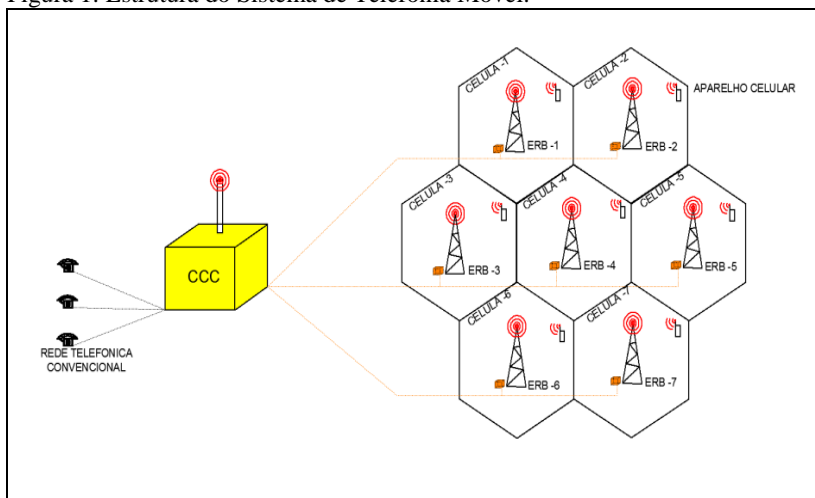
2.1 TELEFONIA MÓVEL CELULAR

2.1.1 Introdução

A telefonia celular é um sistema de comunicação na faixa de micro-ondas que utilizam aparelhos celulares (rádios transmissor-receptores) e um conjunto de antenas fixas, denominadas Estações Rádio Base (rádios transmissor-receptores), espalhadas na área de cobertura do sinal.

Uma região geográfica a ser atendida pelo serviço de telefonia móvel é dividida em sub-regiões denominadas células. Os usuários desta célula, através dos seus aparelhos celulares se interligam a sua ERB de cobertura, que conseguinte está ligada via rádio ou fibra ótica a Central de Comutação e Controle, conforme mostra a figura 1.

Figura 1: Estrutura do Sistema de Telefonia Móvel.



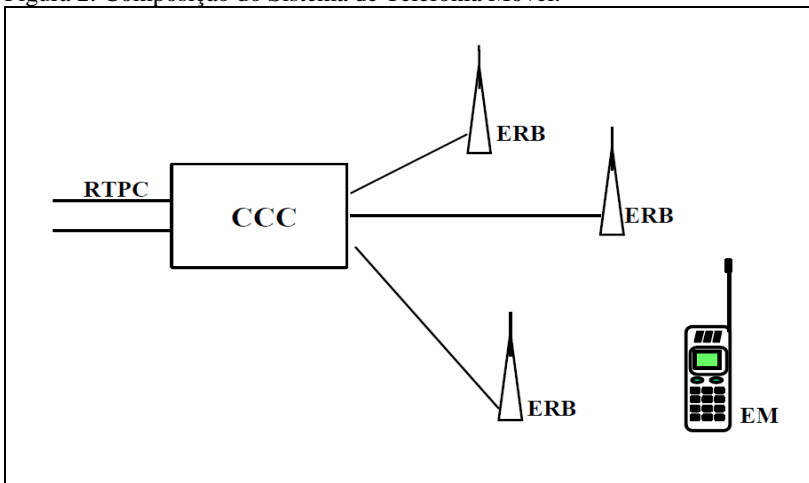
Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1.2 Composição de um sistema de telefonia móvel

Um sistema da telefonia móvel é composto basicamente por quatro componentes (ALENCAR, 2001), como mostra a figura 2.

- Centro de Comutação e Controle (CCC);
- Estação Rádio Base (ERB);
- Aparelho Celular (Estação Móvel); e
- Rede de Telefonia Pública Comutada (RTPC).

Figura 2: Composição do Sistema de Telefonia Móvel.



Fonte: Alencar, 2001.

2.1.3 Central de Comutação e Controle

A CCC é uma central telefônica do tipo CPA (Central com Programa Armazenado), expandida para operar com software próprio de serviço móvel celular. A CCC é equipada com hardware e software adicionais, devido a inúmeras funções extras de processamentos, necessários ao acompanhamento das estações móveis (LOPES, 2015).

Ainda segundo Lopes (2015), uma CCC apresenta as seguintes funções:

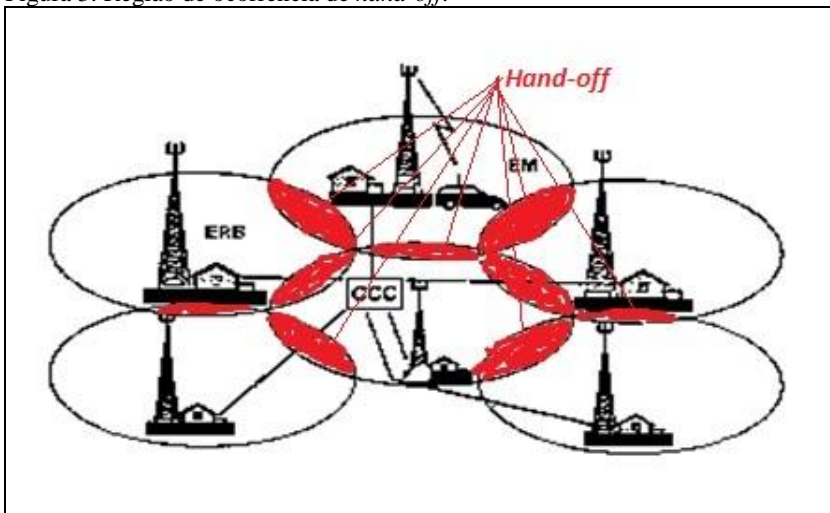
- Prover a interface entre a rede telefônica e o sistema celular;
- Comunicar-se com outros sistemas celulares;

- Controlar as ERB's;
- Monitorar e controlar as chamadas;
- Interligar as várias ERB's;
- Supervisionar o estado do sistema;
- Controlar e comutar o *hand-off* de chamadas;
- Administrar o sistema.

A capacidade de uma CCC depende basicamente dos rádios disponíveis nas ERB's, do número de células, da dimensão das células e de alguns outros fatores. Por exemplo, se número de células for grande e suas dimensões muito pequenas, têm-se vários *hand-off* o que acarreta numa sobrecarga no processador da CCC.

O *hand-off* é um procedimento para tratar a transição de uma célula para outra de forma transparente para o usuário. Ou seja, quando a EM estabelece uma conversação próxima da região limite de cobertura da ERB e a conversação se mantém enquanto a EM se afasta cada vez mais, o sinal vai diminuindo não havendo possibilidade de manter a conversação. A figura 3, mostra as regiões de ocorrência de *hand-off*, entre as interseções das células.

Figura 3: Região de ocorrência de *hand-off*.



Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1.4 Estação Rádio Base - ERB

É o principal elemento deste estudo, que tem por objetivo mensurar seus níveis de radiações não ionizantes gerados. É através da ERB que estando localizada no centro de uma célula, transmitindo ondas eletromagnéticas, para estabelecer os rádios enlaces com os aparelhos celulares, por isso representa uma fonte de radiação não ionizante para a população em sua volta.

As instalações de ERB's espalhadas pelas cidades é a forma adotada mundialmente de prestar o serviço celular para população. Conforme o tamanho da célula atendida pela ERB, a potência do transmissor pode variar de 10 a 50 watt. O sistema opera em baixa potência para evitar interferências em outras ERB's e permitir o reuso das frequências do sistema.

O princípio básico de funcionamento da telefonia celular é o compartilhamento de frequências (canais), de forma que uma mesma faixa de frequência (canal) possa ser utilizada várias vezes por usuários diferentes simultaneamente (PAULINO, 2001).

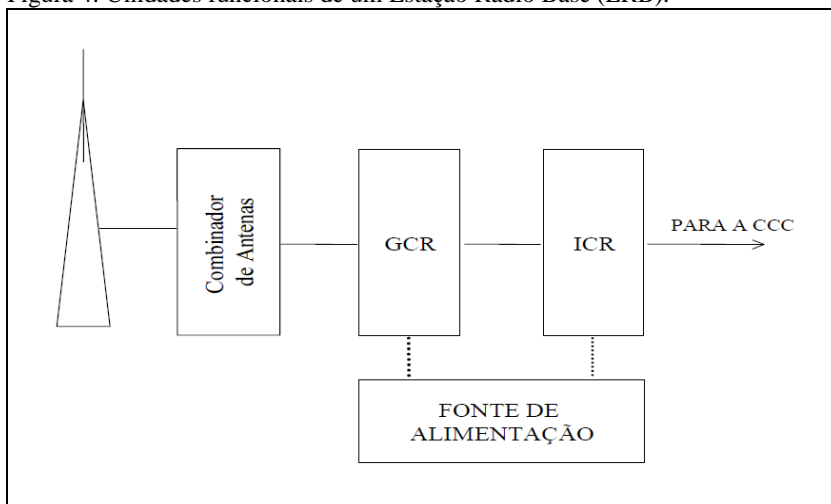
Por operar com equipamentos em baixa potência seu alcance é limitado, assim para proporcionar uma cobertura adequada é necessária a instalação de um número suficiente de ERB's, para que o sinal esteja próximo ao telefone do usuário.

As Estações Rádio Base são conectadas a uma CCC via fibra ótica ou rádio enlace em micro-ondas. Por esses meios de comunicação são transmitidos os canais de voz e dados, estabelecendo a comunicação entre os aparelhos celulares com outros telefones celulares localizados dentro da área de cobertura de outra ERB, como também a rede de telefonia fixa.

Segundo Alencar (2001), a Estação Rádio Base é composta pelas seguintes unidades funcionais, ilustrada na figura 4.

- Antena;
- Combinador de antenas;
- Grupo de Canais de Rádio (GCR);
- Interface Rádio Central (IRC); e
- Fonte de Alimentação.

Figura 4: Unidades funcionais de um Estação Rádio Base (ERB).



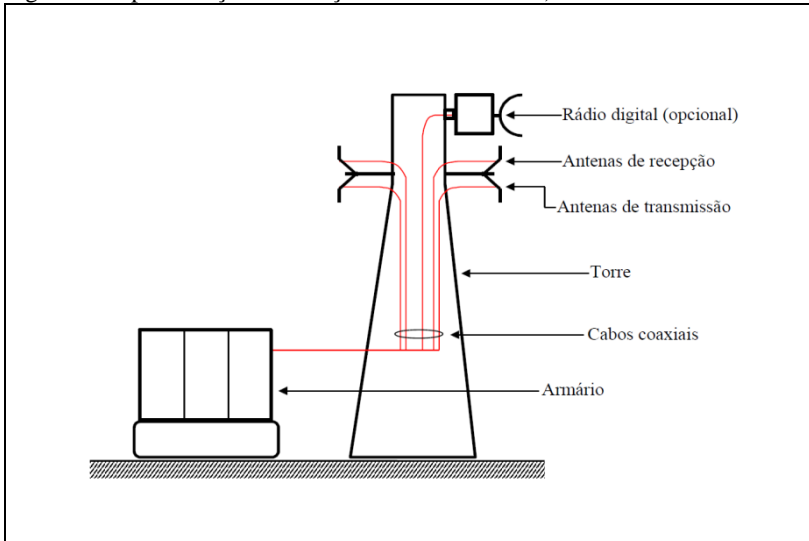
Fonte: Alencar, 2001.

A antena representa a interface entre os elementos do sistema e o meio de propagação do sinal. O combinador de antena representa a interface de casamento de impedância entre os equipamentos rádios e a antena. O GCR compreende canais de voz, dados e sinais de controle. A IRC representa a interface de adaptação de sinais entre a CCC e a ERB. Portanto, esse conjunto de equipamentos é responsável por receber voz, dados e sinais de controle e enviar para CCC, via fibra ótica ou via rádio (ERB - CCC). Analisando o caminho contrário a CCC recebe voz, dados e sinais de controle e envia para a ERB de destino (CCC - ERB).

A figura 5, representa uma ERB, que normalmente é composta pelos seguintes itens:

- Um cômodo de alvenaria ou um armário metálico, onde ficam instalados todos os equipamentos: rádios, fonte de alimentação, gerador, no-break, banco de baterias e demais periféricos do sistema.
- Uma torre ou mastro ou poste, onde são instalados: os rádios, antenas, para raios, sinalizadores noturnos e demais periféricos do sistema.

Figura 5: Representação de Estação Radio Base ERB).



Fonte: Nascimento, 2000.

2.1.5 Crescimento de demanda

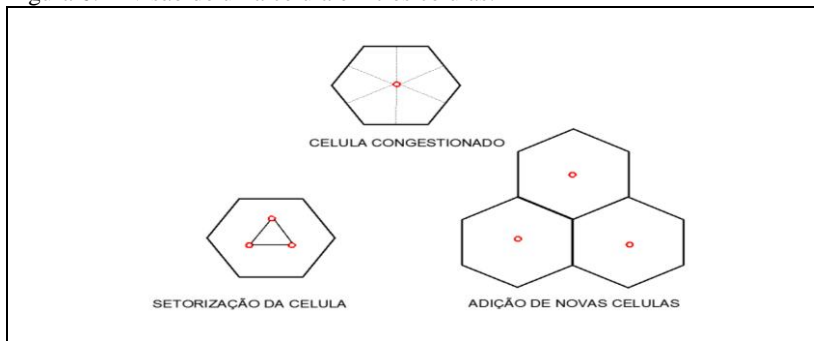
O crescimento da demanda de tráfego em uma determinada célula acarreta queda na qualidade dos serviços e das ligações telefônicas, que tem como solução a implantação de novas células ou setorização das células existentes (NASCIMENTO, 2000).

Se a decisão for pela adição de novas células, tem-se a desvantagem econômica, por ter que instalar novas ERB's (local, infraestrutura, torre e equipamentos de telecomunicações). Mas, por outro lado, os transmissores de potência operam em menor potência, visto que com essa nova configuração a área a ser coberta pelo sinal fica sendo menor.

Setorizar as células já existentes é com certeza a maneira menos dispendiosa para a solução, por substituir apenas os equipamentos que utilizam antena omnidirecional por equipamentos que empregam antenas direcionais, como mostra a figura 6.

O agrupamento de ERB's tem como objetivo dividir o volume de tráfego da região (ALENCAR, 2001).

Figura 6: Divisão de uma célula em três células.



Fonte: Elaborada pelo autor.

2.1.6 Antenas

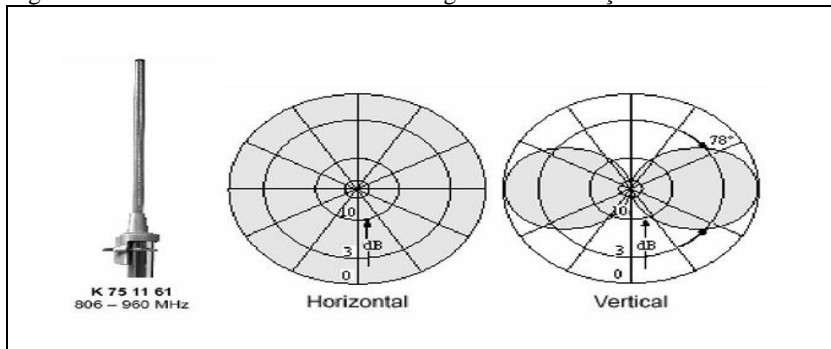
As antenas são dispositivos capazes de irradiar ou captar ondas eletromagnéticas no espaço, conforme o princípio da reciprocidade (KRAUS, 1983). Suas dimensões físicas obedecem à ordem de grandeza do comprimento de onda relativa à frequência de operação.

A antena isotrópica é definida como aquela que hipoteticamente irradia uniformemente para todas as direções.

Quanto a diretividade, as antenas empregadas no sistema de telefonia celular são classificadas em dois tipos: omnidirecionais e setoriais (diretivas).

A antena omnidirecional apresenta seu diagrama de radiação horizontal essencialmente não diretivo, enquanto que seu diagrama de radiação vertical é diretivo, conforme mostra a figura 7.

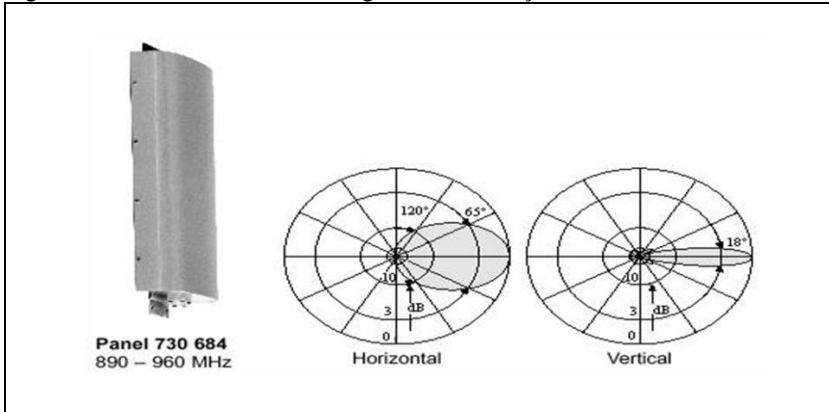
Figura 7: Antena omnidirecional e seus diagramas de radiação.



Fonte: Kathrein, 2015.

A figura 8 mostra uma antena setorial (diretiva), com seu diagrama de radiação horizontal projetado para cobrir uma determinada região angular, conforme o nível de radiação pré-estabelecido.

Figura 8: Antena setorial e seus diagramas de radiação.



Fonte: Kathrein, 2015.

A figura 9 mostra vários tipos de torres com antenas instaladas.

Figura 9: Diferentes tipos de torres com antenas instaladas.



Fonte: Cruz, 2005.

Em alguns locais, por questões ambientais, proíbe que se instalem torres com estruturas metálicas aparentes, principalmente torres treliçadas. Visando atender a estas restrições, o mercado oferece torres camufladas que tentam manter a harmonia do meio ambiente que está inserida, conforme mostra a figura 10.

Figura 10: Camuflagem de torres e antenas.



Fonte: Cruz, 2005.

2.2 TEORIAS ELETROMAGNÉTICAS

2.2.1 Radiação

Radiação é a propagação de energia através de partículas ou ondas no espaço livre. Podendo ser dividida nas seguintes fontes:

- Radiação natural: existente no meio ambiente, provenientes de raios cósmicos, de elementos radioativos naturais, etc.
- Radiação artificial: é proveniente de fontes criadas pelo homem, principalmente a partir do final do século XIX (TERRAZAN, 1989)

2.2.2 Classes de Radiação

Radiação Ionizante (RI) e Radiação Não Ionizante (RNI) são as duas classes de radiação, que se distinguem pelas seguintes características: comprimento de onda, frequência e energia irradiada.

2.2.2.1 Radiação Eletromagnética Ionizante (RI)

Radiações ionizantes são aquelas que se caracterizam pela capacidade de ionizar átomos da matéria com os quais interagem. A capacidade de ionizar (retirar elétrons) depende da energia dos fótons e do material com o qual a radiação interage. A energia necessária para fazer com que um elétron de valência escape de sua órbita num átomo,

varia de 2,5 a 25 eV ($1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$) dependendo do elemento (ELBERN, 2000).

A radiação eletromagnética capaz de destruir ligações, “arrancar” elétrons de material biológico, necessita ser constituída por fótons com pelo menos 10 eV de energia, o que significa que somente radiações com frequência igual ou superior a do ultravioleta curto têm efeito ionizante (SENISE, 2001).

A radiação ionizante dependendo das características do sistema irradiado e do tempo de exposição, torna-se perigoso para os seres vivo, devido a capacidade de penetração e a quantidade de energia irradiada. Podem-se citar como exemplo as radiações alfa, beta, gama e os raios x.

Quanto aos efeitos biológicos associados a RI pode-se citar: leucemia, cataratas, redução de fertilidade, envelhecimento precoce entre outros.

2.2.2.2 Radiação Eletromagnética Não Ionizante (RNI)

Radiações não ionizantes não possuem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos ou moléculas com as quais interagem. De maneira geral, as RNI possuem energias menores que 10 eV (SENISE, 2001).

Esta radiação ocupa a faixa de frequência que vai de 0 (zero) Hz (campo estático) até 10^{14} Hz (ultravioleta), compreendendo entre outras: luz visível, infravermelho, micro-ondas, radiofrequência, etc.

Radiofrequências e Micro-ondas representam a faixa de frequência que a sociedade mais fica exposta ao longo do dia, por ser nesta que está inserida a radiodifusão (LF, MF e HF), televisão (VHF e UHF), telegrafia, telefonia celular, sistema de detecção por radar, calor em terapias e preparação de alimentos. A telefonia celular enquadra-se especificamente na faixa de micro-ondas, que tem como característica de propagação a formação de feixes direcionais.

2.2.3 Tipos de Radiações

2.2.3.1 Radiação Corpuscular

É formada por um feixe de partículas: elétrons, prótons, nêutrons, partículas alfa e outras (TERRAZAN, 1989).

2.2.3.2 Radiação Eletromagnética

É uma forma de energia que se propaga através de ondas com a combinação de campos elétricos e magnéticos oscilantes, viajando no vácuo ou no ar, na mesma velocidade que a luz (aproximadamente 300.000 km/s) (TERRAZAN, 1989).

2.2.4 Ondas e Campo Eletromagnético

2.2.4.1 Introdução

As ondas eletromagnéticas são originadas em cargas elétricas aceleradas (correntes elétricas alternadas, fontes de luz, antenas, explosões solares, etc.). As ondas eletromagnéticas são ondas constituídas de campos elétrico e magnético. Mesmo quando não projetados para este fim, todo equipamento elétrico ou eletrônico que funciona com corrente elétrica alternada, pode gerar ondas eletromagnéticas. Os campos ou ondas eletromagnéticas são também conhecidos como ondas de rádio ou, ainda, radiações eletromagnéticas.

Denomina-se “campo“ a zona do espaço onde se manifestam forças. A força que um campo exerce sobre as partículas que estão em seu interior é chamada de intensidade.

Diariamente estamos rodeados por fontes de campos eletromagnéticos: televisores, rádios, chuveiros elétricos, fornos de micro-ondas, redes sem fio, secadores de cabelos, o próprio sol, etc. É preciso apenas, que com uma determinada frequência haja passagem de corrente elétrica em um condutor, para gerar uma onda e, conseqüentemente, um campo eletromagnético.

As cargas elétricas e seu movimento criam campos elétricos e magnéticos, dito, zonas onde se manifestam forças elétricas e magnéticas. Enquanto que os campos elétricos são associados somente com a presença de carga elétrica, os campos magnéticos resultam do movimento físico da carga elétrica (corrente elétrica) (BRASIL 1999).

Um campo elétrico E , exerce forças sobre uma carga elétrica e é expresso em volt por metro (V/m) (BRASIL, 1999).

Similarmente, campos magnéticos podem exercer forças físicas sobre cargas elétricas, mas somente quando tais cargas estão em movimento. Campos elétricos e magnéticos têm amplitude e direção (são grandezas vetoriais). Um campo magnético pode ser especificado em duas maneiras – como fluxo de densidade magnética B , expressa em

tesla (T), ou como campo magnético H, expresso em ampère por metro (A / m). As duas quantidades são relacionadas pela fórmula:

$$B = \mu H$$

Onde μ é a constante de proporcionalidade (permeabilidade magnética). No vácuo e no ar, bem como em materiais não magnéticos (inclusive meios biológicos), μ tem o valor $4\pi \cdot 10^{-7}$, quando expresso em henry por metro (H / m). Logo, para especificar o campo magnético basta ter os valores de B ou H.

2.2.4.2 Regiões do campo eletromagnético

Campos eletromagnéticos mudam de característica com a distância a partir da sua fonte radiante. Para o estudo dos campos de rádio frequência são definidas três regiões distintas. A região da antena, região de campo próximo e a região de campo distante são localizadas por esferas de diferentes raios ao redor da antena.

A região de campo próximo está numa distância de aproximadamente “ $R < 2D^2/\lambda$ ”. E a região de campo distante se estende a distâncias de “ $R \geq 2D^2/\lambda$ ”, onde “D” é a maior dimensão da antena e “ λ ” é o comprimento de onda, conforme mostra a figura 11.

O comprimento de onda é a distância percorrida pela onda no tempo necessário para completar um ciclo. A velocidade de propagação, no vácuo é constante e igual à velocidade de propagação da luz (aproximadamente 300.000 km/s). Frequência, comprimento de onda e velocidade de propagação estão assim relacionados, como mostra a Equação abaixo:

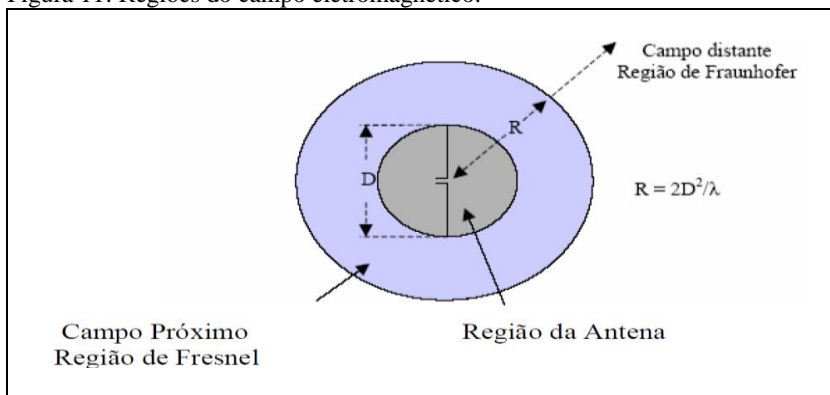
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

λ = comprimento de onda em m;

c = velocidade de propagação = 300.000km/s;

f = frequência em kHz.

Figura 11: Regiões do campo eletromagnético.



Fonte: Cruz, 2005.

2.2.4.2.1 Região de campo próximo

Na região de campo próximo, os máximos e mínimos dos campos elétricos e magnéticos variam ao longo da direção de propagação, como no caso do campo distante. Os campos elétrico e magnético não são mais necessariamente perpendiculares e não podem ser caracterizados como ondas. Nesta região, a estrutura do campo eletromagnético não é homogênea. Neste caso, não existe relação direta entre os dois campos e para a caracterização do ambiente eletromagnético são necessárias medições dos dois campos (elétrico e magnético).

2.2.4.2.2 Região de campo distante

Longe da fonte, na região de campo distante, os campos atuam como ondas planas e têm as seguintes características:

- Os vetores de campo elétrico (E) e campo magnético (H) são perpendiculares, conforme mostra a figura 12.
- A razão (E/H) é chamada de impedância de onda (Z) e para o espaço livre é igual a 377Ω ;
- A densidade de potência (S) é a potência por unidade de área normal à direção de propagação, e sua unidade de medida é W/m^2 .
- A densidade de potência em qualquer ponto é calculada

através do produto vetorial entre os vetores de campos elétrico e magnético, ou seja, ($S = E \times H$);

- A densidade de potência (S) é também denominado de Vetor de Poynting e fornece a direção de propagação da energia:

$$S = E \cdot H \quad \text{ou} \quad S = \frac{E^2}{377} \quad \text{ou} \quad S = 377 \cdot H^2$$

- Ambos os campos elétrico (E) e magnético (H) variam com o inverso da distância à fonte, ou seja, “ $1/r$ ”;
- A densidade de potência (S) varia com o inverso do quadrado da distância à fonte, ou seja, “ $1/r^2$ ”.

Nesta situação, campo distante é suficiente a medição de apenas um dos campos (elétrico ou magnético) ou a medição da densidade de potência.

A exposição a campos eletromagnéticos variáveis no tempo resulta em correntes internas no corpo e absorção de energia nos tecidos, que dependem dos mecanismos de acoplamento e da frequência envolvida. O campo elétrico interno e a densidade de corrente estão relacionados com a condutividade elétrica do meio (σ), através da Lei de Ohm :

$$J = \sigma E$$

Para a avaliação de campos eletromagnéticos a intensidade de campo elétrico e a densidade de corrente são grandezas comumente aceitas, sem que se faça distinção em frequência. No entanto, as quantidades normalmente usadas em normas nacionais e internacionais levam em conta diferentes faixas de frequências:

- Densidade de corrente (J), na faixa de frequências até 10 MHz; Corrente (I), na faixa de frequências até 110 MHz;
- Taxa de absorção específica SAR, para campos pulsados, na faixa de frequências de 300 MHz a 10 GHz; e
- Densidade de potência (S), na faixa de frequências de 10 GHz a 300 GHz.

Na faixa de frequência de 100 kHz a 10 GHz utiliza-se a taxa de absorção específica (SAR), definida como a taxa de absorção de energia pelos tecidos do corpo, em watt por quilograma (W/kg). A SAR

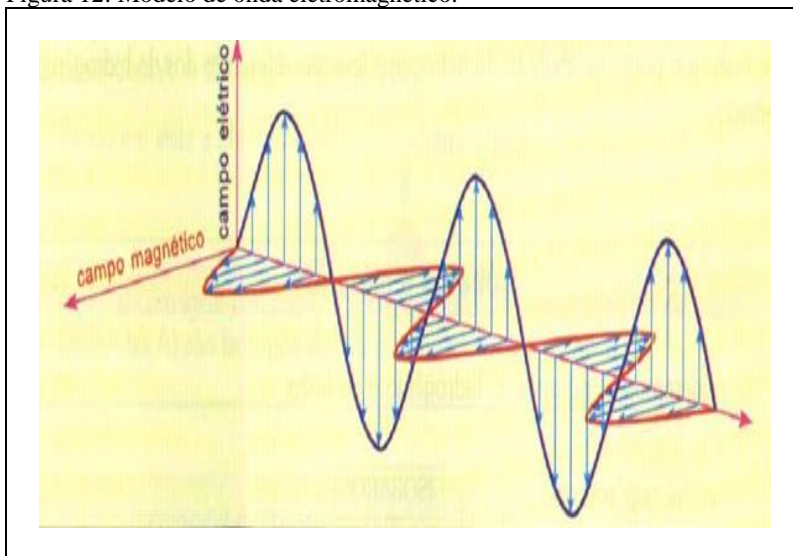
depende dos parâmetros do campo, frequência, intensidade, polarização e configuração fonte-objeto; das características do corpo, tamanho, geometria interna e externa e propriedades dielétricas dos vários tecidos; e dos efeitos de aterramento e reflexão de outros objetos no campo próximo ao corpo exposto. Este trabalho de acordo com as normas internacionais deve-se ater à SAR, pois as faixas de frequência da telefonia celular (especificamente 850 a 900 M Hz e 1800 a 1850 MHz), estão compreendidas entre 300 MHz e 10 GHz. Assim, define-se:

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{SAR}{c}$$

onde σ é a condutividade do tecido em S/m (ou $1 / (\Omega \times m)$), ρ é a densidade volumétrica do tecido em kg/m^3 , E é o valor rms do campo elétrico interno em V/m, T é a temperatura em $^{\circ}C$ e c é a capacidade de calor específica em J/kg.

Figura 12: Modelo de onda eletromagnético.



Fonte: MENEZES, 1981.

A tabela 1 abaixo mostra as principais grandezas eletromagnéticas do abordadas neste trabalho, com seus respectivos símbolos e unidades, de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI).

Tabela 1 – Grandezas eletromagnéticas (SI)

GRANDEZA	SÍMBOLO	UNIDADE
Condutividade	σ	Siemens por metro (S / m)
Corrente	I	Ampere (A)
Densidade de corrente	J	Ampere por m ² (A / m ²)
Frequência	f	Hertz (Hz)
Campo elétrico	E	Volt por metro (V / m)
Campo magnético	H	Ampère por metro (A /m)
Densidade de fluxo magnético	B	Tesla (T) ou Gauss (G)
Permeabilidade magnética	μ	Henry por metro (H / m)
Permissividade	ϵ	Farad por metro (F/m)
Densidade de potência	S	Watt por metro quadrado (W/m ²)
Absorção específica	AS	Joule por quilograma (J/Kg)
Taxa de absorção específica	SAR	Watt por quilograma (W/Kg)

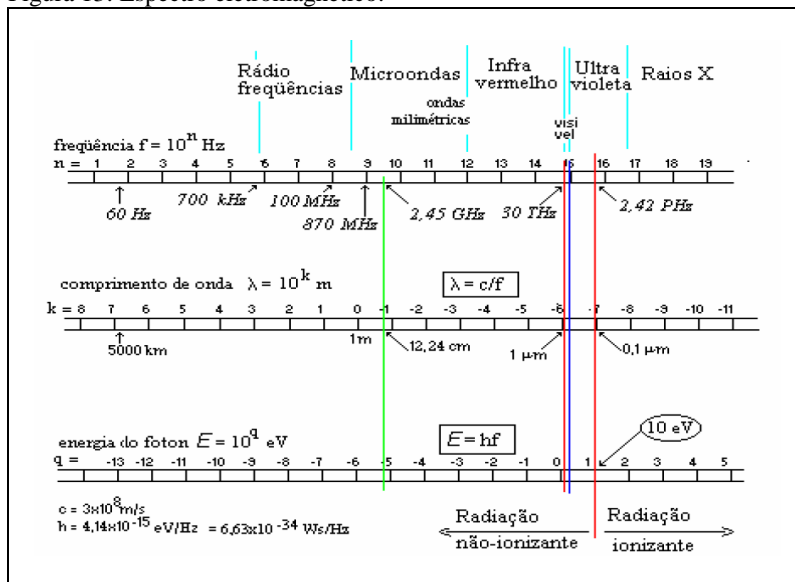
Fonte: Norma ICNIRP.

2.2.4.3 Espectro Eletromagnético

Em geral, as ondas eletromagnéticas podem classificar-se segundo três variáveis: energia, frequência e comprimento de onda. A energia é proporcional à frequência. O espectro eletromagnético reúne de forma prática e resumida a classificação das distintas ondas eletromagnéticas em função das três variáveis supracitadas, permitindo uma clara diferenciação entre as mesmas.

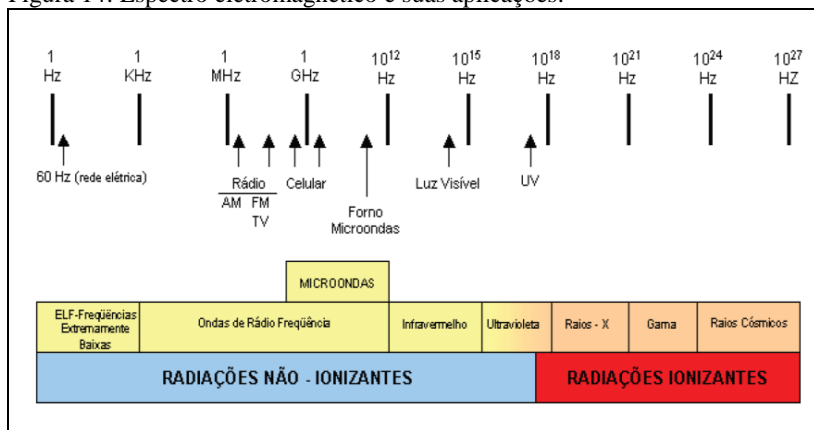
Uma comparação ilustrativa do espectro eletromagnético, localizando as principais regiões de aplicação tecnológica é mostrada na figura 13 e na tabela 2 abaixo. Na figura 14 destaca-se a distância, nos níveis de frequência, entre a radiação não ionizante e ionizante.

Figura 13: Espectro eletromagnético.



Fonte: WOLLINGER, 2003.

Figura 14: Espectro eletromagnético e suas aplicações.



Fonte: QUEIROZ, 2011.

Tabela 2 – Espectro eletromagnético e suas aplicações

Frequência	Símbolo	Nome	Aplicação
3 a 30 Hz	ELF	Extremamente Baixa	Comunicação com submarinos.
300 a 3000 Hz	ULF	Ultra Baixa	Comunicação com minas.
30 a 300 KHz	LF	Baixa (Ondas longas)	Transmissão de dados internacionais, torres de auxílio de navegação (marinha e aeronáutica).
300 a 3000 KHz	MF	Média (Ondas médias)	Rádios AM, torres de auxílio de navegação (marinha e aeronáutica).
3 a 30 MHz	HF	Alta (Ondas curtas)	Rádio HF, Radiodifusão (civil, militar, comercial). Propagam-se até grandes distâncias através de saltos por deflexão nas camadas da ionosfera.
30 a 300 MHz	VHF	Muito Alta	Rádio FM, televisão, polícia, bombeiros, tráfego aéreo.
300 a 3000 MHz	UHF	Ultra Alta (Micro-ondas)	Telefonia celular, redes sem fio. Televisão, polícia, bombeiros, tráfego aéreo.
3 a 30 GHz	SHF	Super Alta (Micro-ondas)	Redes sem fio e satélites.
30 a 300 GHz	EHF	Extremamente Alta	Micro-ondas em celulares, redes de computadores sem fio, radares, radioastronomia e sistemas de armas avançadas.

Fonte: Elaborada pelo autor.

2.3 NORMAS E LIMITES DA EXPOSIÇÃO HUMANA A CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

2.3.1 Introdução

Com a proliferação de fontes de energia eletromagnética na faixa de frequência não ionizante no meio ambiente, principalmente as responsáveis pelo sistema de telefonia celular, torna-se necessário dispor de normas que determine o limite máximo de exposição com recomendações de segurança para todo espectro de frequência eletromagnética, tanto para a exposição profissional, quanto para o público em geral.

As normas distinguem dois ambientes para a sua aplicação, ocupacionais (controlados) e de público geral (não controlado). Nos

ambientes não controlados é aplicado um maior fator de segurança, devido incluir pessoas mais sensíveis (crianças, idosos), maior tempo de exposição (24 horas/dia versus 8 horas/dia), exposição não voluntária e falta de proteção específica.

Estas normas de segurança são baseadas em dados fornecidos por estudos científicos em todo mundo e revisadas periodicamente. São focadas na preocupação com os possíveis efeitos biológicos, aborda os assuntos que trazem consequência para saúde humana, resultante da exposição à rádio frequência (RF), através dos efeitos térmicos e não térmicos.

O primeiro esforço significativo para estabelecer limites internacionais de exposição à radiações não ionizantes (RNIs) foi por iniciativa da *International Radiation Protection Association* (IRPA), que formou um grupo de trabalho sobre RNI para examinar as questões de radioproteção. Em 1977, este grupo de trabalho tornou-se o *International Non Ionizing Radiation Commission* (INIRC). Dentro do programa da Organização Mundial da Saúde (OMS) sobre Saúde Ambiental, a IRPA e o INIRC desenvolveram vários critérios de saúde ambiental e documentos sobre RNI, cada um dos quais incluía diversos resumos das características físicas, medição e instrumentação, origens e aplicações da RNI, uma ampla revisão da literatura sobre efeitos biológicos, e uma avaliação dos riscos para a saúde da exposição à RNI. Estes critérios de saúde ambiental forneceram a base de dados científicos para o desenvolvimento posterior dos limites de exposição e códigos de boas práticas relativas à proteção da exposição às RNIs (LASR, 2010).

Em 1996, a Organização Mundial de Saúde (OMS), iniciou o Projeto Internacional de Campos Eletromagnéticos e Saúde (*International EMF Project*), com os seguintes objetivos: adotar normas internacionais de cunho científico, harmonizar as normas nacionais, ordenar as pesquisas, discutir e padronizar os níveis de segurança, para atender a crescente preocupação pública sobre os possíveis efeitos deletérios da exposição humana a campos eletromagnéticos (WHO, 2006).

A OMS examina, aprova e publica as recomendações e as normas internacionais, sobre radiações eletromagnéticas não ionizantes, desenvolvidas pelos principais órgãos reconhecidos mundialmente, como: ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*), ITU (*International Telecommunications Union*) e FCC dos EUA (*Federal Communications Commission*).

Depois de 1992, a ICNIRP se destacou como principal entidade independente responsável pelo desenvolvimento e manutenção de diretrizes internacionais para radiação não ionizante. Em 1998 a ICNIRP publicou suas diretrizes, estabelecendo os limites máximos admissíveis contra a exposição a radiações não ionizantes, para o público em geral e profissionais, tornando-se as diretrizes mais credíveis no mundo sobre o assunto em pauta, sendo aprovada pela OMS e OIT (Organização Internacional do Trabalho).

Até 2009, a norma da ICNIRP foi adotada como padrões nacionais em de 50 países, principalmente na América do Sul e Europa. Nesta através do CENELE (*Comité Européen de Normalisation Électrotechnique*), representante de 19 (dezenove) países europeus. A América do Norte a FCC adota os padrões IEEE, que é muito semelhante a ICNIRP, porém menos restritivo.

Diante dos resultados das pesquisas científicas atuais, a OMS conclui que a exposição humana a campos eletromagnéticos não ionizantes abaixo dos limites internacionais recomendados pelas diretrizes do ICNIRP, não parecem ter qualquer consequência conhecida para a saúde (LASR, 2010).

A seguir serão apresentadas as principais normas de segurança de maior aceitação a nível mundial e o regulamento da ANATEL, com seus níveis de referência para a exposição humana à radiação de RF.

2.3.2 Norma ICNIRP

A ICNIRP (*International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*), é uma organização independente criada em 1992, sucedendo a IRPA/INIRC (*International Radiation Protection Association/ International Non-Ionizing Radiation Committee*), que analisa os novos dados científicos com a finalidade de avaliar a pesquisa desenvolvida e estabelecer diretrizes internacionais sobre limites de exposição à RNI.

A ICNIRP trabalha em cooperação com a OMS, com aprovação da OIT e UIT. No ano de 1998, publicou sua última revisão das diretrizes para a limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e campos eletromagnéticos até 300 GHz (ICNIRP, 2015). Nesta norma, foram estudados os efeitos diretos, resultantes da interação entre o corpo humano e os campos eletromagnéticos. Estudou também, os efeitos indiretos envolvendo interações com objetos a níveis diferentes de tensão em relação ao corpo.

A norma ICNIRP, os limites são adotados como padrão nacional em mais de 50 países do mundo. Só na América do Sul são 10 (dez) países, inclusive o Brasil através da ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações). Na Europa através do CENELEC (*Comité Européen de Normalisation Électrotechnique*), são mais 19 (dezenove) países.

Esta norma apresenta duas classes de recomendação de limites, que são: as restrições básicas e os níveis de referência, que serão abordadas a seguir.

2.3.2.1 Classes de limites recomendados

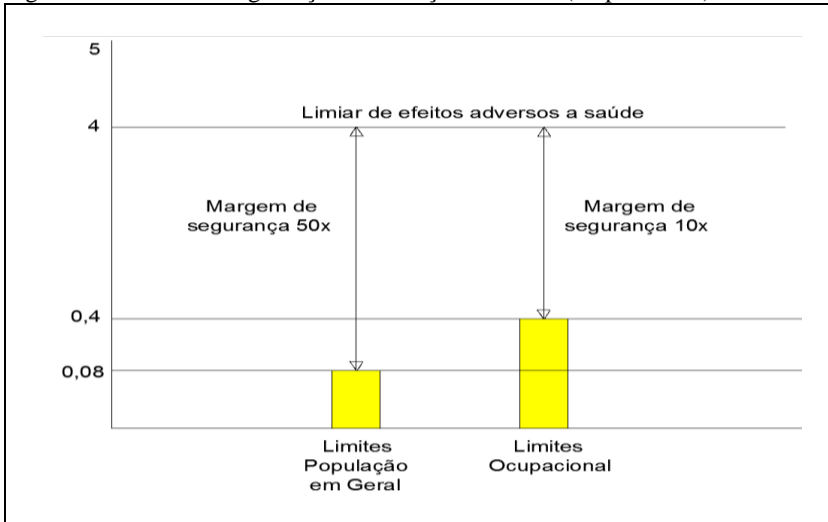
2.3.2.1.1 Restrições básicas

São os limites máximos de exposição humana a campos elétricos e magnéticos, baseados em efeitos reconhecidos à saúde, de modo a garantir que essas grandezas não ultrapassem os limiares mínimos de interação biofísica com tecidos vivos, de modo a não causar danos à saúde, ou efeitos de caráter imediato, que só ocorrem durante o período de exposição, como por exemplo: estimulação de nervos, choques, queimaduras, etc.

A ICNIRP afirma que a proteção contra efeitos adversos à saúde requer que estas restrições não sejam ultrapassadas. Estabelece dois tipos de ambientes, ocupacional e público, relacionados aos controlados e não controlados, semelhante à norma ANSI/IEEE C95.1.

Após ter conhecimento dos níveis de radiações não ionizantes que cause efeito adverso a saúde, estes valores são divididos por um fator de segurança de 10 (dez), obtendo o valor para o nível de restrições básicas em que os trabalhadores poderão ser expostos, durante a realização das suas atividades ocupacionais (ambientes controlados). Já para a exposição do público em geral (ambientes não controlados), os níveis reconhecidos como danosos a saúde humana, são divididos por um fator de 50 (cinquenta), ou seja, os limites de exposição para o público em geral são 5 (cinco) vezes mais rigorosos do que a exposição ocupacional. A figura 15 mostra a relação entre os efeitos adversos a saúde humana e os níveis e limites de restrições básicas da ICNIRP.

Figura 15: Fatores de segurança das restrições básicas (corpo inteiro)



Fonte: Elaborada pelo autor.

Ainda de acordo com a figura 15, observa-se que para exposição de corpo inteiro, as restrições básicas limitam a taxa de absorção de energia específica (SAR) média, a 0,4 W/Kg, para ambientes controlados e 0,08 W/Kg, para ambientes não controlados, exatamente os mesmos valores previstos na ANSI/IEEE C95.1.

A tabela 3 reúne os valores para SAR máximo para exposição de corpo inteiro, conforme a figura 15, e o SAR máximo localizado em partes do corpo. Para o SAR localizado para cabeça e tronco (avaliados num volume equivalente a 1 gramas de tecidos) é de 10 W/Kg para ambientes controlados e 2 W/Kg para ambientes não controlados, que são os mesmos índices apresentados pela ANSI/IEEE C95.1.

Tabela 3 – Limitações de SAR - Norma ICNIRP

Categoria de Exposição	SAR média de corpo inteiro (W/Kg)	SAR localizada (cabeça e tronco) (W/Kg/1g)
Ambiente Controlado (Ocupacional)	0,4	10
Ambiente não Controlado (Publico em geral)	0,08	2

Fonte: Norma ICNIRP.

2.3.2.1.2 Níveis de referência

As restrições básicas são grandezas físicas determinadas a partir de mecanismos de interação biofísica com tecidos vivos, que produzem efeitos adversos à saúde, portanto, não é viável mensurar seus níveis fora dos laboratórios.

Para resolver esta dificuldade os limites das restrições básicas são relacionados a níveis de referência, que são fáceis de medir com os instrumentos no campo.

Logo, os níveis de referências são derivados das restrições básicas através de medidas e técnicas computacionais, que tem a intenção de serem valores espaciais médios para todo corpo, com a ressalva de que os níveis das restrições relativos à exposição localizada não sejam ultrapassados.

Analisando a norma, na faixa de frequências da telefonia celular, que é o objetivo deste trabalho, observa-se que para frequências de até 10 GHz, as restrições básicas são dadas em termos de densidade de corrente e SARs de corpo inteiro e localizadas. Seus níveis de referência correspondentes são fornecidos em termos de quantidades facilmente mensuráveis, os campos elétricos e magnéticos, a densidade do fluxo magnético e a densidade de potência. Para frequências de 1 a 30 GHz, os níveis de referência são exatamente os mesmos que as restrições básicas, indicados em termos de densidade de potência.

A tabela 4 mostra os níveis de referência para exposição ocupacional e exposição para o público em geral da norma ICNIRP para a faixa de frequência de 100 KHz a 300 GHz, destacando com uma seta a faixa de frequência da telefonia celular, foco deste trabalho.

Tabela 4 – Níveis de referência para faixa de 100 KHz a 300 GHz

Categoria da Exposição	Faixa de Freqüência (MHz)	Campo Elétrico E (V/m)	Campo Magnético H (A/m)	Densidade Potência (W/m ²)	Tempo Médio de exposição (min)
Ocupacional	0,065 - 1	610	1,6/f	-	6
	1 - 10	610/f	1,6/f	-	6
	10 - 400	61	0,16	10	6
	400 - 2000	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	f/40	6
	2000-300000	137	0,36	50	(f<10 GHz) $68f^{1.05}$ (f<10 GHz)
Público Geral	0,15 - 1	87	0,73/f	-	6
	1 - 10	$87/f^{1/2}$	0,73/f	-	6
	10 - 400	28	0,73	2	6
	400-2000	$1,375f^{1/2}$	$0,0037/f^{1/2}$	f/200	6
	2000 - 300000	61	0,16	10	6 (f<10 GHz) $68f^{1.05}$ (f<10 GHz)

Fonte: Norma ICNIRP, 1998.

Neste trabalho, a densidade de potência é a grandeza escolhida, para fazer a correlação entre os níveis estabelecidos na norma e os níveis mensurados em campo, utilizando o equipamento de medição.

2.3.3 Norma ANSI/IEEE C95.1

Esta norma fornece recomendações para prevenir danos aos seres humanos expostos a campo eletromagnético na faixa de 3 KHz a 300 GHz.

O padrão IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) foi desenvolvido por um comitê especializado em radiações não ionizantes, aprovada previamente pelo ANSI (*American National Standards Institute*), com valores ratificados pela norma da FCC (*Federal Communications Commission*), que é o órgão federal americano encarregado da regulamentação das telecomunicações e da certificação dos equipamentos emissores de radiação eletromagnética do país.

A ANSI aprovou a C95.1 pela primeira vez em 1966, adotando suas revisões periódicas, tendo sido a última no ano de 2005. O padrão IEEE C95.1-2005 é a revisão do padrão IEEE C95.1-1991.

Assim como a ICNIRP faz distinção entre dois tipos de ambientes:

- Controlados: composto por pessoas que têm conhecimentos e/ou controla os níveis de exposição.
- Não controlados: composto por pessoas que não têm conhecimento dos níveis a que estão expostos (público em geral).

A norma apresenta duas classes de recomendação de limites, que são: as restrições básicas e valores de exposição máxima admissível, que serão abordadas a seguir.

2.3.3.1 Classes de limites recomendados

2.3.3.1.1 Restrições básicas

As restrições básicas são as restrições à exposição a campos eletromagnéticos com base em efeitos de saúde estabelecidos.

Os efeitos são estudados por comitês, compostos por membros de universidades, da indústria e órgãos governamentais. Para estes grupos, não há dúvida que, sob o menor nível de exposição a campo eletromagnético, o “distúrbio comportamental” é um efeito adverso observado nos animais. Esse termo se refere à tendência de os animais deixarem de efetuar uma tarefa complexa aprendida quando expostos a uma quantidade suficiente de energia.

A exposição por cerca de 30 minutos provoca elevação de temperatura maior que 1°C em todo o corpo humano (SAR de 4 W/Kg) ou localizadamente (SAR 8 W/Kg), a partir da energia absorvida presente nos campos eletromagnético na faixa de RF, certificando que o efeito é eminentemente térmico.

Para a exposição de corpo inteiro, na revisão de 1982, o IEEE acrescentou um fator de segurança de 10, diminuindo o limiar recomendado do SAR para 0,4 W/kg. Na revisão de 1991, foi estabelecida a diferença entre ambiente controlado e não controlado. O IEEE acrescentou um fator de segurança de 5, para o ambiente não controlado, logo a taxa de limite de exposição de corpo inteiro do SAR reduziu para 0,08 W/Kg. Na última revisão em 2005, não houve alteração, foram mantidos os valores do SAR em 0,08 W/Kg para ambiente não controlado e 0,4 W/Kg para ambiente controlado, conforme mostra a tabela 5.

Já para a exposição parcial do corpo na faixa de frequência dos celulares, o distúrbio ocorre a uma SAR de 8 W/kg. Assim como na

exposição de corpo inteiro, em 1991, foi estabelecida a diferença entre ambiente controlado e não controlado, acrescentando um fator de segurança de 5, tornando a taxa de limite de exposição parcial do corpo reduziu para 1,6 W/Kg, para ambientes não controlado. Portanto, até o ano de 2005 os limites de exposição parcial do corpo eram: 8 W/Kg para ambientes não controlados e 1,6 W/Kg para controlados. NA última revisão em 2005, o IEEE adotou os mesmos índices do ICNIRP estabelecidos desde 1998, alterando a taxa de limite de exposição parcial do corpo de 10 W/Kg, para ambientes controlados e 2 W/Kg para ambientes não controlados, conforme mostra a tabela 5.

Tabela 5 – Limitações de SAR - Norma ANSI/IEEE C95.1

Categoria de Exposição	SAR média de corpo inteiro (W/Kg)	SAR localizada (cabeça e tronco) (W/Kg/1g)
Ambiente Controlado (Ocupacional)	0,4	10
Ambiente não Controlado (Publico em geral)	0,08	2

Fonte: Norma ANSI/IEEE C95.1.

2.3.3.1.2 Valores de exposição máximo admissíveis

Os valores de exposição máximos admissíveis são derivados das restrições básicas e são limites a campos externos, campos induzidos e de contato. Estas recomendações não se destinam a evitar a interferência com os dispositivos médicos e outros que podem ser suscetíveis à radiofrequência (RF), para os quais o IEEE determinou outros padrões (LASR, 2010).

A tabela 6 mostra os níveis de referência para exposição ocupacional e exposição para o público em geral da norma IEEE para a faixa de frequência de 3 kHz a 300 GHz, destacando com uma seta a faixa de frequência da telefonia celular, foco deste trabalho.

Tabela 6 – Níveis de referência para faixa de 3 KHz a 300 GHz

Categoria da Exposição	Faixa de Freqüência (MHz)	Campo Elétrico E (V/m)	Campo Magnético H (A/m)	Densidade Potência (W/m ²)	Tempo Médio de exposição (min)
Ocupacional	100 – 300	61,4	0,163	10	6
	300 - 3000	-	-	f/30	6
	3000 - 30000	-	-	100	19,63/ <i>f</i> ^{1,079}
Público Geral	100 – 400	27,5	0,0729	2	30
	400 - 2000	-	-	f/200	30
	2000 - 5000	-	-	10	30
	5000 - 30000	-	-	10	150/f

Fonte: Norma IEEE C95.1-2005.

Em geral, a norma IEEE é menos rigorosa do que as diretrizes da ICNIRP, embora ambas sejam baseadas na mesma evidência científica.

Para faixa de frequência de telefonia celular, observa-se a diferença no tempo médio de exposição do público geral, que é de 6 minutos para ICNIRP e de 30 minutos para IEEE.

2.3.4 Norma ANATEL – BRASIL

No Brasil de acordo com a Lei Geral das Telecomunicações, Lei nº 9.472 de 16 de junho de 1997, art.1º, inciso XII, compete à Agência Nacional de Telecomunicações (ANATEL) a expedição de normas e padrões a serem cumpridos pelas prestadoras de serviços de telecomunicações quanto ao equipamento que utilizam.

Em julho de 1999, a ANATEL decidiu adotar os níveis de referência da ICNIRP. Publicou as “Diretrizes para Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos Variáveis no Tempo na Faixa de Radiofrequências de 9 KHz a 300 GHz” (BRASIL, 1999), como um guia para a avaliação da exposição humana a campos eletromagnéticos de radiofrequência das estações de transmissão de serviços de telecomunicações. Os limites brasileiros de exposição ocupacional e do público em geral são os mesmos da ICNIRP mostrados na tabela 4.

Em julho de 2002, o Brasil iniciou o desenvolvimento de regulamentos para radiações não ionizantes por meio de Resolução nº 303, de 02 de julho de 2002, que aprovou o relatório "Limites de

Exposição a Campos Elétricos, Campos Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Frequência de 9 kHz e 300 GHz" (BRASIL, 2002).

Em 5 de maio de 2009, a Presidência do Brasil publicou a Lei Federal nº 11.934, que "Dispõe Sobre Limites da Exposição Humana a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos", alterando a Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965. Ratifica mais uma vez, os limites publicados pela ICNIRP, 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 (giga-hertz), visando a garantir a proteção da saúde e do meio ambiente (BRASIL, 2009). Esta lei, entre outros, promulga o seguinte:

- Impõe os limites das diretrizes da ICNIRP como o limite brasileiro na faixa de frequência até 300 GHz, incluindo os limites de SAR para as exposições de profissionais e do público em geral.
- O âmbito de aplicação da lei inclui os prestadores de serviços de energia elétrica e prestadores de serviços de telecomunicações que utilizam estações de radiocomunicações transmissoras e fabricantes de telefones celulares.
- Define como área crítica aquelas localizadas num raio de 50 metros de hospitais, clínicas, escolas e creches.
- Estabelece monitoramento de campo eletromagnético para as redes de energia elétrica, redes de telecomunicações e fabricantes de telefones celulares. Para os provedores de telecomunicações, os dados de vigilância devem estar disponíveis online.
- Também estabelece que os resultados do cumprimento às normas devam ser publicados na web.

Em cima destes parâmetros apresentado nas normas, alguns países aplicam o Princípio da Precaução, adotando valores menores, por ainda desconfiar dos resultados das pesquisas científicas, geridas pela OMS.

2.3.5 Princípio da Precaução

É um critério de abordagem de riscos, aplicado em circunstâncias com um alto grau de incerteza científica, refletindo a necessidade de tomar atitudes em face de riscos potencialmente sérios, sem esperar os resultados da pesquisa científica (WHO, 2006).

Alguns países adotam esse princípio em suas normas, tornando-as muito mais restritivas do que as já mencionadas. Como exemplo pode-se citar: Suíça Itália, Rússia, dentre outros.

Tomando como referencia o Brasil, através da Resolução nº 303, de 2 de julho de 2002 (ANATEL), a qual seguiu as diretrizes sugeridas pela ICNIRP (ver tabela 4), após teve os mesmos padrões incorporados na Lei Federal nº 11.934, de 05 de maio de 2009. O seu texto apresenta limites de exposição para população em geral exposta a torre de telefonia celular, para as frequências de 900 MHz e 1800 MHz, com os seguintes níveis de densidade de potência, respectivamente: 4,5 W/m² e 9,0 W/m².

Para a mesma faixa de frequência, o governo Suíço através da “Regulamentação sobre Proteção contra Radiação Não Ionizante”, do Conselho Federal Suíço, do ano de 1999, adota os seguintes valores de densidade de potência: para faixa da frequência em 900 MHz, de 0,042 W/m² e, para a faixa de frequência em 1800 MHz, 0,095W/m² (MOULDER, 2000).

Já a Itália, através do Decreto nº 381, de 10 de setembro de 1998, do Ministério do Meio ambiente, adota o valor de 0,1 W/m² para faixa das emissões de rádio AM e FM, TV e de telefonia celular (aproximadamente de 500 kHz a 2 GHz).

Na mesma linha de restrição, pode-se citar a Rússia, que desde 1959 adotou um valor único de 0,1 W/m² como limite de densidade de potência, para toda faixa de rádio frequência.

De acordo com o exposto, observa-se que esses países adotam níveis de densidade de potência mais restritivos, chegando a ser mais de 100 vezes menores, dos que os recomendados pela OMS, através da ICNIRP, adotados pela ANATEL. Tais decisões ressaltam a desconfiança nos resultados das pesquisas desenvolvidas pela comunidade científica em relação aos efeitos biológicos não térmicos das radiações de RF.

2.4 OS POSSÍVEIS EFEITO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS NOS SERES HUMANOS

2.4.1 Introdução

A grande polêmica sobre o efeito das radiações não ionizantes sobre a saúde humana agravou-se com a proliferação exponencial da telefonia móvel em todo o mundo, nas últimas três décadas. Assim, foram iniciados diversos estudos sobre os possíveis danos a população exposta por longos períodos a estas fontes.

Dentro deste contexto de preocupação está inserida a crescente implantação de ERB's nas cidades, que paralelamente acompanham o crescimento da tecnologia, provendo cobertura do sistema de telefonia para uma determinada área geográfica.

Os estudos tentam prever e responder questões sobre os possíveis efeitos nocivos dessa tecnologia sobre a população, com o objetivo de combatê-los ou estabelecer medidas preventivas que limitem o seu uso. Vários estudos indicam a possibilidade de danos, pela exposição crônica, às pessoas expostas aos campos eletromagnéticos. Outros, afirmam não ser ainda possível avaliar os riscos à saúde humana e ao meio ambiente, em relação aos telefones celulares e às ERB's, pois precisariam de mais tempo de exposição, de dez a vinte anos. E existem também estudos negando a existência dos danos.

2.4.2 Tipos de pesquisas científicas

As pesquisas científicas presentes na literatura podem ser divididas em quatro tipos distintas: com células, com animais, clínicos ou epidemiológicos (COMMUNITY RESEARCH, 2005).

As pesquisas científicas com células são também conhecidas como *in vitro* por utilizarem células isoladas e são realizadas em laboratório com o objetivo de obter um melhor entendimento dos mecanismos biológicos.

As pesquisas científicas com animais são também conhecidas como *in vivo* por serem realizadas com animais ainda vivos, normalmente ratos e camundongos. Estas são também realizadas em laboratório e em condições bem controladas.

As pesquisas científicas clínicas são realizadas com voluntários que ficam expostos a campos em níveis acima do normal para observar possíveis alterações fisiológicas que são monitoradas por uma equipe especializada.

Por fim, as pesquisas científicas epidemiológicas consistem da observação e comparação de grupos de pessoas que já estiveram ou estão expostos a campos com grupos que não foram expostos. Os grupos que de alguma forma já estiveram expostos vivem em ambientes não controlados e, portanto, as condições do ambiente e de exposição não podem ser previstas.

Entre essas formas de pesquisas, as epidemiológicas são as mais complicadas de serem analisadas, por não permitirem verificar instrumentalmente os resultados. Por este motivo, muitos dos critérios de análise utilizados são estatísticos.

Os estudos apresentados a seguir abrangem as quatro formas de pesquisas supracitadas, escolhendo a que melhor se adéqua ao objetivo do experimento e as condições disponíveis no desenvolvimento do projeto.

2.4.2.1 Estudos com foco carcinogênico

A OMS através da IARC (*International Agency for Research on Cancer*) dirige as pesquisas relacionadas ao câncer.

Existem vários estudos que analisam a possibilidade da radiação eletromagnética desenvolver ou acelerar o aparecimento de tumores cancerígenos. Esta preocupação teve origem em pesquisas que associaram a exposição a campos eletromagnéticos com o aumento de risco de câncer (NIEHS, 2002).

Um dos resultados obtidos no estudo de câncer está presente em um relatório do Conselho Nacional de Proteção Radiológica (NRPB, 2001) do Reino Unido, que diz ter encontrado alguma evidência de que a exposição a campos eletromagnéticos acima de 0,4 μ T (microtesla) estariam associados a um aumento (quase o dobro) no risco de leucemia infantil. O estudo não encontrou nenhuma evidência relacionada ao risco em adultos e o relatório foi cuidadoso ao explicar que não foi encontrada nenhuma evidência causal, aconselhando que mais estudos fossem realizados.

O “*National Cancer Institute* – NCI: Instituto Nacional de Câncer” e o “*Children’s Oncology Group* – COG: Grupo de Oncologia de Crianças”, ambos do Reino Unido, avaliaram a incidência de câncer em crianças, focando em leucemia e tumores cerebrais que são mais comuns, devido à exposição a campos eletromagnéticos em suas residências. Os resultados obtidos indicaram que mesmo as crianças que residiam próximas a fortes campos magnéticos não apresentavam riscos superiores às demais crianças (DEPARTMENT OF COMMUNICATIONS, MARINE AND NATURAL RESOURCES, 2005).

Um estudo australiano verificou uma aceleração no desenvolvimento de tumores em cobaias modificadas geneticamente para terem predisposição ao câncer. Esse efeito só foi observado em cobaias expostas à RF durante toda a sua vida. Porém, estudos posteriores realizados no mesmo local e utilizando mais animais não conseguiu reproduzir o resultado. Além disso, a generalização para a saúde humana a partir do resultado obtido com as cobaias não é clara (COMMUNITY RESEARCH, 2005).

Em 2002, a IARC concluiu que os campos magnéticos não estão relacionados a qualquer tipo de câncer exceto a leucemia. A exceção feita é decorrente do estudo citado anteriormente que ainda não pôde ser reproduzido. Essa indefinição sobre causar leucemia infantil, fez a IARC classificar os campos eletromagnéticos como “possivelmente carcinogênicos a humanos” (IARC, 2011). Os pesquisadores concluíram não haver efeitos dos campos magnéticos que não estejam relacionados ao câncer.

Em maio de 2011, IARC publicou uma revisão das evidências que relacionam campos eletromagnéticos e câncer. Nessa revisão, a agência concluiu que haviam evidências limitadas de que usuário de telefones celulares podem apresentar um risco elevado de glioma e neuroma acústico e que não haviam provas adequadas de quaisquer outros riscos à saúde humana (IARC, 2011). Ainda nesta revisão, como decorrência da evidência relacionada ao neuroglioma, a IARC classificou os celulares como “possivelmente cancerígenos”.

2.4.2.2 Estudos com foco nas alterações genéticas

O Projeto REFLEX, dirigido por pesquisadores europeus, no período de 2003 a 2005, estudou as possíveis alterações gênicas causadas pela exposição direta ou indireta a campos eletromagnéticos. Porém, os resultados ainda não foram disponibilizados ao público, impossibilitando a interpretar os dados coletados.

Em 2003, em um dos estudos deste projeto (IVANCSITS; DIEM; JAHN; RUDIGER, 2003), foram encontradas fortes evidências de alterações no DNA de células humanas e de ratos expostas a campos eletromagnéticos com intensidades consideradas seguras pelos principais órgãos reguladores.

No ano de 2005 (DIEM; SCHWARZ; ADLKOEFER; JAHN; RUDIGER, 2005), pesquisadores encontraram que essas células apresentavam indicativos de aberrações cromossômicas e divisão celular acelerada, o que poderia representar um início de câncer em um ser

vivo. Ainda no ano de 2005, foram realizados outros estudos na tentativa de reproduzir resultados anteriores, porém os pesquisadores não obtiveram êxito (SCARFI; SANNINO; PERROTTA; SARTI; MESIRCA; BERSANI, 2005).

Até os dias de hoje, a influência da radiação eletromagnética sobre o DNA é considerada provável, porém incerta. Existem especulações de que a exposição poderia inibir a atividade celular de reparação a danos normais de DNA e que isso afetaria indiretamente a sua estrutura. Porém, nenhum estudo conseguiu obter esse resultado.

2.4.2.3 Estudos com foco em desenvolvimento de tumores cerebrais

O Projeto INTERPHONE foca em pesquisas que buscam descobrir se existe alguma relação entre telefones celulares e o surgimento ou desenvolvimento de tumores cerebrais. É o maior projeto epidemiológico já realizado, envolvendo estudos de grupos localizados em 13 países (nove da União Europeia, Alemanha, Dinamarca, Finlândia, França, Israel, Itália, Noruega, Suécia e Reino Unido, mais Austrália, Canadá, Japão e Nova Zelândia) e coordenado pela IARC.

Os resultados do projeto foram publicados recentemente e os pesquisadores não encontraram uma sólida ligação entre tumores cerebrais e telefones celulares (IARC, 2011).

Houve resultados diferentes, entre os grupos de pesquisa envolvidos no projeto, destacando o grupo sueco e o canadense.

Os pesquisadores suecos analisaram neuromas acústicos, glicomas, meningiomas e câncer da glândula parótida. Quanto aos neuromas acústicos, concluiu-se que são tumores que se desenvolvem lentamente, e que o tempo da pesquisa foi insuficiente para observar se há desenvolvimento dos mesmos com o uso de aparelhos celulares. Já os glicomas e meningiomas relatou-se que existe um aumento considerável de riscos no surgimento destes tumores após o uso de celulares em longo prazo, porém necessita-se de uma investigação mais aprofundada. Por último, as glândulas parótidas localizadas em ambas as faces sobre a mandíbula em frente às orelhas, onde o telefone celular é mantido durante a conversação, relatou-se que não houve aumento de risco observado de surgimento de tumores nas glândulas.

O grupo de pesquisadores canadenses, da Universidade de Queens, descobriu que, embora o uso do telefone celular parecer aumentar o nível de testosterona circulando no organismo, pode também acarretar uma baixa qualidade do esperma e a diminuição na fertilidade através da redução dos níveis do hormônio luteinizante excretado pela

glândula pituitária (ARCHIBALD, 2011).

Apesar da grandiosidade e rigorosidade das pesquisas resultante do Projeto INTERPHONE, os cientistas não se convenceram da existência de alguma evidência associada entre o desenvolvimento de câncer e o uso de aparelhos celulares. Caso exista algum efeito dos telefones celulares sobre o risco de tumores, este efeito deve ser extremamente pequeno para não ser identificado em um estudo dessa magnitude.

Embora haja alguma incerteza, a tendência do acúmulo de evidências é cada vez mais contra a hipótese de que o uso do telefone celular pode causar tumores cerebrais em adultos (IARC, 2011).

2.4.2.4 Estudos com foco na hipersensibilidade eletromagnética

A hipersensibilidade eletromagnética (HE) é o termo empregado para pessoas que apresentam diversos sintomas quando estão expostas a campos eletromagnéticos.

As manifestações dos sintomas são diversas e variam muito de uma pessoa para outra, podendo muitas vezes ser confundidos com sintomas típicos de estresse e problemas de pele como: visão distorcida, dor de cabeça, dificuldade de concentração, perda de memória, enjoos e palpitações (SAGE, 2008). Essa pluralidade de sintoma desvirtua o reconhecimento da HE como uma doença ou incapacitação.

A OMS não reconhece a HE como doença, apenas afirma que os sintomas são reais e apresentam uma elevada variação em sua severidade, recomendando tratamento psicológico. Apenas a Suécia que a reconhece como doença e seus portadores recebem ajuda e proteção do governo.

Estudos mostram que pessoas que se intitulam hipersensível não são melhores detectoras de campos eletromagnéticos do que as pessoas não hipersensíveis. Mostram também, que alguns sintomas aparecem e outros se agravam, quando elas têm conhecimento que estão sob radiação eletromagnética, corroborando com a teoria de que existe um fator psicológico ligado aos sintomas (FLEISHMAN, 2007).

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado nas cidades de Belo Horizonte, Pouso Alegre, Itabirito, Ribeirão das Neves e Cláudio, todas dentro do Estado de Minas Gerais, conforme apresenta a tabela 7.

A escolha destas cidades se deve ao fato de apresentarem significativa concentração demográfica e por serem destaques como polos político-econômicos estratégicos do Estado de Minas Gerais.

Logo, com essas características supracitadas, estas cidades são alvos das operadoras de telefonia, que de maneira contínua necessitam ampliar suas redes de telefonia celular, compartilhando ou implantando novas ERB's, para atender a crescente demanda motivada pela disponibilidade dos novos serviços atrelados a evolução tecnológica do sistema.

Na avaliação quantitativa, foram escolhidos os pontos situados nos locais mais críticos, sobre a influência do maior número de antenas.

Em uma mesma ERB pode haver equipamentos de uma única operadora, como também pode ocorrer o compartilhamento entre várias operadoras. Neste estudo foram encontradas três situações distintas: site de uma única operadora, site compartilha com duas e até três operadoras. Estas serão identificadas pelas letras A, B e C.

Tabela 7 – Localização das ERB's escolhidas

Cidade de Belo Horizonte - MG – Data: 29/06/2015				
Bairro	Logradouro	Coord. Geográficas		Operadoras
		Latitude(s)	Longitude(w)	
Serra do Curral	Serra do Curral	19°57'19"S	43°56'15"W	A, B, C
São Francisco	Rua Caldas da Rainha, nº 1825	19°52'47"S	43°57'34"W	A
Camargo	Rua Maria José nº 567	19°56'18"S	44°01'29,8"W	C
Cidade de Pouso Alegre - MG – Data: 29/06/2015				
Fátima III	Rua Ofélia Amaral a Silva, nº 90	22°13'1,7"S	45°54'56,0"W	A

Cidade de Itabirito - MG – Data: 24/08/2015				
Residencial Vila da Serra	Alameda Alvarenga Peixoto S/N	20°14'41,5" S	43°47'19,7"W	B
Cidade de Ribeirão das Neves - MG – Data: 25/08/2015				
Girassol	Rua Jatobá, n° 110	19,77643° S	44,01948° W	C
Cidade de Cláudio –MG – Data: 30/08/2015				
Centro	Rua Itapecerica	20°26'31,5"	44°45'51,7"	B

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.2 COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados em campo foram observadas as diretrizes da Resolução nº 303/2002 - ANATEL, IEEE/1992 e IEEE/1999.

Confrontou-se o limite de exposição dos valores obtidos, verificando se os mesmo estavam em conformidade com as normas estabelecidas pelas organizações governamentais e não governamentais, visando garantir a segurança do público em geral.

O monitoramento foi executado no entorno das ERB's referenciadas, adotando um raio médio de 150 metros a partir da torre na direção de maior ganho da antena.

Nas medições foi considerada a região de Campos distantes, que é a região do espaço onde os campos elétrico e magnético possuem características aproximadamente de onda plana e as componentes de campo elétrico e campo magnético são perpendiculares entre si e ambas são transversais à direção de propagação (BRASIL, 2002). Devido a estas características basta obter o campo elétrico ou campo magnético.

A densidade de potência é obtida a partir da intensidade de um dos campos, obedecendo ao período de tempo de 06 (seis) minutos como média temporal na realização das medidas em cada ponto escolhido (BRASIL, 2002).

Ressalta-se que o estudo tem como foco o ambiente populacional, portanto não será realizada avaliação quantitativa dos campos eletromagnéticos na região de campos próximos, visto que esses campos estão presentes apenas no ambiente ocupacional.

3.2.1 Equipamentos Empregados

Para as medições do campo elétrico, foram empregados os seguintes instrumentos:

- Medidor digital de densidade de Campo, tipo *Broad-Band* de fabricação *Holaday* – USA.
- Sensor Isotrópico (*Probe*) de fabricação *Holaday* - USA.

3.2.1.1 Característica dos instrumentos

As medições foram efetuadas com o Medidor digital retro-mencionado com sensor (*probe*) isotrópico para a faixa de 100kHz a 5,0GHz, modelo HI 2200 de fabricação *Holaday* – USA, devidamente calibrado e certificado.

Este instrumento portátil possui uma gama de medições que se estende de 0,1 V/m até 600 V/m. As medições podem ser apresentadas no *display* digital diretamente em V/m, mW/cm² ou W/m².

O medidor de densidade de campo de faixa larga com sonda isotrópica é o instrumento projetado especificamente para aferir se a totalidade da energia eletromagnética presente no ambiente está dentro dos limites de exposição estabelecidos pelas normas aplicáveis.

O sensor de campo elétrico do monitor isotrópico é composto de três dipolos ortogonais, calibrados de modo a apresentarem, em conjunto com o dispositivo indicador, o valor RMS da intensidade de campo correspondente à densidade de potência total dos campos eletromagnéticos incidentes no local da medição. É capaz ainda de fornecer a média dos valores eficazes de energia captados no intervalo padronizado de 06 (seis) minutos, memorizando o valor máximo e a média.

3.2.2 Procedimentos adotados durante a medição

Nos procedimentos adotados durante a medição, foram consideradas as recomendações da Resolução nº 303/02 da ANATEL, que aprova o “Regulamento sobre Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na Faixa de Radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz”, que tem como base as diretrizes da ICNIRP.

Foram adotados os seguintes procedimentos:

- Respeitar todas as recomendações do fabricante do equipamento de medição quanto aos ajustes e operações;
- Período médio de tempo fixo de 06 (seis) minutos, adotado como média temporal;

- As medições foram realizadas, no horário comercial;
- Na varredura deslocou-se com o aparelho a uma distância aproximada de 02 (dois) metros do solo, esticando-se o braço, visando evitar o efeito do corpo do operador sobre o resultado do valor da medição;
- Buscando detalhar a distribuição espacial do campo, as avaliações de intensidade de campo foram feitas em várias alturas acima do solo;
- Foi evitado fazer medições próximas às superfícies metálicas, para não ocorrer acoplamentos capacitivos e mudança da impedância do sensor;
 - As medições foram realizadas em locais de fácil acesso e, quando possível, dentro das residências dos moradores, conforme as distâncias das ERB's, constante nas tabelas do próximo tópico.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

De acordo com Gil (2007), a pesquisa descritiva tem como objetivo principal o estabelecimento de relações entre variáveis.

Já Collis e Hussey (2005), afirmam que a pesquisa descritiva busca descrever o comportamento dos objetos de estudo, de forma a identificar e obter o máximo de informações a respeito das características e natureza de um problema ou questão, sem, no entanto, manipulá-lo.

Pelo exposto, o presente estudo avalia quantitativamente os níveis de radiações não ionizantes na faixa de frequência da telefonia celular, emitidas pelas Estações Rádio Base. Apresenta tabelas com as intensidades dessas radiações e compara com os parâmetros normativos vigentes.

Ainda Gil (2007), a pesquisa explicativa com objetivo identificar os fatores que determinam ou que contribuem para ocorrência dos fenômenos por meio de análise e argumentação sobre as fontes que provocam à ocorrência do problema em questão.

Neste contexto, este trabalho apresenta os atuais estudos desenvolvidos pelos organismos de controle e pesquisa sobre a exposição humana à radiações não ionizantes. Confronta os índices recomendados, por esses órgãos, com os valores medidos, e estabelece sua a conformidade com os mesmos.

4 RESULTADOS

Este capítulo fará referência aos locais das estações rádio base de telefonia celular, onde foram realizadas as medidas dos níveis de radiações dos campos eletromagnéticos e também os resultados destas avaliações comparando-as como os limites da ANATEL e Leis Municipais mais restritivas, impostas por alguns municípios.

4.1 CIDADE DE BELO HORIZONTE-MG

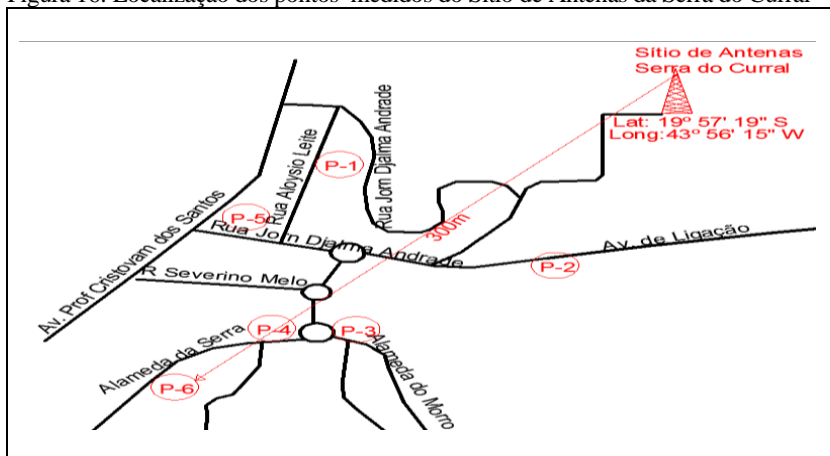
As medidas dos níveis de radiação eletromagnéticas de RF foram realizadas nos seguintes locais:

4.1.1 Serra do Curral

Representa o principal sítio de antenas da cidade de Belo Horizonte - MG, conseqüentemente, foi onde se obteve os maiores níveis de potência desde estudo. No local encontram-se presentes as operadoras A, B e C, conforme apresentado na tabela 8 e na figura 17, a seguir.

A figura 16 mostra a localização dos pontos onde foram medidos, *in loco*, os níveis do campo eletromagnético na faixa de frequência 1775 MHz a 2100 MHz, a uma distância máxima de 300m do sítio de antenas da serra do curral, da cidade de Belo Horizonte - MG.

Figura 16: Localização dos pontos medidos do Sitio de Antenas da Serra do Curral



Fonte: Elaborada pelo autor.

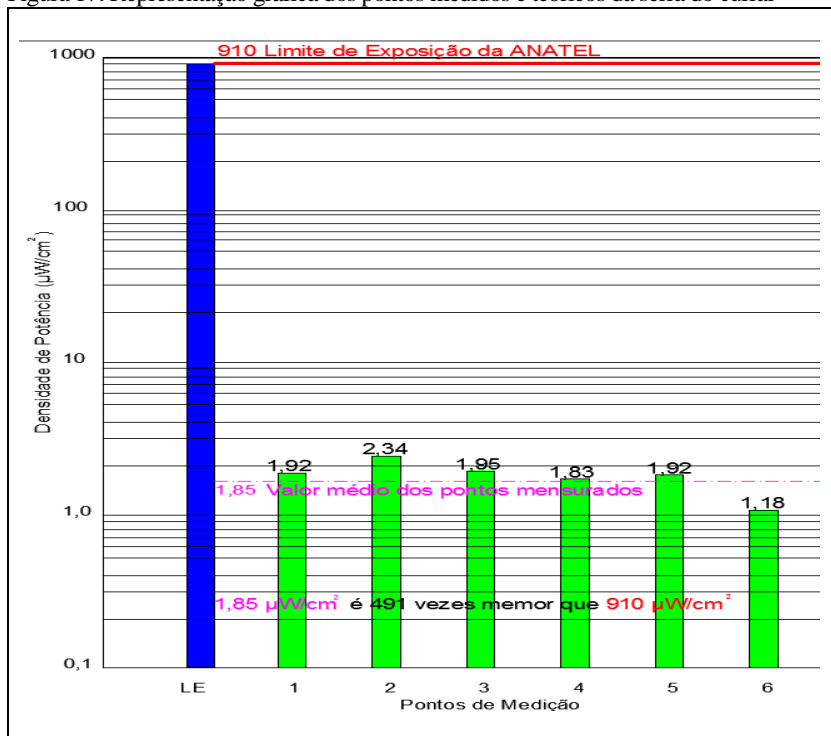
Tabela 8: Dados das medições da ERB – Serra do Curral

Bairro	Logradouro	Coord. Geográficas		Data	
		Latitude(s)	Longitude(w)		
Serra do Curral	Serra do Curral	19°57'19"S	43°56'15"W	29/06/15	

Densidade de Potência ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)					
Operadoras do site: A, B e C					
Pontos	Distâncias	Valor Médio Medido	Limite Exposição ANATEL/ICNIRP	Conformidade	
				Sim	Não
1	250	1,92	910	x	
2	250	2,34		x	
3	275	1,95		x	
4	280	1,83		x	
5	200	1,92		x	
6	300	1,18		x	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 17: Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da serra do curral



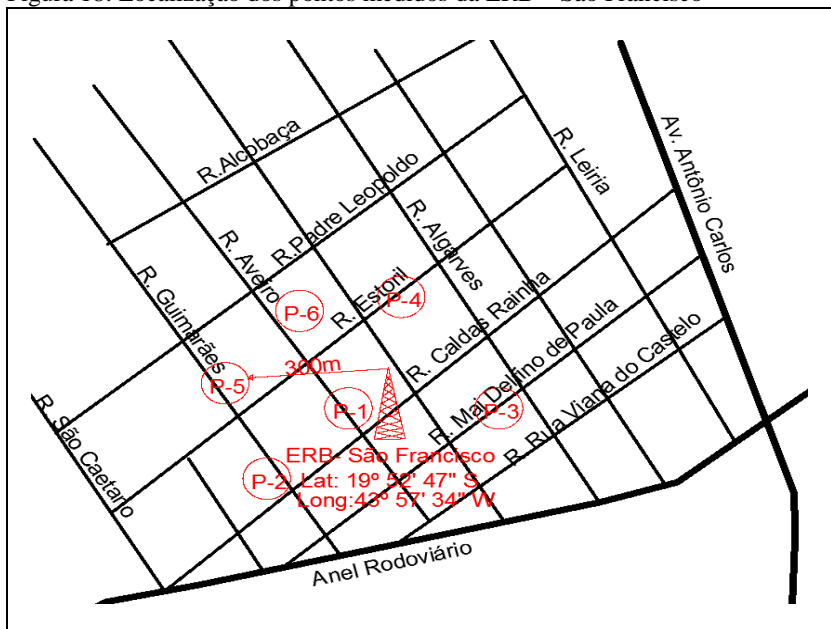
Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota-se que, mesmo sendo no local de maior concentração de antenas da cidade de Belo Horizonte, ainda assim os níveis de potência estão muito abaixo do limite recomendado pela ANATEL, ficando em média 491 vezes abaixo do limite da norma, conforme a figura 17. Portanto, todos estão em conformidade.

4.1.2 São Francisco

A ERB situada no bairro São Francisco foi o segundo local medido, na cidade de Belo Horizonte. A figura 18 mostra a localização dos pontos onde foram realizadas as avaliações quantitativas dos níveis do campo eletromagnético na faixa de frequência 1775 MHz a 2100 MHz, gerados pela operadora A, sobre a população em geral.

Figura 18: Localização dos pontos medidos da ERB – São Francisco



Fonte: Elaborada pelo autor.

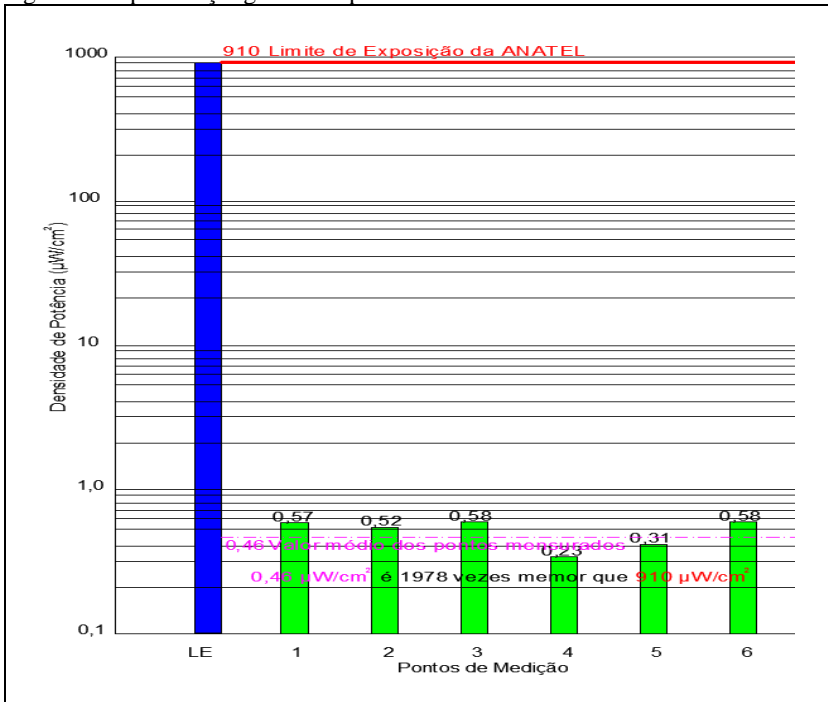
Tabela 9 – Dados das medições da ERB – São Francisco

Bairro	Logradouro	Coord. Geográficas		Data
		Latitude(s)	Longitude(w)	
São Francisco	Rua Caldas da Rainha, n° 1825	19°52'47"S	43°57'34"W	29/06/15

Densidade de Potência ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)					
Operadoras do site: A					
Pontos	Distâncias	Valor Médio Medido	Limite Exposição ANATEL/ICNIRP	Conformidade	
				Sim	Não
1	20	0,57	910	x	
2	230	0,52		x	
3	300	0,58		x	
4	280	0,23		x	
5	300	0,31		x	
6	250	0,58		x	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 19: Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB - São Francisco



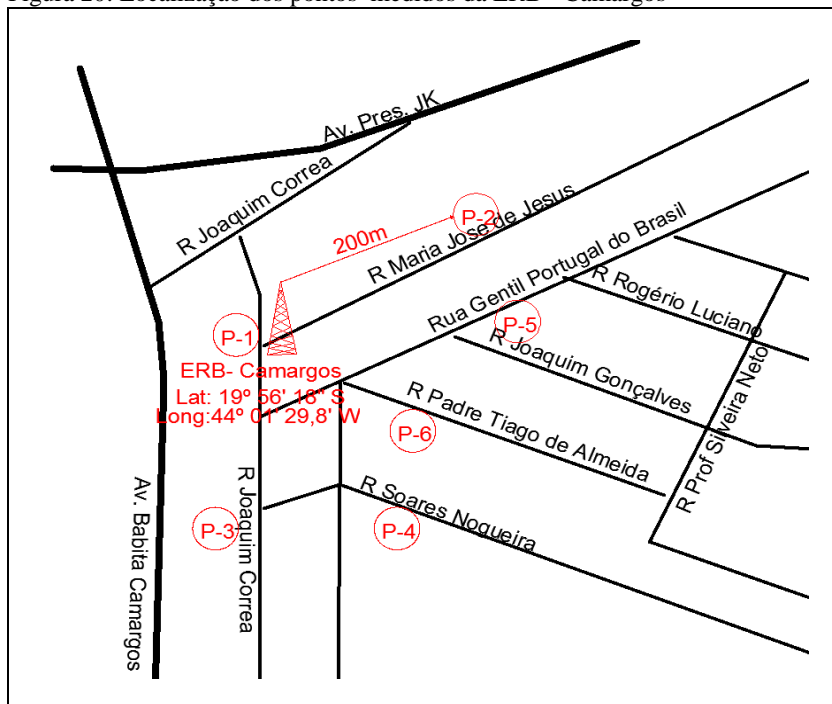
Fonte: Elaborada pelo autor.

Do exposto, verifica-se que as medições no entorno da ERB – São Francisco (num raio máximo de 300m) apresentaram todos os níveis de potência com amplitudes muito aquém dos limites recomendo pela ANATEL, resultando em média valores 1978 vezes menor que o limite expresso na norma, conforme consta na tabela 9 e representados na figura 19. Logo, todos os pontos estão em conformidade.

4.1.3 Camargos

O terceiro local medido foi a ERB do bairro Camargos. A figura 20 mostra a localização dos pontos onde foram medidos, *in loco*, os níveis do campo eletromagnético na faixa de frequência 1775 MHz a 2100 MHz, emitidos pela operadora C, sobre a população em geral.

Figura 20: Localização dos pontos medidos da ERB - Camargos



Fonte: Elaborada pelo autor.

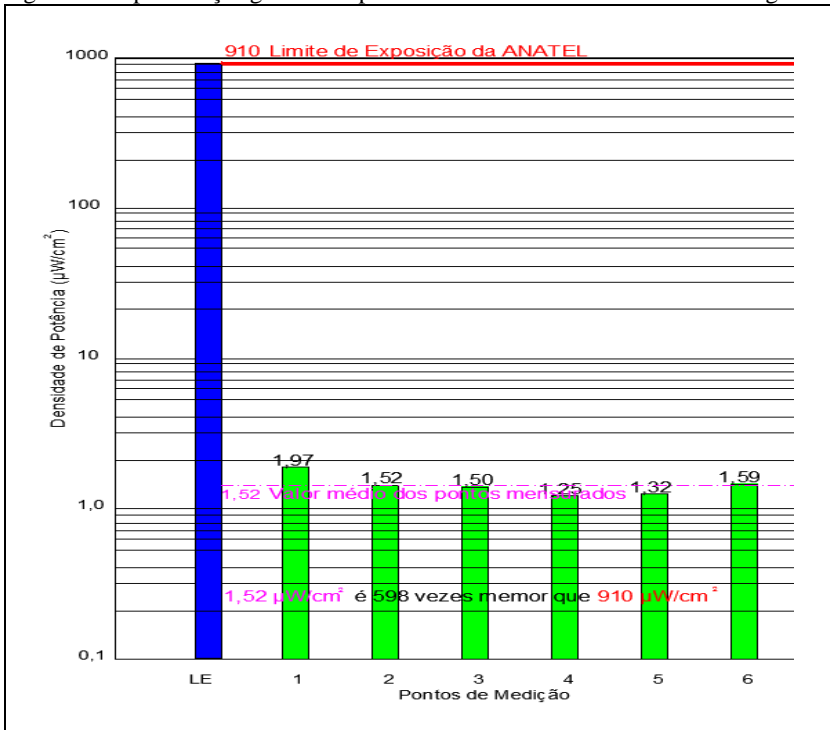
Tabela 10 – Dados das medições da ERB – Camargos

Bairro	Logradouro	Coord. Geográficas		Data
		Latitude(s)	Longitude(w)	
Camargo	Rua Maria José n° 567	19°56'18"S	44°01'29,8"W	29/06/15

Densidade de Potência ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)					
Operadoras do site: C					
Pontos	Distâncias	Valor Médio Medido	Limite Exposição ANATEL/ICNIRP	Conformidade	
				Sim	Não
1	20	1,97	910	x	
2	200	1,52		x	
3	200	1,50		x	
4	150	1,25		x	
5	200	1,32		x	
6	200	1,59		x	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 21: Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB - Camargo



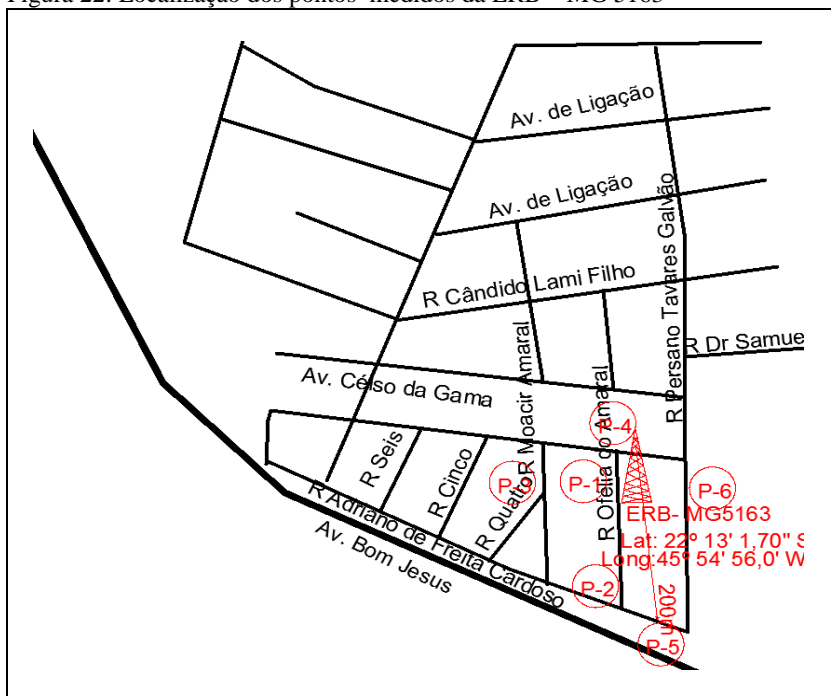
Fonte: Elaborada pelo autor.

Observa-se na tabela 10 que, 200m foi o raio máximo de distância entre a ERB e os pontos medidos no seu entorno. Ainda, a tabela mostra que a população inserida neste perímetro está exposta a campos eletromagnéticos com níveis de potência baixo, chegando a média de 598 vezes menor que o limite previsto pela a ANATEL, conforme está representado figura 21. Portanto, todos estão em conformidade.

4.2 CIDADE DE POUSO ALEGRE-MG

A quarta avaliação foi realizada na cidade de Pouso Alegre, situada no sul do estado de Minas Gerais. A figura 22 mostra a localização dos pontos onde foram medidos, *in loco*, os níveis do campo eletromagnético na faixa de frequência 1775 MHz a 2100 MHz, emitidos pela operadora A, sobre a população em geral, na ERB MG 5163, no bairro Fátima III.

Figura 22: Localização dos pontos medidos da ERB – MG 5163



Fonte: Elaborada pelo autor.

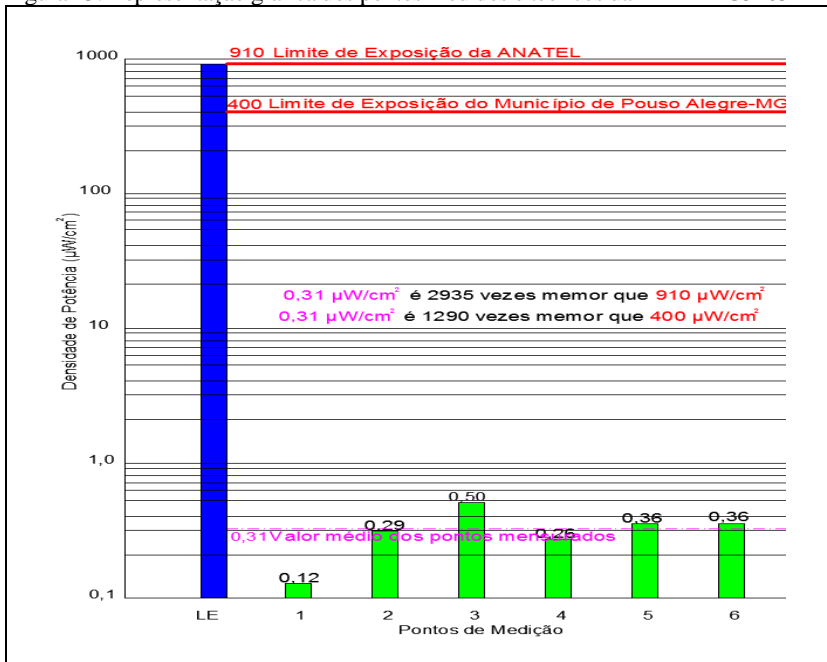
Tabela 11 – Dados das medições da ERB - MG 5163

Bairro	Logradouro	Coord. Geográficas		Data
		Latitude(s)	Longitude(w)	
Fátima III	Rua Ofélia Amaral a Silva, nº 90	22°13'1,70"	45°54'56,0"	09/07/15

Densidade de Potência ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)						
Operadoras do site: A						
Pontos	Distâncias	Valor Médio Medido	Limite Exposição Lei Munc. 3912/01	Limite Exposição ANATEL/ ICNIRP	Conformidade	
					Sim	Não
1	20	0,12	400	910	X	
2	120	0,29			X	
3	100	0,50			X	
4	120	0,26			X	
5	200	0,36			X	
6	100	0,36			X	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 23: Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB - MG5163



Fonte: Elaborada pelo autor.

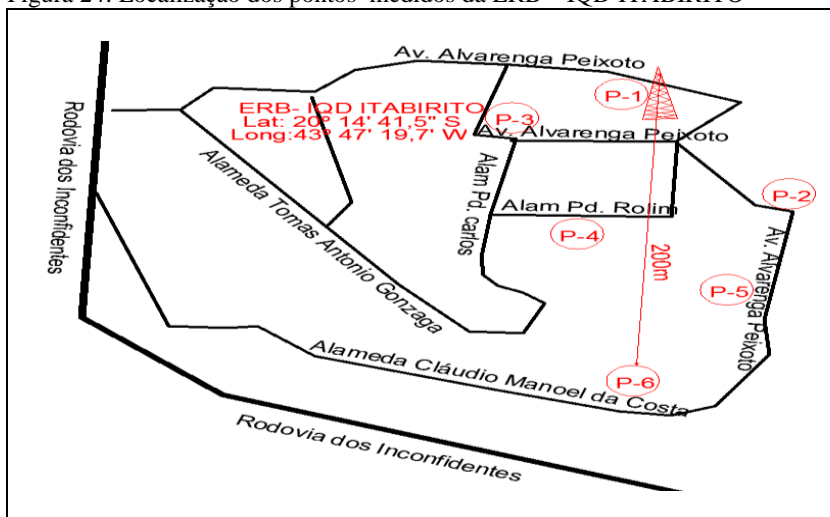
Como se pode observar, tanto na tabela 11, quanto na figura 23, que a cidade de Pouso Alegre-MG, mantém em vigor a Lei Municipal nº 3912, em 30 de maio de 2001, com valores mais restritivos que os limites de exposição posteriormente aprovados na Resolução nº 303/02 da ANATEL

A tabela 11 mostra também que as avaliações quantitativas foram realizadas num raio máximo de 200m da ERB aos pontos no seu entorno. Observa-se que os níveis de potência estão muito abaixo, chegando a apresentar em média 1290 vezes menor que os níveis mais restritivos impostos pela Lei Municipal 3912/01. Já, em relação à Resolução nº 303/02 da ANATEL os níveis de potência estão em média 2935 vezes menores que os previstos na referida norma, conforme mostra a representação gráfica da figura 23. Portanto, todos estão em conformidade.

4.3 CIDADE DE ITABIRITO-MG

O quinto local avaliado foi a ERB – IQD ITABIRITO, situada no condomínio residencial Vila da Serra, na cidade de Itabirito - MG. A figura 24 mostra a localização dos pontos, onde foram medidos, os níveis de potência do campo eletromagnético, na faixa de frequência 1775 MHz a 2100 MHz, gerados pela operadora B.

Figura 24: Localização dos pontos medidos da ERB – IQD ITABIRITO



Fonte: Elaborada pelo autor.

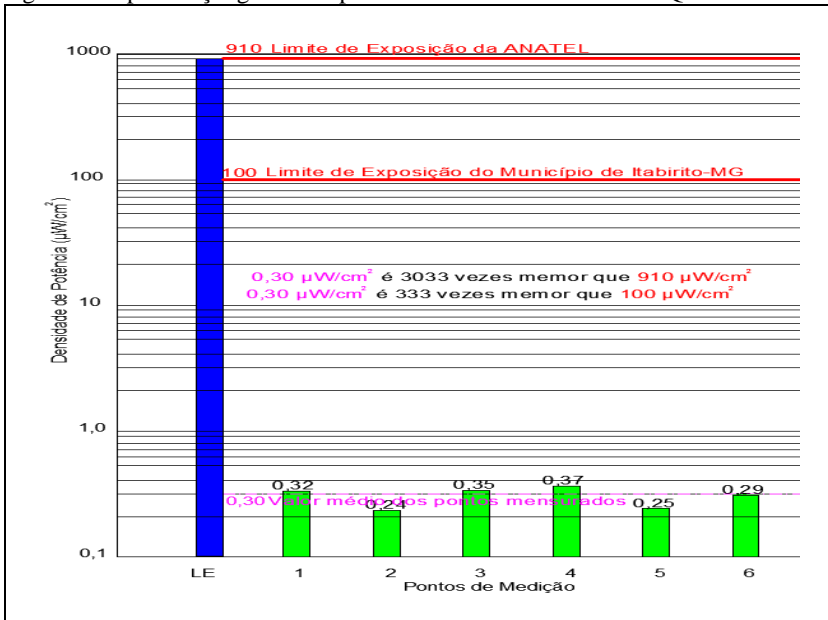
Tabela 12 – Dados das medições da ERB - IQD ITABIRITO

Bairro	Logradouro	Coord. Geográficas		Data
		Latitude(s)	Longitude(w)	
Residencial vila da Serra	Alameda Alvarenga Peixoto S/N	20°14'41,5''S	43°47'19,7''W	24/08/15

Densidade de Potência ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)						
Operadoras do site: B						
Pontos	Distâncias	Valor Médio Medido	Limite Exposição Lei Munc. 2348/04	Limite Exposição ANATEL/ ICNIRP	Conformidade	
					Sim	Não
1	20	0,32	100	910	X	
2	110	0,24			X	
3	80	0,35			X	
4	120	0,37			X	
5	160	0,25			X	
6	200	0,29			X	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 25: Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB - IQD ITABIRITO



Fonte: Elaborada pelo autor.

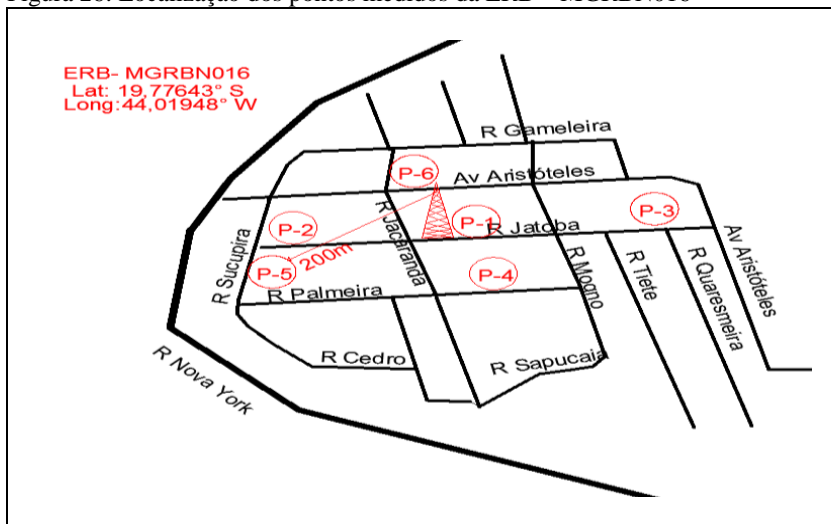
Assim como a cidade de Pouso Alegre, a cidade de Itabirito, também aprovou uma Lei Municipal nº 2348/04, apresentando níveis de potência mais restritivos, do que os limites de exposição presentes na Resolução nº 303/02 da ANATEL.

Conforme os valores constantes na tabela 12, os pontos foram avaliados num raio máximo de 200m da ERB aos pontos em seu entorno. Pode-se observar que os níveis de potência dos sinais emitidos pela ERB, chegam a ser em média 333 vezes menores que os níveis mais restritivos, previsto na Lei Municipal nº 2348/04. Comparando com os níveis previstos na Resolução nº 303/02 da ANATEL, os níveis encontrados apresentam valores relativos 3033 menores do que os limites previstos na norma, conforme pode ser observado na figura 25. Logo, os níveis de potência dos sinais são muito baixos, e assim, todos em conformidade.

4.4 CIDADE DE RIBEIRÃO DAS NEVES – MG

A ERB – MGRBN016, situada na cidade de Ribeirão das Neves foi o sexto local avaliado. A figura 26 mostra a localização dos pontos onde foram medidos, os níveis do campo eletromagnético na faixa de frequência do sistema de telefonia celular, emitido pela operadora C, em que a população geral fica exposta no seu entorno.

Figura 26: Localização dos pontos medidos da ERB – MGRBN016



Fonte: Elaborada pelo autor.

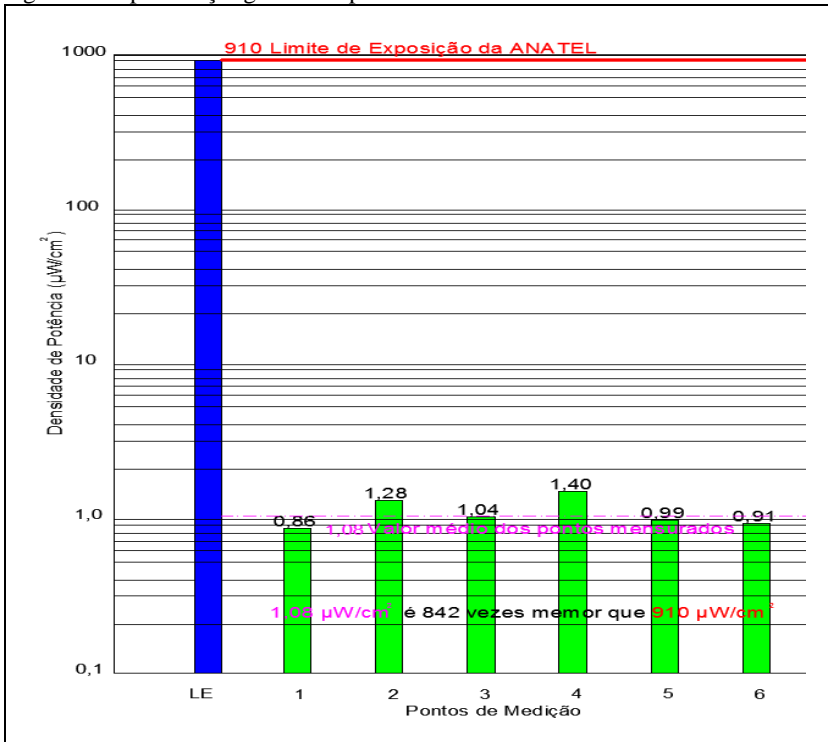
Tabela 13 – Dados das medições da ERB – MGRBN016

Bairro	Logradouro	Coord. Geográficas		Data
		Latitude(s)	Longitude(w)	
Girassol	Rua Jatobá, nº 110	19,77643° S	44,01948° W	22/08/15

Densidade de Potência ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)					
Operadoras do site: C					
Pontos	Distâncias	Valor Médio Medido	Limite Exposição ANATEL/ICNIRP	Conformidade	
				Sim	Não
1	20	0,86	910	X	
2	120	1,28		X	
3	200	1,04		X	
4	100	1,40		X	
5	200	0,99		X	
6	100	1,13		X	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 27: Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB - MGRBN016



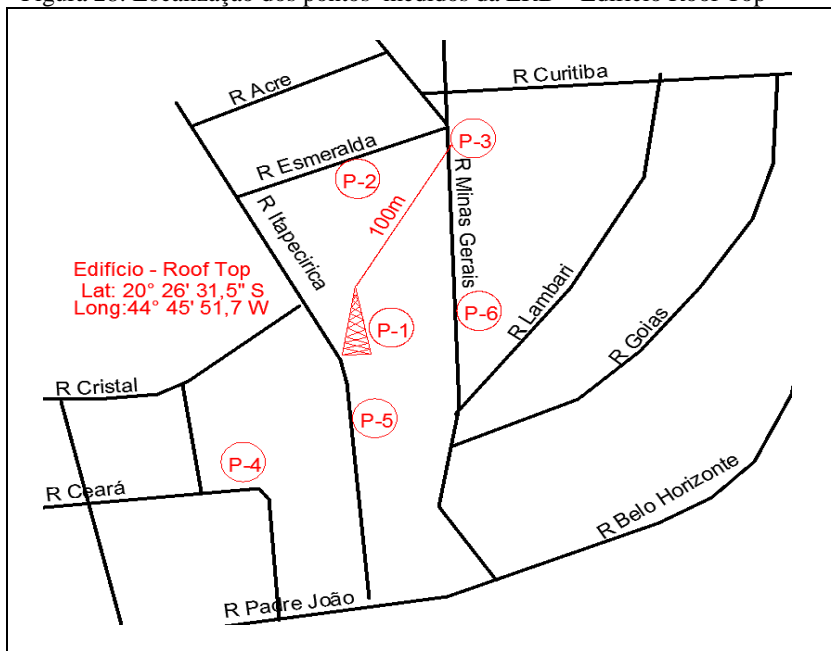
Fonte: Elaborada pelo autor.

Nota-se que foi adotado um raio de 200m da ERB aos pontos em seu entorno, conforme mostra a tabela 13. Observa-se ainda que a população inserida neste perímetro esta exposta a campos eletromagnéticos com níveis de potência baixo, apresentando em média 842 vezes menor que o limite previsto pela a ANATEL, conforme é representado na figura 27. Portanto, todos os pontos estão em conformidade.

4.5 CIDADE DE CLÁUDIO – MG

O último local selecionado para ser avaliado foi uma ERB situada em cima de um edifício (Roof Top), situada no centro da cidade de Cláudio – MG. A figura 28 mostra a localização dos pontos onde foram medidos, *in loco*, os níveis do campo eletromagnético na faixa de frequência 1775 MHz a 2100 MHz, emitidos pela operadora B, sobre a população em geral, exposta no entorno da ERB.

Figura 28: Localização dos pontos medidos da ERB – Edifício Roof Top



Fonte: Elaborada pelo autor.

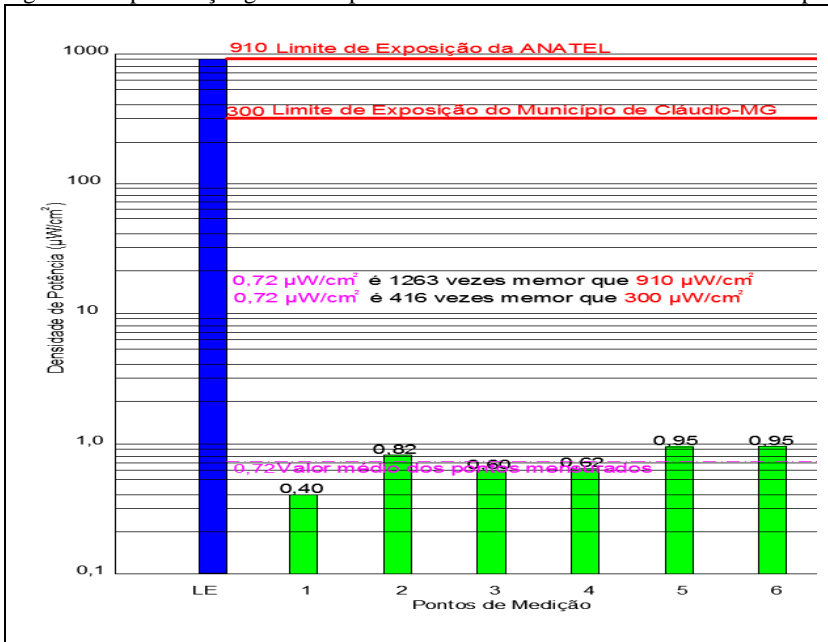
Tabela 14 – Dados das medições da ERB – Edifício Roof Top

Bairro	Logradouro	Coord. Geográficas		Data
		Latitude(s)	Longitude(w)	
Centro	Rua Itapeperica	20°26'31,5''	44°45'51,7''	30/08/15

Densidade de Potência ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)						
Operadoras do site: B						
Pontos	Distâncias	Valor Médio Medido	Limite Exposição Lei Municipal 1190/08	Limite Exposição ANATEL/ ICNIRP	Conformidade	
					Sim	Não
1	20	0,40	300	910	X	
2	80	0,82			X	
3	100	0,60			X	
4	100	0,62			X	
5	70	0,95			X	
6	60	0,95			X	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 29: Representação gráfica dos pontos medidos e teóricos da ERB – Ed. Roof Top



Fonte: Elaborada pelo autor.

Como se observa na tabela 14, a cidade de Cláudio-MG, também aprovou uma Lei Municipal n° 2348/04, apresentando níveis de potência mais restritivos, do que os limites presentes na Resolução n° 303/02 da ANATEL.

Conforme os valores constantes na tabela 14, os pontos foram avaliados num raio máximo de 100m da ERB aos pontos em seu entorno. Pode-se observar também que os níveis de potência dos sinais emitidos pela ERB, chegam a apresentar valores relativos 416 vezes menores que os níveis mais restritivos, previsto na Lei Municipal n° 1190/0. Comparando com os níveis previstos na Resolução n° 303/02 da ANATEL, os níveis encontrados apresentam níveis 1263 menores do que os limites previstos na norma, conforme representação na figura 29. Logo, os níveis de potência dos sinais estão muito baixos dos referenciados nas normas, apresentando-se todos em conformidade.

5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES

Do exposto, no capítulo anterior foram especificados todos os pontos mensurados com as respectivas distâncias da fonte geradora. Pode-se comprovar que todos estão em conformidade com os limites estabelecidos pela ANATEL, concomitantemente com a OMS/ICNIRP. E numa segunda análise todos atenderam com uma grande margem de segurança as Leis Municipais mais restritivas, que hora vigoram em alguns municípios.

Os resultados encontrados neste estudo, mostram que os níveis de potências dos sinais emitidos pelas ERB's estão muito aquém dos limites de exposição constantes nas normas vigentes. Mas a falta de uma conclusão científica definida, ainda existente e outras razões, faz com que a população de um modo geral sintam-se insegura quanto aos possíveis riscos à exposição a campos eletromagnéticos, que vão desde a forma como são anunciados os resultados dos estudos, sempre ressaltando o sentimento de incerteza de que pode haver riscos ainda não descobertos, até o sentimento de falta de controle por parte do poder público em não ser claro nos procedimentos que dão início ao processo de implantação de novas ERB's.

A experiência mostra que os programas de educação, bem como uma comunicação eficaz e envolvimento das partes interessadas, públicas e outras em estágios apropriados do processo de decisão antes de instalar fontes de RF pode reforçar a confiança pública e aceitabilidade.

Ainda os envolvidos, poderiam dar conhecimento a população sobre assuntos relacionados às ERB's implantadas nos seus município, e conseqüentemente tranquilizar a comunidade, tornando público os resultados dos monitoramentos que são legalmente previsto na Lei Federal nº 11.934/2009, através de mensagem de texto, conta telefônica, correio eletrônico, etc.

5.1 MEDIÇÕES DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS

Os resultados das medições dos campos eletromagnéticos são informações fundamentais para a avaliação de riscos à saúde das pessoas expostas, sejam elas trabalhadoras ou o público em geral.

A tabela 15 apresenta os limites de exposição para público em geral, referente aos campos eletromagnético na faixa de frequência do sistema de telefonia celular, constante na Resolução nº 303/02 da

ANATEL e nas Leis Municipais das cidades mineiras de Pouso Alegre, Itabirito e Cláudio. Apresenta ainda, os valores médios encontrados e o quanto estes são menores em relação os níveis de segurança estabelecidos nas normas.

Tabela 15 – Comparação entre limites estabelecidos e níveis mensurados

LOCAL	LIMITES ANATEL	LIMITES LEI MUNICIPAL	VALOR MÉDIO MENSURADO	PROPORÇÃO
	$(\mu\text{W}/\text{cm}^2)$			
CIDADE DE BELO HORIZONTE - MG				
Serra do Curral	910	X	1,85	491 vezes menor
São Francisco	910	X	0,46	1978 vezes menor
Camargos	910	X	1,52	598 vezes menor
CIDADE DE POUSO ALEGRE - MG				
ERB - MG 5163	910	400	0,31	2935 vezes menor 1290 vezes menor
CIDADE DE ITABIRITO - MG				
ERB- IQD ITABIRITO	910	100	0,30	3033 vezes menor 333 vezes menor
CIDADE DE RIBEIRÃO DAS NEVES - MG				
ERB-MG RBN016	910	X	1,08	842 vezes menor
CIDADE DE CLÁUDIO –MG				
ERB – Ed Roof Top	910	300	0,72	1263 vezes menor 416 vezes menor

Fonte: Elaborada pelo autor

Conforme já ressaltado em tópico anterior, o limite de exposição para o público em geral (ambientes não controlados), os níveis reconhecidos como danosos a saúde humana, são divididos por um fator de 50 (cinquenta). Ou seja, no próprio limite imposto pela norma ($910 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) já está inserido um fator de segurança de 50 vezes acima dos níveis nocivos a saúde humana.

De posse das informações constantes na tabela 15, podem-se fazer várias observações importantes.

A primeira é referente ao maior valor médio ($1,85 \mu\text{W}/\text{cm}^2$) encontrado na Serra do Curral, mostrando-se totalmente compatível com a realidade encontrada no local, por representar o maior sítio de antenas da cidade de Belo Horizonte, conforme mostra a figura 30. Importante frisar ainda que os níveis de potência mensurados estão em média 491 vezes menores do que os valores estabelecidos na Resolução n° 303/02 da ANATEL, e ainda estaria em conformidade com as normas de

diversos outros países, que se destacam por aplicar fortemente o princípio da precaução nas suas legislação, como a Suíça, Itália, Rússia, entre outros países.

Figura 30: Sítio de antenas, Serra do Curral, da cidade de Belo Horizonte - MG



Fonte: Autor.

Outra observação importante é que alguns municípios do Estado de Minas Gerais adotam legislação mais restritiva do que os limites impostos pela ANATEL, destacando-se a cidade de Itabirito que através da Lei Municipal 2348/04 impõe limite 9,1 vezes menor que o estabelecido pela ANATEL. Mas mesmo diante desta restrição os níveis médios dos sinais encontrados estão 333 vezes menores do que os limites constantes na Lei Municipal.

Por fim, conforme apresenta à tabela 15, todos os pontos mensurados neste estudo, estão em conformidade com os limites estabelecidos pela ANATEL, concomitantemente com a OMS/ICNIRP e paralelamente atendendo ainda com grande margem de segurança as Leis Municipais mais restritivas em vigor em alguns municípios.

5.2 ESTADO DA ARTE DAS PESQUISAS

Até a presente data, todas as revisões científicas concluíram que a exposição humana a campos eletromagnéticos na faixa de rádio frequência com baixa intensidade e por longos períodos, tais como os

emitidos por ERB's e aparelho celular, não causam efeitos adversos à saúde (WHO, 2014).

O aumento da temperatura corporal é o único efeito sobre a saúde humana com comprovação científica. Mesmo assim quando exposto a campos eletromagnéticos de alta intensidade (WHO, 2006).

É importante fazer a distinção entre ERBs e aparelho celular, para melhor entender aos resultados das pesquisas científicas realizadas, sobre os possíveis efeitos a saúde humana. Apesar de ambos serem fontes emissoras de campo eletromagnético de RF, a exposição é muitas vezes mais elevada para os usuários de telefones móveis do que para os moradores próximos a estações ERB.

O tempo de uso, a proximidade do aparelho telefônico do corpo e a distância relativa à ERB são elementos determinantes dos níveis de sinais aos quais os usuários estão expostos. As ERB's emitem um nível de radiofrequência relativamente constante e quando o sinal de uma estação está baixo, os celulares aumentam seu nível de emissão para compensar essa perda, chegando a ficar de 100 a 1000 vezes mais intenso do que o nível das ERB's (DGS, 2007). Diversos estudos falharam na busca por algum efeito adverso da radiofrequência sobre padrões de ondas cerebrais, cognição e comportamento. Em defesa dos níveis de emissão das ERB's destaca-se o fato de que com implantação das novas tecnologias (3G e 4G), as antenas passam a transmitir em níveis de potência cada vez menores.

Sobre os níveis normatizados e permitidos para as ERBs, na última revisão publicada em 2006, a OMS afirma que os níveis são tão baixos que os aumentos de temperatura são insignificantes e não afetam a saúde humana (WHO, 2006).

Já com relação ao uso de aparelho celular, a IARC/OMS, mantém as conclusões em aberto sobre os possíveis efeitos do uso do aparelho celular por longo período. E afirmou que irá realizar, em 2016, uma avaliação de risco formal, em cima de todas as conclusões obtidas nas pesquisas científicas sobre a exposição dos usuários de aparelhos de telefonia móvel (IARC, 2014).

Em maio de 2011, IARC publicou uma revisão das evidências que relacionam campos eletromagnéticos e câncer. Nessa revisão, a agência concluiu que haviam evidências limitadas de que usuário de telefones celulares podem apresentar um risco elevado de glicoma e neuroma acústico e que não haviam provas adequadas de quaisquer outros riscos à saúde humana. Ainda nesta revisão, como decorrência da evidência relacionada ao neuroglicoma, a IARC classificou os celulares como “possivelmente cancerígenos”. A classificação assusta quando mal

interpretada, mas a interpretação que a agência dá é de que há muito pouca evidência científica relacionada à carcinogenicidade do uso dos telefones celulares (IARC, 2014).

No que diz respeito às normas estabelecidas atualmente, os estudos mostram que os efeitos relacionados às emissões dentro dos limites estabelecidos não são nocivos ao homem e, portanto, pode-se considerar que as normas em vigor são adequadas.

5.3 RECOMENDAÇÕES

Como já citado anteriormente, os níveis de potência medidos nos pontos propostos neste estudo atendem perfeitamente os limites impostos pelas Leis Municipais, Resolução nº 303 da ANATEL, e consequentemente a OMS e ICNIRP.

Porém, é preciso a continuação dos estudos e pesquisas, principalmente os de longa duração, que investigam os riscos em longo prazo decorrentes da exposição da população a RNI, até que haja uniformidade de opiniões nos resultados dos estudos e pesquisas em relação aos níveis máximos de potência, proporcionando tranquilidade a todos e garantia de qualidade de vida e, consequentemente, tornando viáveis os benefícios da tecnologia para a sociedade.

Pode-se destacar o consenso que existe entre os pesquisadores, referente às pessoas portadoras de dispositivos médicos, implantados ou não. Estas devem tomar um maior cuidado por estarem sujeitas a interferência eletromagnética causada pela exposição a campos eletromagnéticos.

Prosseguindo diante das incertezas de nocividade para saúde humana, a OMS recomenda sempre a adoção do princípio da precaução no que se refere a exposição humana a campos eletromagnéticos, devendo também aplicar as ações e as recomendações a seguir:

- Criar melhor mecanismo de fiscalização por parte dos órgãos públicos responsáveis, apresentando um calendário anual de visitas a todas as ERB's do município, com posterior disponibilização das informações a toda população;
- Criar programas educacionais e de comunicação envolvendo as partes interessadas, pública, e outras, antes de instalar fontes de RF, a fim de reforçar a confiança pública e aceitabilidade;
- Instalar monitores fixos em lugares estratégicos onde existe o acúmulo de ERBs, para que o monitoramento possa ser feito com frequência. Membros da comunidade poderiam ser

treinados para, juntamente com o pessoal técnico, fazer a leitura desses equipamentos, criando, assim, um processo com a participação popular. O monitoramento da radiação emitida pelas ERBs, que conte com a participação do cidadão diretamente afetado pelo resultado, adquire caráter de confiança popular e faz da comunidade parceira do gestor público;

- Identificar os locais onde estão instaladas as ERB's que devem possuir: Sinalização e placas de advertência, de acordo com a simbolização padronizada; Nome do empreendedor; Nome e qualificação do profissional responsável; Telefone para contato; Potência máxima irradiada das antenas; Acesso restrito; Proteção contra Incêndio; Laudo de Medição dos níveis de Pressão Sonora, referentes aos ruídos provenientes dos equipamentos da Estação Radiobase;
- Criar um Programa Nacional de Pesquisa e Educação sobre Radiações Eletromagnéticas e Meio Ambiente.

Como também já mencionado neste estudo, os aparelhos celulares apresentam níveis de potências muitas vezes mais elevadas para os usuários do que as ERB's para a população em seu entorno.

A própria IARC adota uma forma de precaução ao classificar os celulares como possivelmente cancerígeno, portanto os usuários que desejarem se precaver de possíveis riscos podem seguir algumas das seguintes recomendações:

- Utilizar telefones tradicionais quando acessíveis;
- Afastar o celular do corpo, quando estiver estabelecendo a conexão;
- Fazer ligações de curta duração;
- Preferir mensagem de texto a ligações;
- Utilizar acessórios que mantenham o aparelho mais longe da cabeça, como fones de ouvido;
- Verificar o valor SAR do dispositivo móvel;
- Evitar que crianças usem o celular;
- Evitar utilizar o dispositivo móvel dentro do carro em movimento. Além de reduzir a atenção, o carro estar em movimento faz com que o nível de sinal da transmissão fique mais baixo e com isso o dispositivo passa a operar em uma potência elevada.

6 CONCLUSÃO

Analisou-se, nesta pesquisa, os riscos da exposição humana as radiações não ionizantes emitidas pelas Estações Rádio Base (ERB) do serviço de telefonia celular localizadas na cidade de Belo Horizonte, Pouso Alegre, Itabirito, Ribeirão das Neves e Cláudio, todas dentro do Estado de Minas Gerais. Avaliou-se, quantitativamente seus níveis de radiações emitidos, comparando-os com os parâmetros normativos vigentes, e com os atuais estudos desenvolvidos pelos organismos de controle e pesquisa.

Como já mencionado, todos os pontos medidos apresentaram níveis de densidade de potência muito aquém dos estabelecidos nas normas, seja ela municipal ou do órgão de regulação nacional (ANATEL), portanto todos estão em conformidade. Podendo ressaltar inclusive, que todos estão em conformidade também com os níveis estabelecidos pelos países que se destacam por aplicar de maneira mais severa o princípio da precaução como a Suíça, Itália, Rússia, entre outros.

Buscando confrontar os valores mensurados com os parâmetros oferecidos pelas normas, foram apresentados diversos estudos que abordam a questão da radiação eletromagnética ser ou não prejudicial à saúde humana, concluindo-se não ser possível chegar a uma posição definitiva que dispense a necessidade de novas investigações.

A análise dos resultados mostra que grande parte dos estudos que obtiveram como conclusão algum efeito nocivo à saúde humana foram contrariados mais tarde ou estudos realizados sob as mesmas condições não conseguiram reproduzir os resultados iniciais. Houve ainda alguns resultados considerados inconsistentes em razão da metodologia aplicada ou da forma de avaliação escolhida. Por outro lado, muitos dos estudos que não encontraram evidências de riscos à população também não descartaram a possibilidade de que possam existir tais riscos.

Diante do exposto, o princípio da precaução deve ser empregado como a medida ideal, por propor ações que evitam riscos à população, ainda que estes sejam apenas riscos prováveis, sem comprovação científica. Em 2011, a própria OMS/IARC adotou esse princípio ao classificar o uso dos aparelhos celular como 2B (possivelmente cancerígenos), que é a mesma categoria da emissão de gases de automóveis e do consumo de café.

Em relação às normas vigentes, os estudos mostram que, obedecendo aos limites estabelecidos, os efeitos relacionados às emissões de radiações não ionizantes pelas ERB's, não são nocivos ao

homem. Segundo a OMS, os níveis são tão baixo que os aumentos de temperatura são insignificantes e não afetam a saúde humana (WHO, 2006).

Por fim, é preciso reconhecer que toda tecnologia carrega consigo sua cota de risco, que deve ser contrabalanceado com seus benefícios. E para isso o usuário do sistema de telefonia celular deve ter sabedoria para usufruir da tecnologia, procurando sempre por em prática as recomendações sobre o uso adequado, visando evitar procedimentos inapropriados, que aumente a possibilidade de causar dano a sua saúde.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Marcelo S. **Sistemas de comunicações**. São Paulo: Editora Érica Ltda. 2001.

BRASIL - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. **Diretrizes para Limitação da Exposição a Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos Variáveis no Tempo (até 300 GHz)**, 1999. Disponível em: <www.anatel.gov.br>. Acesso em: 21 abr. 2015.

BRASIL – AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. **Resolução nº 303: Regulamenta o Limite de exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequência entre 9 kHz e 300 GHz**, 2002.

BRASIL - AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. Disponível em: <www.anatel.gov.br>. Acesso em: 21 abr. 2015.

ARCHIBALD, C. **Telefone celular reduz fertilidade masculina**. Diário da Saúde. 2011. Disponível em: <<http://www.diariodasaude.com.br/news.php?article=telefone-celular-reduz-fertilidade-masculina&id=6511>>. Acesso em: 26 jul. 2015.

COLLIS, Jill; HUSSEY, Roger. **Pesquisa em administração: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

COMMUNITY RESEARCH. *Health and electromagnetic fields*. Research Directorate-General. European Commission. 2005. Disponível em: http://ec.europa.eu/health/archive/ph_determinants/environment/emf/brochure_en.pdf. Acesso em: 26 jul. 2015.

CRUZ, Sidney Carlos. **Verificação dos Níveis de Radiação Emitidos pelas Antenas das ERB's e Percepção das Comunidades Próximas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) Departamento de Engenharia Elétrica da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

DEPARTMENT OF COMMUNICATIONS, MARINE AND NATURAL RESOURCES. *Health Effects of Electromagnetic Fields*.

Ireland, 2005. Disponível em: <[http:// www.viron.ie/en/Publications](http://www.viron.ie/en/Publications)>. Acesso em: 26 jul. 2015.

DIEM, E; SCHWARZ, C; ADLKOFER, F; JAHN, O; RUDIGER, H. *Non-thermal DNA breakage by mobilephone radiation (1800 MHz) in human fibroblasts and in transformed GFSH-R17 rat granulosa cells in vitro*, 2005. Disponível em: <[http:// www.ncbi.nlm.gov/pulmed](http://www.ncbi.nlm.gov/pulmed)>. Acesso em: 26 jul. 2015.

DGS - Direção Geral da Saúde. **Sistemas de Comunicações Móveis – Efeitos na Saúde Humana**. Ministério da Saúde. Lisboa. 2007. Disponível em: <<http://www.dgs.pt/upload/membro.id/ficheiros/i009078.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2015.

ELBERN, A. **Radiações Não Ionizantes - Conceitos, Riscos e Normas**. PRORAD – Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, 2000. Disponível em: <www.prorad.com.br/cursos/cursos/RNI/pdf>. Acesso em: 21 abr. 2015.

FLEISHMAN, G. *Academic Study Says Cell Tower “Allergy” Has No Cause, But Produces Real Symptoms*. *Wi-fi Networking News*, 2007. Disponível em: <http://wifinetnews.com/archives/2007/07/academic_study_says_cell_tower_allergy_has_no_cause_but_prod.html>. Acesso em: 26 jul. 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

IARC - INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER –The Study INTERPHONE. *Report to the Union for International Cancer Control*, 2011. Disponível em: <http://www.interphone.iarc.fr/UICC_Report_Final_03_102011>. Acesso em: 26 jul. 2015.

IEEE - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC. **IEEE Std C95.1-2005** (Revision of IEEE Std C95.1-1991). **IEEE Standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 kHz to 300 GHz**. 3 Park Avenue, New York, NY 10016- 5997,USA, 03 out. 2005. Disponível em: <www.standards.ieee.org/about/get>. Acesso em: 13 jun. 2015.

ICNIRP - INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION. *Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz), USA. Health Physics*, 1998. Disponível em: <www.icnirp.org/en/publications/index.html>. Acesso em: 13 jul. 2015.

IVANCSITS, S; DIEM, E; JAHN, O; RUDIGER, HW; *Age-related effects on induction of DNA strand breaks by intermittent exposure to electromagnetic fields*, 2003. Mechanisms of Agein and Development 124(7): 847-850.

KATHREIN, Werke KG. **Base station antennas for cellular phone network systems**. Disponível em: <<http://www.kathrein.de/de/mca/techn-infos>>. Acesso em: 23 jun. 2015.

KRAUS, J.D., **Antenas**; tradução de Paulo Roberto Mariotto, Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois, 1983.

LOPES, Gonçalo Alexandre. **Composição de um Sistema Móvel Celular**. Disponível em: <www.gta.ufrj.br/grad/goncalo/comps.htm>. Acesso em: 13 jun. 2015.

MENEZES, A. A. **Eletrotécnica**. Livros Técnicos e Científicos. Editora S. A., 1981;

MOULDER, John E. **Cellular Phone Antennas (Base Stations) and Human Health**, in Electromagnetic Fields and Human Health, Medical College of Wisconsin, 2000. Disponível em:< <http://www.mcw.edu/gcrc/cop> >. Acesso em: 26 jul. 2015.

NASCIMENTO, Juarez. **Telecomunicações**. 2ª edição. São Paulo. MAKRON Books do Brasil Editora Ltda. ISBN: 85.346.1113-0. 2000.

NIEHS - NATIONAL INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL HEALTH SCIENCES. *EMF – Electric and Magnetic Fields Associated with the Use of Electric Power*, 2002. Disponível em:<<http://www.ncbi.nlm.gov/health>>. Acesso em: 26 jul. 2015.

NRPB - NATIONAL RADIOLOGICAL PROTECTION BOARD. *ELF – Electromagnetic Fields and the Risk of Cancer: Report of an Advisory Group on Non-ionising Radiation*, 2001. Disponível em:<http://emf.epri.com/EMF_Health_Risk_Evaluations_Updated_2_%>

207-09.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2015.

PAULINO, Jose Oswaldo Saldanha. **Radiações Eletromagnéticas Não Ionizantes Emitidas pelas Antenas Fixas de Telefonia Celular**. UFMG, 2001. Disponível em:<http://www.higieneocupacional.com.br/download/antenas_celular_paulino.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2015.

QUEIROZ, Carlos Soares. **Gestão de Risco da Exposição Humana a Campos Eletromagnéticos Oriundos de Estações Rádio Base: Estudo de caso**. UFOP, 2011.

LASR 2010 - Revisão Científica Latino-Americana. **Campos Eletromagnéticos de Alta Frequência e Saúde Humana: Estudos Experimentais em Humanos**. Disponível em:<<http://www.wireless-health.org.br>>. Acesso em: 13 jul. 2015.

SAGE, C. *Microwave And Radiofrequency Radiatin Exposure: A Growing Environmental Health Crisis?*. San Francisco Medical Society, 2008. Disponível em:< <https://stopsmartmetersau.files.wordpress.com>>. Acesso em: 04 ago. 2015.

SCARFI, MR; SANNINO, A; PERROTTA, A; SARTI, M; MESIRCA, P; BERSANI, F. *Evaluation of genotoxic effects in human fibroblasts after intermittent exposure to 50 Hz electromagnetic fields: a confirmatory study*, 2005. Disponível em:<<http://www.ncbi.nlm.gov/pulmed>>. Acesso em: 04 ago. 2015.

SENISE, J. T. **Efeitos Biológicos dos Campos Eletromagnéticos de Rádio-Frequências e Micro-ondas**. Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, 2001. Disponível em:<<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document>>. Acesso em: 26 jul. 2015.

TERRAZAN, E. A. **Radiações**. FUNBEC, Revista de Ensino de Ciências, nº 22, 1989.

WHO – WORD HEALTH ORGANIZATION. *Electromagnetic Fields and Public Health: Mobile phones, October 2014*. Disponível <<http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs193/en/>>. Acesso em: 20 abr. 2015.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Electromagnetic Fields and Public Health: Base station and wireless technologies, may 2006*. Disponível <<http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs/304>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

WOLLINGER, Paulo Roberto. **Estudo dos Níveis de Radiação Eletromagnética em Ambiente Urbano**. UFSC, 2003.