



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e  
Sustentabilidade na Amazônia – PPG/CASA  
Mestrado Acadêmico

**POLUIÇÃO AMBIENTAL DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS DE ESTAÇÕES  
DE RÁDIO, TELEVISÃO E ESTAÇÕES DE RADIOBASE DA TELEFONIA  
CELULAR EM MANAUS, AM.**

**EMERSON WLADI PORTO SANTARÉM**

MANAUS – AMAZONAS  
2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e  
Sustentabilidade na Amazônia – PPG/CASA  
Mestrado Acadêmico

**EMERSON WLADI PORTO SANTARÉM**

**POLUIÇÃO AMBIENTAL DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS DE ESTAÇÕES  
DE RÁDIO, TELEVISÃO E ESTAÇÕES DE RADIOBASE DA TELEFONIA  
CELULAR EM MANAUS, AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia do Centro de Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Amazonas; como requisito para a obtenção de título de Mestre em Ciências do Ambiente; área de concentração Dinâmicas Socioambientais.

**Orientador: Prof. Dr. Neliton Marques da Silva**

Ficha catalográfica  
(catalogação realizada pela Biblioteca da UNINORTE)

Santarém, Emerson Wladi Porto  
S233p

Poluição ambiental dos campos eletromagnéticos de estações de rádio, televisão e estações de radiobase da telefonia celular em de Manaus, AM. / Emerson Wladi Porto Santarém. – Manaus: UFAM, 2012. 59p.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade da Amazônia) – Universidade Federal do Amazonas, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Neliton Marques da Silva

1. Poluição ambiental 2. Radiação eletromagnética I. Silva, Neliton Marques da II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU 504:621(811.3)

**EMERSON WLADI PORTO SANTARÉM**

**POLUIÇÃO AMBIENTAL DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS DE ESTAÇÕES  
DE RÁDIO, TELEVISÃO E ESTAÇÕES DE RADIOBASE DA TELEFONIA  
CELULAR EM MANAUS, AM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia do Centro de Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Amazonas; como requisito para a obtenção de título de Mestre em Ciências do Ambiente; área de concentração Dinâmicas Socioambientais.

Aprovada em 29 de maio de 2012

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Neliton Marques da Silva – Presidente  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. Ernesto Oliveira Serra Pinto – Membro  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dra. Sandra do Nascimento Noda – Membro  
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

*A Deus,  
Aos meus pais, Valdir e Shirlete,  
À Minha esposa Adriana Lobato,  
À minha avó Creuza Dias,  
Pelo apoio incondicional para o alcance de meus ideais...*

*Com amor,  
Dedico.*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria primeiramente de expressar minha mais sincera gratidão aos meus pais pelo seu papel fundamental em minha formação pessoal e profissional, através de um valioso incentivo e investimento em minha educação.

Ao meu orientador Prof. Dr. Neliton Marques da Silva, pela confiança em mim depositada e pela dedicada orientação. Sua postura profissional e atitude de estímulo e incentivo foram decisivas para me abastecer de ânimo e forças em busca do crescimento acadêmico necessário à produção desse trabalho.

Ao Dr. Amarildo, meu amigo e mentor, pelo apoio nos momentos de maior dificuldade, sendo de fundamental importância para o meu ingresso no curso de Mestrado.

Aos docentes e funcionários do Centro de Ciências do Ambiente da Universidade Federal do Amazonas.

À Vara Especializada em Meio Ambiente e Questões Agrárias – VEMAQA, por contribuir com o fornecimento do instrumento imprescindível à realização da pesquisa.

À Universidade Federal do Amazonas, em especial ao Centro de Ciências do Ambiente, que possibilitou a realização deste trabalho.

À minha esposa Adriana Lobato, pelo amor, dedicação, apoio, compreendendo os momentos em que tive que me ausentar do convívio familiar por conta dos estudos.

*No estudo das ciências, também, devemos obter conhecimento do Criador. Toda verdadeira ciência não é senão uma interpretação da escrita de Deus no mundo material. A ciência traz de suas pesquisas apenas novas provas da sabedoria e poder de Deus. Corretamente entendidos, tanto o livro da Natureza como a Palavra escrita, nos familiarizam com Deus, ensinando-nos algo das sábias e benfazejas leis mediante as quais Ele opera.*

*ELLEN G. WHITE.*

## RESUMO

O presente trabalho fomenta uma reflexão sobre os graves efeitos causados pela poluição ambiental oriunda de fontes de radiações eletromagnéticas do sistema de comunicação via rádio, televisão e telefonia celular. A ausência de estudos conclusivos a respeito dos reais efeitos causados pela radiação eletromagnética aos seres vivos, aliada ao exponencial crescimento dos sistemas de comunicação via rádio, assegura a relevância do presente estudo, além de revelar um assunto altamente instigante. Sendo assim, objetivou-se analisar os potenciais riscos à saúde pública decorrentes da exposição humana a campos eletromagnéticos das Estações de Rádio e Televisão e Estações de Radiobase – ERB da telefonia celular na cidade de Manaus. Foram monitorados os níveis de radiação emitidos por 34 (trinta e quatro) Estações de Radiobase da telefonia celular, localizadas no perímetro urbano da Cidade de Manaus. Foram também evidenciados os níveis de radiação em locais de grande adensamento de estações de rádio e televisão. De acordo com os resultados obtidos, os níveis de radiação medidos estão todos abaixo dos valores máximos permitidos pela legislação que regula esta atividade. Porém, há risco potencial à saúde humana, causada pela radiação eletromagnética mesmo em intensidade inferior àquela permitida na legislação. Foi constatado ausência de exigibilidade legal pelos órgãos licenciadores quanto ao cumprimento dos níveis de radiação eletromagnética nos empreendimentos com expressiva ocupação humana. O estudo aponta ainda para a necessidade de se adotar o princípio da precaução para se normatizar os empreendimentos que utilizam radiação eletromagnética como meio de comunicação, uma vez que existem controvérsias quanto aos níveis de radiação seguros à população.

Palavras-chaves: Radiação Eletromagnética, poluição ambiental, saúde pública.

## **ABSTRACT**

This paper promotes a reflection on the serious effects caused by pollution originating from sources of electromagnetic radiation of the communication system through radio, television and mobile telephony. The absence of conclusive studies about the real effects caused by electromagnetic radiation on living beings, coupled with the exponential growth of wireless communication systems, ensures the relevance of the present study, in addition to revealing a highly provocative issue. Therefore, the objective was to examine the potential public health risks resulting from human exposure to electromagnetic fields from radio and television stations and radio base stations - ERB's cell phone in the city of Manaus. We monitored the radiation levels emitted by 34 (thirty four) radio base stations of cellular telephony, located within the city limits of the City of Manaus. Were also demonstrated radiation levels in areas of high density of radio and television. According to the results obtained, the radiation levels measured are all below the maximum allowed by the legislation that regulates this activity. However, there is potential risk to human health caused by electromagnetic radiation intensity even lower than that permitted by law. It was noted the absence of statutory liability by licensing agencies in meeting the levels of electromagnetic radiation in enterprises with significant human occupation. The study also points to the need to adopt the precautionary principle to regulate the enterprises that use electromagnetic radiation as a means of communication, since there are controversies regarding the safe levels of radiation to the population.

Keywords: Electromagnetic radiation, environmental pollution, public health.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Representação esquemática de uma onda eletromagnética se propagando na direção z. $E_x$ é o campo elétrico, $B_y$ o campo magnético e $\lambda$ o comprimento de onda.....	17
Figura 02: Espectro eletromagnético.....	18
Figura 03: Etapas para o processo de avaliação de risco.....	29
Figura 04: Mapa da cidade de Manaus, AM.....	33
Figura 05: Distribuição espacial das ERB's analisadas no bairro do Centro da cidade de Manaus, AM.....	35
Figura 06: Localização das torres em relação ao Edifício Portal da Cidade - Aleixo.....	36
Figura 07: Localização da torre em relação ao Edifício Cidade de Manaus – Centro da cidade de Manaus, AM.....	37
Figura 8: Modelo esquemático ilustrativo de uma antena de telefonia celular com inclinação.....	39
Figura 09: Imagens das Medições dos CEMRF no Edifício Portal da Cidade.....	40
Figura 10: Torre localizada nas proximidades da Escola Barão do Rio Branco na Av. Joaquim Nabuco (TORRE 09), no centro, Manaus, AM.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Grupo de Espectro Eletromagnético.....	18
Tabela 02: Limites para exposição da população em geral a CEMRF na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz (valores eficazes não perturbados).....	26
Tabela 03: Resultados das medições de radiofrequência no Centro da Cidade de Manaus, AM.....	42
Tabela 04: Limites de Exposição à CEMRF na faixa de radiofrequência de 900 MHz.....	43
Tabela 05: Valores dos campos eletromagnéticos no topo do Edifício Portal da Cidade na cidade de Manaus, AM.....	45
Tabela 06: Valores das medições dos campos eletromagnéticos no Edifício Cidade de Manaus na cidade de Manaus, AM.....	46

## LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Lista de estações de radiobase da telefonia celular localizadas no bairro do centro, zona sul do município de Manaus, AM.....	34
Quadro 02: Resultados das medições por andar, realizadas no edifício Cidade de Manaus, centro da Cidade de Manaus, AM.....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A/m – *Ampère* por metro

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

CEMRF - Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na faixa de Radio Frequência

COMDEMA - Conselho Municipal de Desenvolvimento e Meio Ambiente de Manaus

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DNA - Ácido Desoxirribonucléico

*EPA - Environmental Protection Agency*

eV - elétron-volts

FM – Frequência Modular

GHz – Gigahertz

ICNIRP- *International Non-ionizing Radiation Commitee*

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IPAAM - Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas

KHz – Kilohertz

MHz – Megahertz

mRNA - Ácido Ribonucléico Mensageiro

OMS - Organização Mundial de Saúde

PNMA - Política Nacional de Meio Ambiente

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

UFAM - Universidade Federal do Amazonas

V/m – Volts por metro

VEMAQA - Vara Especializada em Meio Ambiente e Questões Agrárias

W / m<sup>2</sup> – Watt por metro quadrado

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	07
<b>ABSTRACT</b> .....	08
<b>Lista de Figuras</b> .....	08
<b>Lista de Tabelas</b> .....	09
<b>Lista de Quadros</b> .....	10
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas</b> .....	11
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2. Fundamentação Teórica</b> .....	17
<b>2.1 Fundamentos de Radiação Eletromagnética não ionizante</b> .....	17
2.1.1 Efeitos térmicos e não térmicos.....	20
<b>2.2 Legislação Ambiental e a Radiação Eletromagnética</b> .....	21
<b>2.3 Avaliação de Risco Ambiental</b> .....	26
<b>2.4 Princípio da Precaução</b> .....	29
2.4.1 Origem e evolução do Princípio da Precaução.....	30
2.4.2 O Princípio da Precaução no Brasil.....	31
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	33
<b>3.1 Área de Estudo</b> .....	33
<b>3.2 Coleta de dados</b> .....	37
<b>3.3 Análise de dados</b> .....	40
<b>4. RESULTADOS</b> .....	42
<b>4.1 Medidas Para ERB's da Telefonia Celular</b> .....	42
<b>4.2 Medidas Para Estações de Rádio Difusão</b> .....	44
4.2.1 Medições no Edifício Portal da Cidade.....	44
4.2.1 Medições no Edifício Cidade de Manaus.....	45
<b>5. DISCUSSÃO</b> .....	47

<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>7. RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>52</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>53</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação sócio-ambiental suscita questões de forte significância social, que muitas vezes não são amplamente discutidas, em especial no cenário político e governamental, setores estes responsáveis por representar os interesses sociais e promover o bem estar comum.

Ademais, considerando a crescente necessidade de comunicação da sociedade, tem crescido exponencialmente o sistema de comunicação que utiliza campos eletromagnéticos como meio de difusão de informações, como por exemplo, estações de Rádio, de Televisão, e de Radiobase da Telefonia Móvel – ERB's, todas estas emissoras de radiação eletromagnética, que podem ser prejudiciais à saúde pública em decorrência da exposição humana a estes campos.

É imperativo ressaltar, que a avaliação de risco refere-se a um instrumento técnico que deve ser adotado antes da realização de determinado evento, de forma a mensurar previamente os eventuais riscos que a futura atividade poderá causar ao ambiente e à saúde pública (DERANI 2004).

O problema apresentado pelo estudo em questão, diz respeito ao potencial de risco à saúde pública decorrente da exposição humana a campos eletromagnéticos na cidade de Manaus.

Desta forma, o presente estudo irá contribuir para o conhecimento sobre o estado da arte desse tipo de poluição atmosférica na cidade de Manaus, à medida que levanta questões graves, porém pouco discutidas no cenário político-ambiental, como o risco à saúde causado pela exposição humana a radiações eletromagnéticas emitidos por estações de Rádio, Televisão e Telefonia Celular em Manaus.

Ainda há uma grande controvérsia quanto aos níveis seguros de exposição humana a campos eletromagnéticos e os danos causados à saúde em longo prazo, devido à falta de estudos conclusivos na área.

Ainda assim, no Brasil e em vários países, principalmente europeus e asiáticos, pesquisadores como Dode (2003), Lai e Singh (1996) e Philips *et. al*, (1998) sinalizam para a necessidade de uma revisão nas legislações que regulam a implantação e operação das estações de comunicação por meio de ondas eletromagnéticas. Estes autores ponderam que as diretrizes e restrições legais não asseguram a preservação da saúde da população em geral. Devido à incidência de

efeitos biológicos nocivos, estes causados por radiação eletromagnética que está em níveis inferiores aos limites de exposição internacionalmente aceitos e adotados no Brasil.

Embora a maior parte dos estudos nessa área ainda esteja em campo experimental e não tenha comprovação de seus reais efeitos, alguns países têm tomado medidas de precaução, em face à acentuada preocupação socioambiental que se apresenta.

Dode (2003), já apontava para a poluição ambiental causada pelas ERB's da telefonia celular, em estudo realizado na cidade de Belo Horizonte, MG em uma época onde a instalação de ERB's começava a se acentuar naquela cidade.

Já na Amazônia, em especial na cidade de Manaus, não se tem conhecimento de estudos acadêmicos realizados que avaliem a poluição ambiental causada pelas ERB's da telefonia celular e estações de Rádio e Televisão.

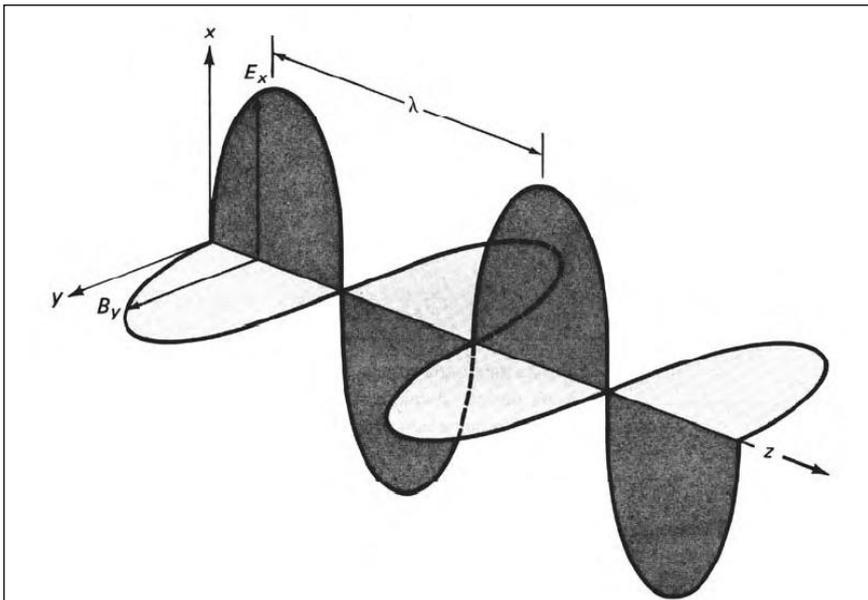
O objetivo desse estudo é avaliar a poluição ambiental decorrente da exposição humana à radiação eletromagnética proveniente das estações de Rádio, Televisão e estações de Radiobase – ERB da telefonia celular na Cidade de Manaus. Para tanto, foi analisado o padrão de espacialização e distribuição das estações de Rádio, Televisão e ERB's na área urbana da cidade, em função do escopo legal existente. O trabalho consistiu ainda, em avaliar a intensidade e frequência da radiação emitida por campo eletromagnético das estações de Rádio, Televisão e ERB's na cidade em questão, permitindo assim, que sejam feitas recomendações quanto a formas de controle mais efetivos da exposição humana aos campos eletromagnéticos.

Levou-se em consideração as orientações da Organização Mundial da Saúde - OMS e as legislações nacionais pertinentes em vigor, na busca de estabelecer parâmetros de comparação entre os critérios legais e o caso concreto.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 FUNDAMENTOS DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NÃO IONIZANTE

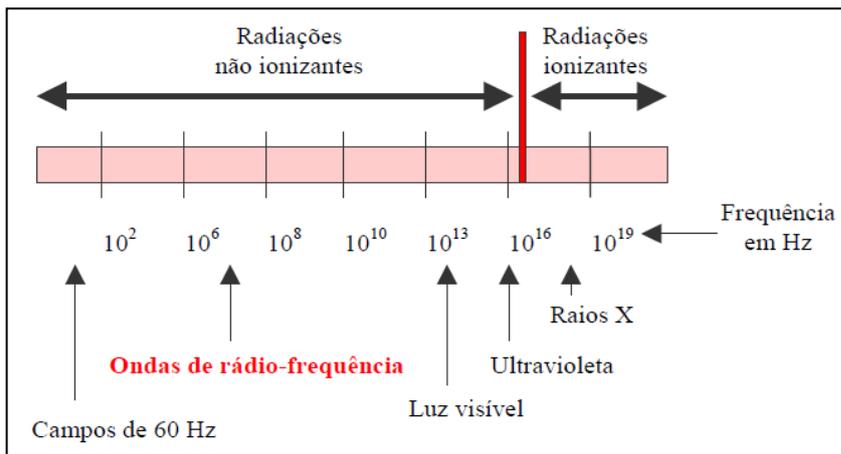
Para uma maior compreensão das bases do eletromagnetismo, é válido ressaltar que, a radiação eletromagnética é composta por ondas que se propagam no espaço através de campos elétricos e magnéticos de maneira oscilada (Fig. 01). O que difere os diversos tipos de ondas eletromagnéticas - emitidas por antenas de transmissão via rádio ou radiofrequência como as usadas no sistema de televisão, rádio e telefonia celular, a luz visível, os raios X dentre outros - é a frequência da onda e seu comprimento (YOUNG e FREEDMAN, 2009).



**Figura 01:** Representação esquemática de uma onda eletromagnética se propagando na direção z.  $E_x$  é o campo elétrico,  $B_y$  o campo magnético e  $\lambda$  o comprimento de onda  
Fonte: Gomide Júnior, 2008.

O pesquisador pioneiro em demonstrar a existência de ondas eletromagnéticas foi James C. Maxwell em 1864. Seguindo na mesma linha de estudo, em 1887 o pesquisador Heinrich R. Hertz propôs ser possível a transmissão de informações ou energia, por meio de ondas eletromagnéticas, entre dois pontos distantes livres no espaço. Já em 1885, Guglielmo Marconi, pela primeira vez fez uma transmissão de voz via rádio (MOULDER, 1997).

As radiações eletromagnéticas podem ser classificadas em dois grupos: as radiações ionizantes e não ionizantes (Fig. 02). As primeiras caracterizam-se pela capacidade de ionização ou produzir alterações na estrutura atômica de matérias com as quais interagem. Já as radiações não ionizantes não possuem energia suficiente para ionizar as matérias com as quais se relacionam (SANTIAGO *et. al*, 2008).



**Figura 02:** Espectro eletromagnético.  
Fonte: Santiago *et. al*, 2008.

O tipo de radiação varia de acordo com seu intervalo de frequência, comprimentos de onda e energia. Entende-se por espectro eletromagnético o conjunto de todos os comprimentos de onda possíveis (Tab. 01).

**Tabela 01.** Grupo de Espectro Eletromagnético.

Região	Frequência	Comprimento de onda
Rádio	$< 3 \times 10^9$	$> 10$
Microondas	$3 \times 10^9 - 3 \times 10^{12}$	$10 - 0.01$
Infravermelho	$3 \times 10^{12} - 4.3 \times 10^{14}$	$0.01 - 7 \times 10^{-5}$
Luz visível	$4.3 \times 10^{14} - 7.5 \times 10^{14}$	$7 \times 10^{-5} - 4 \times 10^{-5}$
Ultravioleta	$7.5 \times 10^{14} - 3 \times 10^{17}$	$4 \times 10^{-5} - 10^{-7}$
Raios X	$3 \times 10^{17} - 3 \times 10^{19}$	$10^{-7} - 10^{-9}$
Raios Gama	$> 3 \times 10^{19}$	$< 10^{-9}$

Fonte: Adaptado de Santiago *et. al*, 2008.

Em cada faixa do espectro eletromagnético é possível verificar processos físicos característicos. As características principais de cada combinação de comprimento de onda e frequência podem ser assim descritas:

**Ondas de rádio:** As ondas eletromagnéticas na faixa de frequência de rádio são habitualmente produzidas por circuitos eletrônicos e utilizadas como meio de comunicação de longa distância, por serem pouco atenuadas pela atmosfera, além de serem refletidas pela ionosfera, o que possibilita uma propagação de longo alcance (BENTES JR, 2009).

**Microondas:** Nesta faixa de frequência e comprimento de onda é possível se construir equipamentos capazes de emitir feixes de radiação eletromagnética extremamente concentrados, como os que são utilizados nos radares por exemplo. As microondas caracterizam-se por serem pouco atenuadas pela atmosfera, o que as coloca como excelente meio para geração de imagens, independente das condições de tempo (BENTES JR, 2009).

**Infravermelho:** a principal característica deste tipo de radiação é sua facilidade de ser absorvida pela maioria das substâncias. Tem larga aplicação em aparelhos de controle remoto e geração de imagens via satélite (BENTES JR, 2009).

**Luz visível:** radiação com a capacidade de produzir sensação para o olho humano normal, seu comprimento de onda é considerado pequeno (BENTES JR, 2009).

**Ultravioleta:** radiação que produz alterações químicas na pele humana, causando o seu escurecimento. Sua atividade química tem poder bactericida podendo ser utilizada na esterilização de produtos. Além disso, é utilizada em observatórios de astronomia, dentre outras aplicações (BENTES JR, 2009).

**Raio X:** este tipo de onda é gerada, basicamente, pelo freamento de elétrons de alta energia. É de grande aplicabilidade na medicina, por sua capacidade de penetrar em matérias (BENTES JR, 2009).

**Raios – GAMA:** São gerados por explosões nucleares e átomos radioativos, tratam-se de raios altamente penetrantes e emissores de substâncias radioativas. Também com aplicação na medicina, a geração de imagens do universo por raios gama tem importante papel no avanço de pesquisas sobre vida e morte de estrelas (BENTES JR, 2009).

De acordo com a Resolução 303 da ANATEL – Agência Nacional de Telecomunicações - as radiações não ionizantes possuem energia (por fóton) inferiores à 12eV (elétron-volts), comprimentos de onda acima de 100 nanômetros e frequências inferiores à  $3 \times 10^{15}$  Hz. A partir da barreira da luz visível encontram-se as radiações ionizantes (Raios X e Raios Gama) (ANATEL, 2002).

Os efeitos biológicos causados pela radiação não ionizante classificam-se em efeitos térmicos e efeitos não térmicos. A radiação emitida pelas estações transmissoras de radiofrequência é considerada não ionizante por não causar efeito de ionização dos tecidos.

### **2.1.1 Efeitos térmicos e não térmicos**

Entende-se por efeitos térmicos aqueles que provocam alteração na temperatura da matéria, como o corpo humano, de no mínimo 1º C, decorrente da interação com as radiações eletromagnéticas não ionizantes (SALES, 1997).

Vale salientar que os efeitos térmicos embasam as principais legislações, tanto de âmbito nacional quanto internacional, referentes aos níveis aceitáveis de exposição humana à radiação eletromagnética.

A ANATEL (2002) adota como valor máximo de densidade de potência para fontes de radiação não ionizante os mesmos limites propostos pela ICNIRP – Comissão Internacional de Proteção Contra Radiações Não Ionizantes – que asseguram a proteção humana tão somente contra os efeitos térmicos.

Dode (2003), Lai e Singh (1996) e Philips *et. al*, (1998) apontam para possíveis efeitos nocivos à saúde pública relacionados aos efeitos não térmicos, embora estes efeitos não sejam amplamente aceitos pelas agências internacionais de proteção contra radiação eletromagnética.

De acordo com os estudos de Lai e Singh (1996), há um rompimento das fitas de DNA - Ácido Desoxirribonucléico - em células do cérebro, causados pela exposição, em regime contínuo, a radiações de radiofrequência de baixas intensidades.

Corroborando com as conclusões de Lai e Singh (1996), Phillips *et. al*, (1998), também apontaram para rompimentos simples e duplos das fitas de DNA, expostas à radiação de frequências de telefonia celular de 813,5 MHz e 836,5 MHz. De

acordo com os autores, as taxas de reparação do DNA podem ser afetadas pela exposição à radiação não ionizante de baixa intensidade.

Os efeitos não térmicos não provocam alteração de temperatura nos organismos vivos, porém, para uma corrente significativa de teóricos, podem provocar severas consequências sobre o sistema nervoso, imunológico e cardiovascular, impactando ainda no metabolismo e em fatores hereditários (SALES, 1997).

Goswani *et. al*, (1999) relataram que os níveis de proto-oncogene (genes normais que interferem na proliferação e diferenciação celular e que sofrendo alterações provocam a conversão de células normais em células cancerígenas) no mRNA - Ácido Ribonucléico Mensageiro - em células de fibroblastos (células base do tecido conjuntivo), quando submetidas à radiação de frequência de telefonia celular, apresentam aumento nos níveis de outros ácidos.

Sendo assim, considerando os trabalhos de Goswani *et. al*, (1999), conclui-se que os proto-oncogenes podem ser afetados quando expostos a radiação oriundas de CEMRF - Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na faixa de Radio Frequência - da telefonia celular.

Não há, todavia, conclusões definitivas apontando para os impactos à saúde pública decorrentes dos efeitos não térmicos, sendo esta, uma discussão ainda muito polêmica. Entretanto, por medidas de precaução, alguns países como China, Áustria, Suíça, Itália e Rússia adotam limites de exposição humana a radiações eletromagnéticas abaixo dos sugeridos pela ICNIRP, visando proteger suas populações também de possíveis efeitos não térmicos.

## **2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

O arcabouço legislativo concernente às políticas públicas ambientais brasileiras tem seu cerne na Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e objetiva estabelecer critérios para a melhoria, recuperação e preservação da qualidade ambiental, com a finalidade de garantir a qualidade de vida e o desenvolvimento sócio-econômico no país.

Nesse contexto, é pertinente salientar que políticas públicas ambientais podem ser entendidas como conjunto de objetivos, normas e instrumentos de ação que o

poder público dispõe para produzir efeitos desejáveis sobre o ambiente. Tais efeitos, dizem respeito à redução ou eliminação de impactos negativos ao ambiente causados pela ação humana, ou ainda a prevenção de problemas ambientais futuros, que podem ter, entre outras consequências, implicações à saúde pública (BARBIERI, 2007).

A radiação eletromagnética emitida pelas antenas de radiofrequência pode ser entendida como um tipo nocivo de poluição ambiental, pois suas implicações à saúde podem ser severas, dependendo do nível de radiação e frequência da exposição humana em longo prazo.

A Lei 6.938/1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, traz em seu art. 3º, incisos III e IV definições importantes para esta discussão, ao definir poluição, como qualquer tipo de degradação da qualidade ambiental que tenha, dentre outras consequências, impacto nocivo, direto ou indireto, a saúde, segurança e bem-estar da população. Este dispositivo legal ainda esclarece que se pode entender como poluidor, a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade que cause degradação ambiental.

Nesse contexto, uma vez que a poluição ambiental está relacionada a qualquer atividade humana que promova degradação ambiental, tendo dentre os impactos previstos, implicações à saúde e ao bem estar da população, é importante que a radiação eletromagnética, como tipo peculiar de poluição ambiental, seja devidamente monitorada pelos agentes públicos governamentais.

As atividades poluidoras ou potencialmente poluidoras precisam ser licenciadas, atendendo a critérios estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. A exigibilidade de tal licenciamento pode ser observada no art. 10 da Lei nº. 6.938/1981, com redação dada pela Lei nº. 7.804/1989, onde expressa que o prévio licenciamento por órgão estadual integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA é condicionante para que seja autorizada qualquer obra de instalação, ampliação ou funcionamento de empreendimentos que, por suas características, sejam considerados poluidores efetivos ou em potencial, capazes de provocar degradação ambiental de qualquer gênero.

Ainda no que se refere às questões relativas à poluição, outro fator a ser observado trata dos padrões nacionais de qualidade do ar, estabelecidos pelo

CONAMA, 1990. Assim, de acordo com o Art. 1º da Resolução CONAMA 003/1990, o padrão de qualidade do ar está diretamente relacionado às concentrações de poluentes atmosféricos que, uma vez ultrapassadas, poderão impactar na saúde, segurança e/ou bem-estar da população, ou ainda provocar danos ao meio ambiente em geral. Nesse contexto, poluente atmosférico pode ser considerado como qualquer forma de matéria ou energia, cuja intensidade, quantidade, concentração, tempo ou características excedam os níveis previamente estabelecidos.

O CONAMA, entretanto, não tipifica claramente a radiação eletromagnética como uma das fontes efetiva ou potencialmente causadora de poluição ambiental a ser avaliada quando do licenciamento de qualquer empreendimento, não somente para instalação e operação de antenas emisoras de radiação eletromagnética, mas também todo e qualquer empreendimento futuro passível de ocupação humana em proximidade a estas antenas.

Destarte, nota-se que a radiação eletromagnética oriunda de estações de radiobase da telefonia celular, estações de rádio e televisão, se em níveis de radiação acima dos previstos, pode tornar o ar ou ambiente local nocivo à saúde. As ERB's da telefonia celular, assim como as estações de rádio e televisão, caso estejam em desacordo com as normas legais reguladoras vigentes, podem causar poluição ambiental por campos eletromagnéticos, trazendo riscos à saúde pública.

A competência pela fiscalização de atividades poluidoras pode ser observada no art. 11 § 1º da Lei nº 6.938/1981, com redação dada pela Lei nº. 7.804/1989, onde diz que “a fiscalização e o controle da aplicação de critérios, normas e padrões de qualidade ambiental serão exercidos pelo IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - em caráter supletivo da atuação do órgão estadual e municipal competentes”. Neste sentido, deve haver uma fiscalização intensa em tais atividades por parte dos órgãos competentes.

A exposição humana a campos eletromagnéticos acima dos limites permitidos pode levar a graves implicações à saúde. Para assegurar a preservação da saúde e do meio ambiente no país são adotadas políticas baseadas nas recomendações da Organização Mundial da Saúde - OMS, para exposição humana à radiação eletromagnética, legalmente definidas na Lei nº. 11.934, de 05 de maio de 2009, que dispõe sobre limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, como exposto a seguir:

Para garantir a proteção da saúde e do meio ambiente em todo o território brasileiro, serão adotados os limites recomendados pela Organização Mundial de Saúde – OMS para exposição ocupacional e da população em geral a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos gerados por estações transmissoras de radiocomunicação, por terminais de usuário e por sistemas de energia elétrica que operam na faixa de 300 GHz. (LEI 11.934/2009, Art. 4º)

Porém devido à dinâmica sócio-espacial, e a necessidade das empresas privadas de telecomunicações, os limites de distância entre ERB's e áreas de ocupação humana podem não ser obedecidas, requerendo assim, fiscalização dos órgãos competentes.

O monitoramento periódico das radiações emitidas por cada torre de transmissão que emitem ondas eletromagnéticas deve também ser realizado por parte das operadoras de comunicação via rádio, como mostra o art. 13 da Lei 11.934/2009:

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

Estas medições visam garantir a proteção à saúde de maneira contínua, sendo uma das exigências legais para a continuidade da licença de operação das operadoras de radiocomunicação. A fiscalização da atividade é de competência do órgão regulador federal, sendo de sua responsabilidade a adoção de medidas reguladoras, como apresentado na Lei 11.934/2009:

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

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

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

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

V – realizar medições de conformidade, atendendo a solicitações encaminhadas por autoridades do poder público de qualquer de suas esferas. : [...]

Art. 13. As prestadoras de serviços que utilizem estações transmissoras de radiocomunicação deverão, em intervalos máximos de 5 (cinco) anos,

realizar medições dos níveis de campo elétrico, magnético e eletromagnético de radiofrequência, provenientes de todas as suas estações transmissoras de radiocomunicação.

O órgão regulador federal responsável pela fiscalização dos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos de radiofrequências é a ANATEL, a qual deve atentar para o conjunto de emissões de todas as fontes de radiação eletromagnéticas, nos chamados locais multiusuários, onde mais de uma estação operam em frequência de rádio distintas.

Quanto às áreas críticas expressas nesta legislação, estas se referem ao perímetro mínimo que deve ser guardado de 50 (cinquenta) metros de hospitais, clínicas, escolas, creches e asilos.

Já em nível Estadual, não se tem conhecimento de qualquer tipo de legislação específica que regule a instalação e operação de estações de telecomunicações no Amazonas, de modo que tal atividade fica condicionada aos critérios estabelecidos por órgãos públicos de âmbito federal e municipal.

Dos sessenta e um municípios do Amazonas, apenas Manaus possui uma norma legal que busca disciplinar e regular o licenciamento das estações de telecomunicação, que engloba as ERB's e estações de radiodifusão. Trata-se da Resolução/CODEMA nº 008/2010, que leva em conta questões como segurança, saúde e paisagem urbanística, além de basear-se nas orientações da Organização Mundial de Saúde – OMS, e do *International Non-ionizing Radiation Committee* – ICNIRP.

Além de aspectos concernentes à qualidade dos serviços de telecomunicações, a sociedade deve estar atenta aos possíveis efeitos nocivos à saúde causados pela excessiva proximidade das estações transmissoras de radiocomunicação em relação a locais passíveis de ocupação humana.

Quanto aos limites máximos de radiação para CEMRF – Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na faixa de Radio Frequência - permitidos, estes estão expressos no anexo da Resolução 303 da ANATEL (Tabela 02).

**Tabela 02.** Limites para exposição da população em geral a CEMRF na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz (valores eficazes não perturbados).

Faixa de Radiofrequências	Intensidade de Campo, E (V / m)	Intensidade de Campo, H (A / m)	Densidade de potência da onda plana equivalente, Seq (W / m <sup>2</sup> )
9 kHz a 150 kHz	87	5	---
0,15 MHz a 1 MHz	87	0,73/ f	---
1 MHz a 10 MHz	87/ f ½	0,73/ f	---
10 MHz a 400 MHz	28	0,073	2
400 MHz a 2000 MHz	1,375 f ½	0,0037 f 1/2	f /200
2 GHz a 300 GHz	61	0,16	10

Fonte: Anexo à Resolução 303 - ANATEL, 2002.

As estações transmissoras de rádio FM (Frequência Modular) e de Televisão aberta e digital operam em faixa de frequência entre 10 MHz a 400 MHz. Dessa forma, os limites máximos de exposição para a população geral são de: 28 V/m (volts por metro) para o Campo Elétrico; 0,073 A/m (ampere por metro) para o Campo Magnético; e de 2 W/m<sup>2</sup> (watts por metro quadrado) para Densidade de potência.

Já as estações de radiobase da telefonia celular – ERB operam em faixa que varia entre 400 MHz a 2000 MHz, tendo como limites de exposição para a população geral os valores correspondentes a esta faixa de frequência, para os Campos Elétricos, Campos Magnéticos e Densidade de Potência, onde “f” representa o valor exato da frequência em que opera a antena transmissora.

### 2.3 AVALIAÇÃO DE RISCO AMBIENTAL

Paralelamente aos avanços tecnológicos e contínuo processo de desenvolvimento pelo qual a sociedade moderna está constantemente submetida, agravam-se proporcionalmente os danos ambientais que, por vezes, incidem até mesmo na saúde da população em geral. Neste cenário, dentre as questões de cunho ambiental, surge o conceito de risco ambiental.

A noção de risco inicia-se com o advento das sociedades contemporâneas, período em que as revoluções científicas têm início. A percepção de risco nesse

período se justifica pelas consequências trazidas por conta das fortes transformações sócio-culturais, políticas e econômicas, aliadas a avanços no campo da ciência e tecnologia, pelos quais aquela sociedade é submetida (FREITAS, 2001 apud RIBEIRO, 2005).

A avaliação de risco ambiental representa um importante instrumento voltado a mensurar racionalmente os riscos reais e potenciais ao ambiente, de tal forma a subsidiar tomadas de decisões mais acertadas quanto à preservação da seguridade ambiental e humana. Carpenter (1995) relata que avaliação de risco ambiental busca inferir os riscos à saúde humana, ao ecossistema e aos bens econômicos gerados por eventuais atividades antrópicas ou fenômenos naturais que possam alterar o equilíbrio ambiental.

As transformações nas relações do homem com o ambiente, a partir da Revolução Industrial, apoiada a um modelo de economia capitalista em crescente desenvolvimento, tornam mais notórios os riscos ambientais provenientes da ação humana. Até então, a definição de risco estava tão somente relacionada a manifestações divinas, uma vez que fenômenos e desastres naturais como terremotos, maremotos, furacões, dentre outros, eram compreendidos como representação da vontade dos deuses (FREITAS, 2001 apud RIBEIRO, 2005).

O autor complementa apresentando uma visão histórica da metodologia utilizada na interpretação e análise de riscos ambientais, conforme apresentado na seguinte citação:

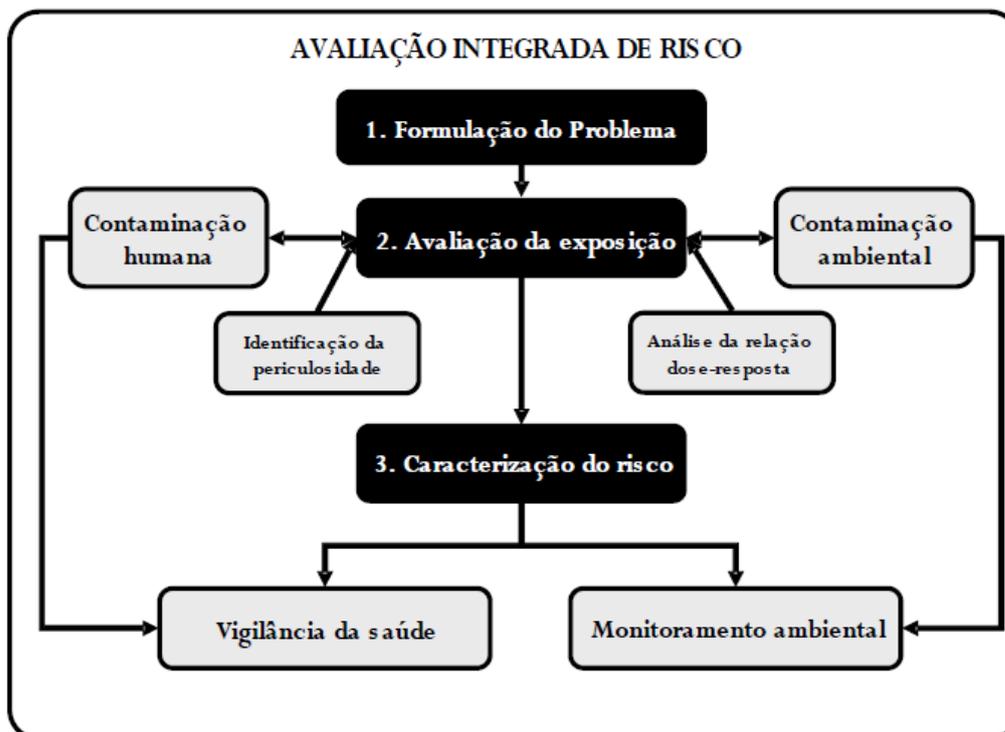
[...] apresentando uma perspectiva histórica da análise e do gerenciamento de riscos, consideram o grupo denominado Asipu, que viveu na Mesopotâmia por volta de 3.200 a.C., como um dos primeiros que realizavam algo similar ao que hoje entendemos como 'análise de riscos'. Em suas análises, esse grupo identificava as importantes dimensões do problema em questão e as ações alternativas face ao mesmo, coletando dados sobre os possíveis resultados de cada alternativa. Os melhores dados disponíveis eram considerados sinais dos deuses, que os sacerdotes do grupo Asipu estavam especialmente qualificados para interpretar, selecionando a partir deles a melhor alternativa (FREITAS, 2001 apud RIBEIRO 2005, p. 27).

O aspecto divino nas avaliações de risco somente perde importância a partir da Revolução Industrial, quando as transformações sociais evidenciam que o homem é responsável pelos impactos gerados ao ambiente, cabendo a ele avaliar e mitigar tais impactos.

Nesse contexto, a radiação eletromagnética caracteriza-se como um tipo peculiar de poluição ambiental, cujos riscos de causar danos à saúde pública são latentes. Cabe, nesse sentido, uma avaliação de risco criteriosa afim de regular as atividades de comunicação que utilizam campos eletromagnéticos como meio de difusão de informações, podendo ser citado a título de exemplo ERB's da Telefonía Móvel Celular, Estações de Rádio Difusão, Estações de Televisão Convencional e Digital e Estações de Rádios Comunitárias.

A avaliação de risco ambiental compreende um processo pelo qual são estabelecidos níveis aceitáveis de risco que um determinado agente ou atividade pode causar, seja para grupo social específico, a sociedade como um todo, ou para ecossistema (KOLLURO *et. al*, 1998). Destarte, avaliação de risco possibilita uma base mais sólida para a tomada de decisões, levando em conta os riscos ambientais que diversas fontes agressoras podem causar ao ambiente e à saúde humana (SUTTER II *et. al*, 2003).

A EPA em 1998 (*ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY- EPA*, 1998), orienta que a avaliação de risco deve ser desenvolvida a partir de três etapas sequenciais: Identificação do problema; análise da exposição e dos efeitos; e caracterização do risco. Esta metodologia de avaliação de risco fica, então, esquematizada conforme mostra a Fig. 03, proposta pela EPA, 1998:



**Figura 03:** Etapas para o processo de avaliação de risco.  
Fonte: Waichman (2008).

Na etapa de formulação do problema é planejada e definida a avaliação de risco, com base no levantamento de todas as variáveis envolvidas no processo. Já na etapa de avaliação da exposição são apontados os tipos de danos causados pelo agente agressor, podendo incidir diretamente sobre o ambiente ou sobre a saúde humana. Por fim, na etapa de caracterização do risco, são estabelecidas ações de vigilância da saúde ou monitoramento ambiental, de acordo com o tipo de exposição identificado na etapa anterior (WAICHMAN, 2008).

Portanto, a avaliação de risco pode ser entendida como um processo sistemático, constituído por etapas sequenciais, onde a finalidade seria apontar os riscos de determinado evento, seja para o ambiente ou para a saúde humana.

## 2.4 O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Cabe aplicar o Princípio da Precaução quando se está diante de atividades potencialmente danosas à saúde ou ao ambiente cujas causas e efeitos não sejam totalmente conhecidos pela comunidade científica. Em tal situação, medidas

preventivas devem ser tomadas, visando assegurar a proteção ambiental e a saúde pública (TICKNER *et. al*/ apud DODE, 2003).

#### **2.4.1 Origem e evolução do Princípio da Precaução**

O Princípio da Precaução surge como tentativa de equacionar questões que envolvem as relações entre meio ambiente, ciência, tecnologia e interesses econômicos conflitantes entre si. A adoção do Princípio da Precaução se deu devido à ineficiência de um princípio já adotado anteriormente, denominado Princípio da Prevenção, uma vez que este requer que haja comprovação científica dos efeitos danosos provenientes de atividades ou substâncias. Thieffry (1999, p. 82), ao comparar os princípios da precaução e da prevenção, ressalta que:

[...] este último se limita a prescrever que a política ambiental cuide de impedir a criação de poluição, pela adoção de medidas tendentes a erradicar um risco conhecido, o que é dificilmente contestável. Por contraste, o princípio da precaução exige que sejam tomadas medidas visando a evitar um risco que não é mais que suposto, o que dá margem a uma legítima discussão sobre a seriedade dessa eventualidade.

Portanto, o Princípio da Precaução gera grande controvérsia em sua avaliação, já que estabelece medidas a serem adotadas frente a eventos ou substâncias cujos efeitos nocivos estão meramente no campo das hipóteses ou suposições, dispensando certezas científicas. Entretanto, em favor ao Princípio da Precaução, argumenta-se que há um risco injustificável, em se esperar por avanços científicos que possam estabelecer os reais danos ambientais das atividades analisadas.

Corroborando para a o esclarecimento da definição do princípio da precaução dentro do ordenamento jurídico brasileiro, é importante para um maior aprofundamento da discussão, ressaltar que:

O princípio da precaução está ligado aos conceitos de afastamento de perigo e segurança das gerações futuras, como também de sustentabilidade ambiental das atividades humanas. Este princípio é a tradução da busca da proteção da existência humana, seja pela proteção de seu ambiente como pelo asseguramento da integridade da vida humana. A partir desta premissa, deve-se também considerar não só o risco eminente de uma determinada atividade, como também os riscos futuros decorrentes de empreendimentos humanos, os quais nossa compreensão e o atual estágio

de desenvolvimento da ciência jamais conseguem captar em toda densidade (DERANI 2005 p. 11).

Fica claro, que o princípio da precaução tem como foco principal a seguridade da proteção à vida humana, diretamente, prevenindo a população de atividades que possam ser nocivas à saúde, ou indiretamente, garantindo a manutenção do ambiente natural, tanto para gerações atuais quanto para gerações futuras. Para tanto, este princípio contempla as atividades humanas, ainda que suas consequências não sejam de total conhecimento científico.

O Princípio da Precaução também conhecido como Princípio do Acautelamento “surgiu pela primeira vez na Alemanha no início da década de 1970, no contexto dos debates ecológicos que ali se desenvolviam” (GIDDENS 2000, p. 41). As preocupações sócio-ambientais e o fortalecimento de organizações de proteção ao ambiente servem de plano de fundo para o surgimento do Princípio da Precaução.

O foco das medidas de precaução daquela época estava voltado à regular a emissão de poluentes no ar. Adota-se o Princípio da Precaução diante da impossibilidade de reparação ou mitigação dos danos ambientais após a emissão dos poluentes. Nestes termos, o Princípio da Precaução passa a ser amplamente utilizado nas políticas ambientais internacionais, a partir das bases do direito ambiental aplicado na Alemanha (RIBEIRO, 2005).

#### **2.4.2 O Princípio da Precaução no Brasil**

No âmbito do direito brasileiro, O princípio da precaução, na exigência do inciso IV da Constituição Federal de 1988, está relacionado ao fato de que o ônus da prova cabe ao proponente de qualquer atividade com potencial de dano ambiental, que por meio de estudo prévio de impacto ambiental deverá comprovar que tal atividade não oferece dano, atual ou futuro, ao ambiente ou à sociedade.

Ademais, Rios (2001) defende que, ao se aplicar o princípio da precaução através de estudo prévio de impacto ambiental, pode-se antever, com base em estudos científicos, possíveis danos ambientais que seriam causados, caso a atividade avaliada fosse implementada. Por outro lado, diante de incerteza científica

o mais prudente seria aguardar por avanços científicos, ainda que em dissonância a interesses econômicos que pressionam por aprovação imediata.

Sampaio (2003) complementa, ao afirmar que a finalidade do princípio da precaução, constante na avaliação de impacto ambiental exigida pela Constituição Federal, está em evitar uma degradação ambiental iminente, cuja dificuldade de reparo ocasionaria um custo sócio-ambiental injustificável.

Na Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente - PNMA, o princípio do acautelamento é base para proteção ambiental, tendo como um de seus instrumentos de controle a avaliação de impactos ambientais. Este dispositivo legal evidencia ainda a exigibilidade de prévio licenciamento ambiental, não só para construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos ou atividades efetivamente poluidoras, como também aquelas com qualquer potencial de dano ambiental.

Outra aplicação do princípio da precaução, no âmbito das legislações brasileiras, é notada na Lei de Crimes Ambientais, Lei 9.605/98, ao prever pena de reclusão de um a cinco anos nos seguintes termos:

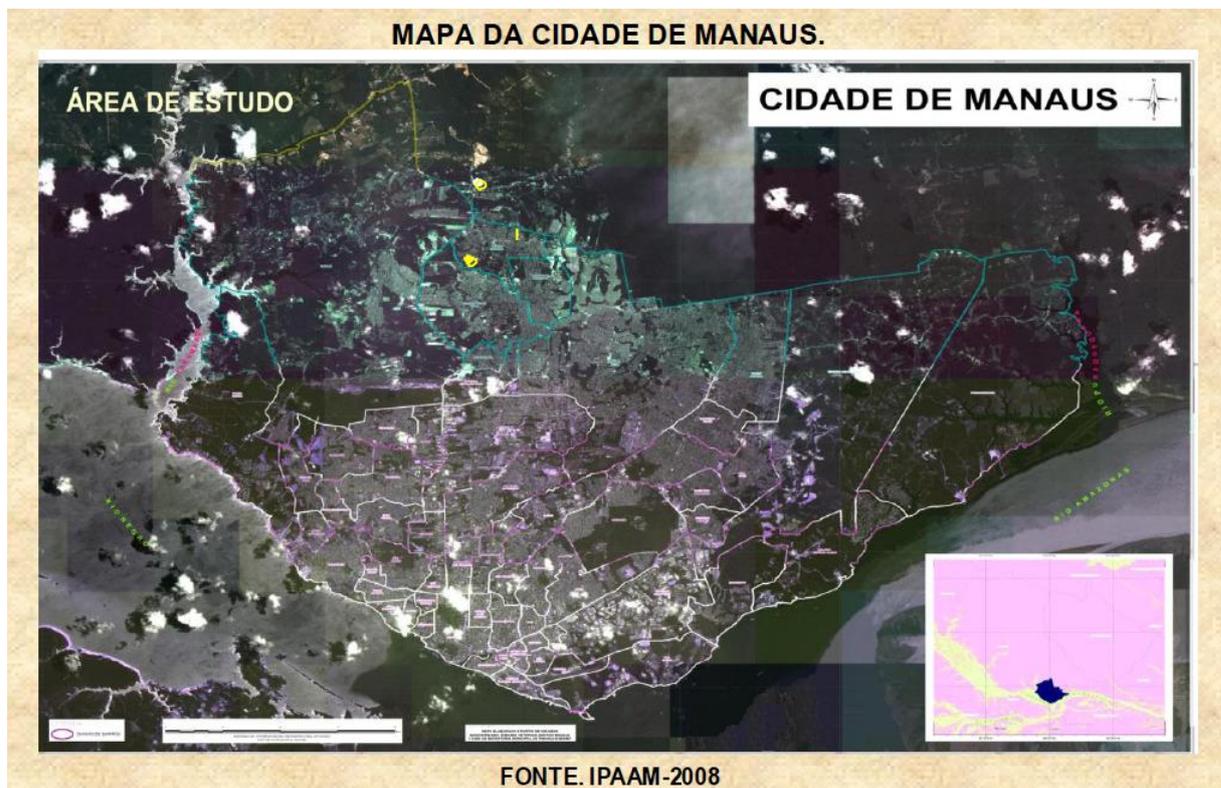
Art. 54 § 3º Incorre nas mesmas penas previstas no parágrafo anterior quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível.

Assim, com base no ordenamento jurídico nacional e internacional, e demais definições já apresentadas, o foco princípio da precaução está em reconhecer que apesar haver limitações no campo científico que impossibilitem uma avaliação quantitativa de certos riscos ambientais, cabe ao proponente comprovar a seguridade ambiental do empreendimento, não podendo a sociedade arcar com riscos ambientais, sejam eles reais ou potenciais.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Área de Estudo

O estudo foi conduzido na área urbana da cidade de Manaus, Amazonas (Fig. 04). Foi trabalhado com duas categorias de Torres de Comunicação via rádio: Estações de Radiobase (ERB) da telefonia celular e Estações de Radiodifusão (Rádio FM e Televisão). Previamente as Torres foram georeferenciadas em base cartográfica usando imagens de satélite do Google Earth, para fins de localização e espacialização nas respectivas zonas urbanas de Manaus.



**Figura 04:** Mapa da cidade de Manaus, AM.  
Fonte: IPAAM, 2008.

O critério de seleção das ERB's da telefonia celular, para aferição dos campos eletromagnéticos, deu-se com base no maior adensamento de antenas, uma vez que esses campos podem ser acumulativos. Sendo assim, o bairro escolhido para tal análise foi o bairro do centro (ZONA SUL), por conter maior adensamento de torres, de acordo com análise prévia em campo e dados de cadastro disponíveis no

sítio eletrônico da ANATEL, perfazendo um total de 34 (trinta e quatro) ERB's (Quadro 01).

**Quadro 01:** Lista de estações de radiobase da telefonia celular localizadas no bairro do centro, zona sul do município de Manaus, AM.

Descrição	Bairro	Logradouro	Coord. Geográficas	
			Latitude	Longitude
ERB Nº 1.	CENTRO	AV. CONSTANTINO NERY - nº 940	03º07'02''S	60º01'35''W
ERB Nº 2.	CENTRO	AVENIDA CONSTANTINO NERY - nº 233	03º07'24''S	60º01'38''W
ERB Nº 3.	CENTRO	AVENIDA CONSTANTINO NERY - nº 940	03º07'02''S	60º01'35''W
ERB Nº 4.	CENTRO	AVENIDA EDUARDO RIBEIRO - nº 815	03º08'04''S	60º01'26''W
ERB Nº 5.	CENTRO	AVENIDA FLORIANO PEIXOTO - nº 215	03º08'15''S	60º01'26''W
ERB Nº 6.	CENTRO	AVENIDA FLORIANO PEIXOTO - nº 540	03º08'10''S	60º01'13''W
ERB Nº 7.	CENTRO	AVENIDA GETULIO VARGAS - nº 671	03º07'50''S	60º01'16''W
ERB Nº 8.	CENTRO	AVENIDA GETULIO VARGAS - nº 950	03º07'35''S	60º01'12''W
ERB Nº 9.	CENTRO	AVENIDA JOAQUIM NABUCO - nº 1126	03º07'54''S	60º01'07''W
ERB Nº 10.	CENTRO	AVENIDA JOAQUIM NABUCO - nº 1867	03º07'32''S	60º01'08''W
ERB Nº 11.	CENTRO	AVENIDA LEONARDO MALCHER - nº 854	03º07'34''S	60º01'25''W
ERB Nº 12.	CENTRO	AVENIDA RAMOS FERREIRA - nº S/N	03º07'43''S	60º00'47''W
ERB Nº 13.	CENTRO	AVENIDA SETE DE SETEMBRO - nº 1251	03º08'04''S	60º01'12''W
ERB Nº 14.	CENTRO	AVENIDA SETE DE SETEMBRO - nº 1416	03º08'05''S	60º01'06''W
ERB Nº 15.	CENTRO	AVENIDA SETE DE SETEMBRO - nº 1801	03º08'04''S	60º00'54''W
ERB Nº 16.	CENTRO	RUA APURINA - nº 196	03º07'16''S	60º01'08''W
ERB Nº 17.	CENTRO	RUA COSTA AZEVEDO - nº 156	03º07'52''S	60º01'19''W
ERB Nº 18.	CENTRO	RUA DEZ DE JULHO - nº 183	03º07'46''S	60º01'30''W
ERB Nº 19.	CENTRO	RUA DOS BARES - nº 145	03º08'23''S	60º01'22''W
ERB Nº 20.	CENTRO	RUA DOS BARES - nº 182	03º08'25''S	60º01'21''W
ERB Nº 21.	CENTRO	RUA FERREIRA PENA - nº 700	03º07'25''S	60º01'28''W
ERB Nº 22.	CENTRO	RUA GUILHERME MOREIRA - nº 326	03º08'07''S	60º01'22''W
ERB Nº 23.	CENTRO	RUA HENRIQUE MARTINS - nº 539	03º08'01''S	60º01'15''W
ERB Nº 24.	CENTRO	RUA JOAQUIM SARMENTO - nº 123	03º08'00''S	60º01'30''W
ERB Nº 25.	CENTRO	RUA JOAQUIM SARMENTO - nº 396	03º07'51''S	60º01'30''W
ERB Nº 26.	CENTRO	RUA JONATHAS PEDROSA - nº 192	03º08'06''S	60º00'55''W
ERB Nº 27.	CENTRO	RUA LEOVEGILDO COELHO, nº 237	03º08'19''S	60º01'18''W
ERB Nº 28.	CENTRO	RUA LUIS ANTONY - nº 418	03º07'45''S	60º01'37''W
ERB Nº 29.	CENTRO	RUA MAJOR GABRIEL - nº 86	03º08'02''S	60º01'00''W
ERB Nº 30.	CENTRO	RUA MARECHAL DEODORO - nº 89	03º08'11''S	60º01'29''W
ERB Nº 31.	CENTRO	RUA RAMOS FERREIRA - nº 2626	03º07'43''S	60º00'30''W
ERB Nº 32.	CENTRO	RUA RAMOS FERREIRA - nº 700	03º07'42''S	60º01'29''W
ERB Nº 33.	CENTRO	RUA SILVA RAMOS - nº 1099	03º07'04''S	60º01'21''W
ERB Nº 34.	CENTRO	RUA VISCONDE DE MAUA - nº S/N	03º08'04''S	60º01'46''W

Fonte: Adaptado de ANATEL (2011).

A concentração de ERB's da telefonia celular no bairro do centro da cidade de Manaus pode ser evidenciada na Fig. 05, onde está representada a distribuição das estações em base cartográfica, utilizando imagens Google Earth.



**Figura 05:** Distribuição espacial das ERB's analisadas no bairro do Centro da cidade de Manaus, AM. Fonte: Google Earth, 2011.

Cada marcador sinaliza uma ERB do sistema de telefonia instalada no bairro do centro da cidade de Manaus, onde foi mensurada a intensidade do campo eletromagnético emitida no perímetro de cada torre.

Quanto às estações de radiodifusão - rádio FM e televisão aberta e digital - um dos critérios utilizados para a escolha dos locais de avaliação foi a proximidade inferior a 100 metros entre as torres de transmissão e as edificações passíveis de ocupação humana. Tomou-se como referência a Resolução 303 da Anatel, que estabelece, entre outros aspectos, as expressões para cálculo de distâncias mínimas entre as antenas de estações transmissoras para atendimento aos limites mínimos de exposição da população.

Outro critério adotado foi o agrupamento de torres em uma mesma área. No caso de Estações de rádio e televisão, as ondas eletromagnéticas são direcionadas horizontalmente, buscando uma maior amplitude de cobertura, ou seja, a maior intensidade de radiação encontra-se em locais mais altos, já que as antenas estão

instaladas no topo de estruturas. Por esse motivo, foram escolhidos Edifícios passíveis de ocupação humana, em proximidade às estações de rádio e televisão, para analisar a intensidade de radiação eletromagnética nesses locais.

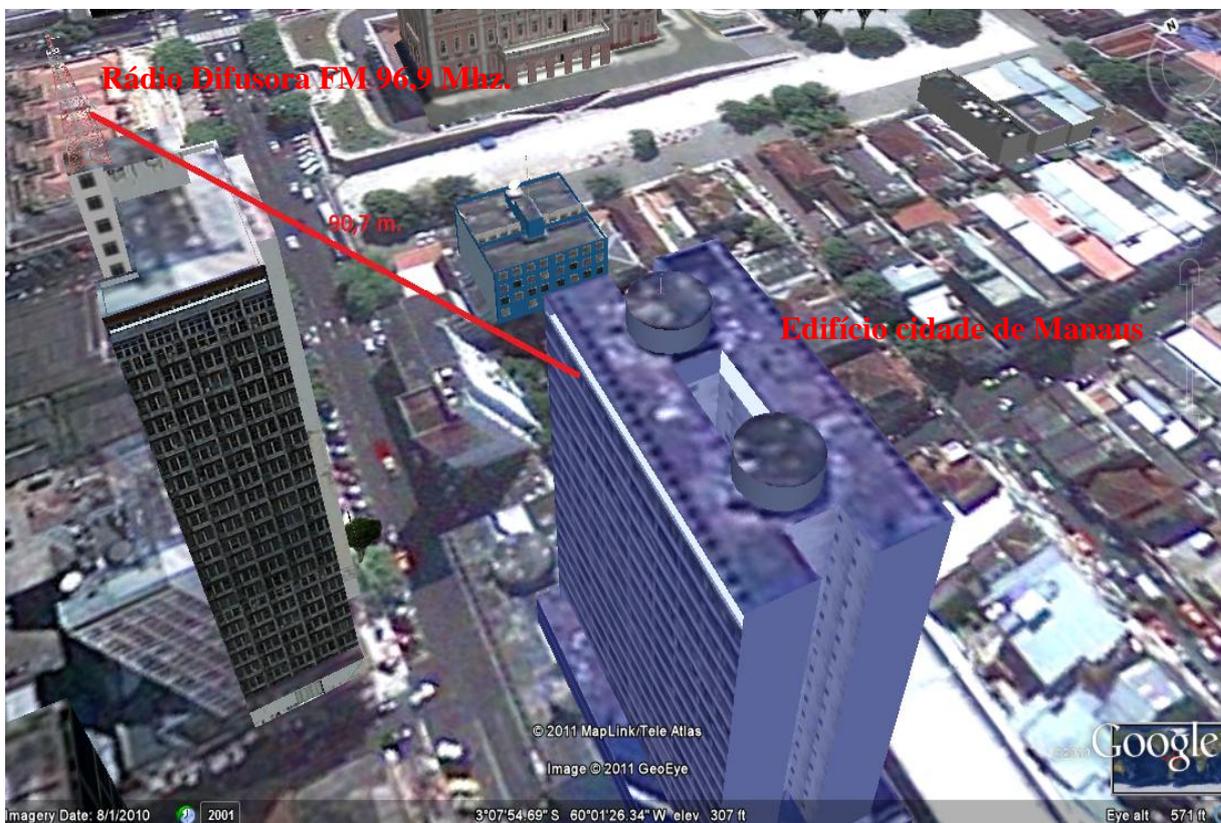
Assim, o primeiro local escolhido foi o perímetro em torno de três estações de rádio e televisão no bairro do Aleixo, zona Centro-Sul de Manaus: estação de rádio e TV Amazonas; estação da TV Acrítica, canal 04; e TV Rio Negro, canal 13, onde a distância média entre as torres é de 272m. Nesse perímetro, identificou-se como unidade vulnerável à radiação o Edifício Portal da Cidade (latitude 03°06'17''S e Longitude 60°00'09''), o qual foi tomado como referência para as medições da intensidade de radiação no local (Fig. 06).



**Figura 06:** Localização das torres em relação ao Edifício Portal da Cidade - Aleixo.  
Fonte: Google Earth, 2011.

O segundo local escolhido foi o Edifício Cidade de Manaus, localizado na Avenida Eduardo Ribeiro, centro da cidade, por está localizado a uma distância de

cerca de 90 metros em relação à estação rádio Difusora FM, registrada no vigésimo primeiro andar (Fig. 07).



**Figura 07:** Localização da torre em relação ao Edifício Cidade de Manaus – Centro da cidade de Manaus, AM.

Fonte: Google Earth, 2011.

### 3.2. COLETA DE DADOS

Visando a obtenção de dados que mensurem o nível de radiação emitida pelas antenas no perímetro dos locais escolhidos para análise, foram feitas medições com a utilização da sonda Extech Extech® EMF – 8 GHz, instrumento utilizado para medição do campo eletromagnético. A medição do campo eletromagnético se deu na direção de seu maior ganho, ou seja, direção de máxima radiação, a partir das duas categorias de torres definidas conforme critérios já mencionados.

A sonda fornece os valores referentes à intensidade do campo elétrico observado no perímetro dos locais a serem analisados. A partir desse valor é possível se calcular a intensidade do campo magnético e a densidade de potência irradiada.

$$S = E^2 / 377 \text{ e;}$$

$$H = E / 377$$

Onde:

S é a densidade de potência, em W/m<sup>2</sup>;

E é a intensidade do campo elétrico, em V/m;

H é a intensidade do campo magnético, em A/m;

377 é o valor da impedância de espaço livre, em Ohms.

As medições nos locais escolhidos foram feitas com base na metodologia proposta na Resolução 303 da ANATEL, que define no Art. 3º, inciso XVIII, exposição contínua aos CEMRF - Campos Elétricos, Magnéticos e Eletromagnéticos na faixa de Radio Frequência - como sendo:

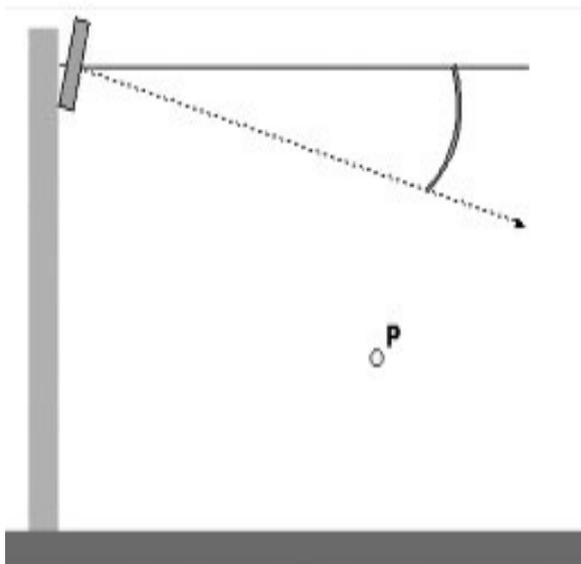
“Exposição a CEMRF, por períodos de tempo superiores aos utilizados para se obter a média temporal. Neste regulamento, o período de tempo considerado para cálculo da média temporal é de 6 (seis) minutos.”

Assim, foi calculada a média das medidas realizadas em cada local de análise, de forma que as medidas foram realizadas com períodos de tempo de 6 (seis) minutos, conforme procedimentos normativos.

Para a medição do campo eletromagnético das ERB's selecionadas adotou-se como critério, para seleção do ponto de coleta dos dados, um raio de 100 metros a partir da torre, na direção de maior ganho da antena.

Este critério apóia-se no fato das ERB's direcionarem o foco de suas ondas para o solo, de forma que a intensidade da onda tende a aumentar à medida que se distancia da base da torre devido ao ângulo de inclinação da antena.

Assim, segundo Terada (2007), o ângulo formado a partir da inclinação da antena em direção ao solo eleva a intensidade do campo eletromagnético na região mais próxima do ponto P (Fig. 08).

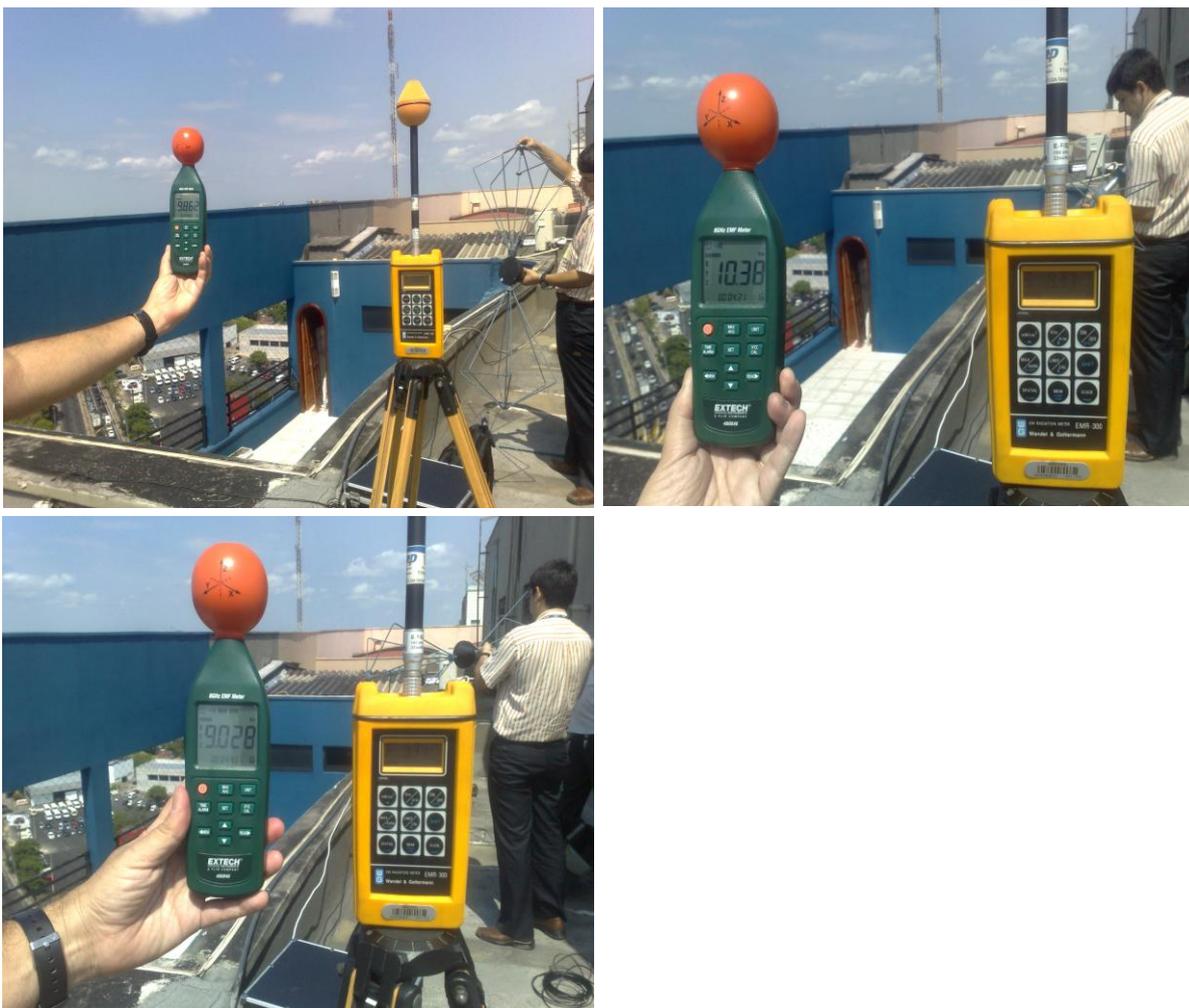


**Figura 08:** Modelo esquemático ilustrativo de uma antena de telefonia celular com inclinação.  
Fonte: Terada, 2007.

Para análise de intensidade dos CEMRF, oriundos de ERB's do sistema de telefonia móvel, foram realizadas medições no bairro do Centro da Cidade nos locais já definidos, no período compreendido entre 25 de julho de 2011 a 14 de setembro de 2011.

Quanto aos dados referentes às estações de radiodifusão, estes foram coletados nas seguintes datas: dia 09 de novembro de 2011 no edifício Portal da Cidade, por volta das 10h00min, e no dia 16 de novembro de 2011 no edifício Cidade de Manaus, por volta das 09h00min.

Para a avaliação da radiação emitida por estações de rádio difusão, os resultados obtidos com a sonda Extech EMF – 8 GHz foram comparados com outro modelo de instrumento, a Sonda Wandel & Goltermann EMR-300 com sonda tipo 8 (100 KHz a 3GHz). Esta comparação ocorreu com a finalidade de se avaliar eventuais variações no registro da intensidade dos campos eletromagnéticos ao se utilizar modelos de sondas diferentes, elevando a confiabilidade dos dados (Fig. 09).



**Figura 09:** Imagens das Medições dos CEMRF no Edifício Portal da Cidade.  
Foto: Pesquisa de Campo, 2011.

### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS

A presente pesquisa pode ser classificada, quanto ao método, como descritivo-analítica. 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 determinado problema ou questão, sem, no entanto, manipulá-lo (COLLIS E HUSSEY 2005).

Neste sentido, o presente estudo avalia o problema da poluição causada pela radiação eletromagnética emitida por estações de comunicação via rádio, apresenta a intensidade dessa radiação e compara com os níveis de radiação eletromagnética amparados nos dispositivos legais.

Já a pesquisa analítica ou explanatória pode ser compreendida como uma extensão ou continuação da pesquisa descritiva, onde há uma tentativa de explicar o contexto de determinado problema, por meio de análise e argumentação sobre o motivo que levam à ocorrência do problema em questão (COLLIS E HUSSEY, 2005).

Assim, são discutidas, neste trabalho, as relações de causas e efeitos desse tipo peculiar de poluição ambiental, que envolve fatores políticos, sociais, ambientais e econômicos.

Os dados obtidos foram sintetizados, e apresentados em forma de tabelas. A partir desses dados foi possível avaliar a intensidade da radiação eletromagnética a qual a população está exposta, e compará-la com os limites máximos de exposição permitidos, tanto para ERB's da telefonia celular quanto para estações de radiodifusão.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 MEDIDAS PARA ERB's DA TELEFONIA CELULAR

Levando em consideração que as ERB's pesquisadas operam na faixa de radiofrequência de 900 MHz, e os limites de exposição da população aos CEMRF, para a referida faixa estão estabelecidos pela ANATEL (2002), chegou-se aos seguintes resultados (Tabela 03).

**Tabela 03.** Resultados das medições de radiofrequência no Centro da Cidade de Manaus, AM.

Descrição	Intensidade do Campo Elétrico (V/m)	Intensidade do Campo Magnético (A / m)	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).
TORRE 1.	2,21	0,0059	0,01
TORRE 2.	2,65	0,0070	0,02
TORRE 3.	2,45	0,0065	0,02
TORRE 4.	1,75	0,0046	0,01
<b>TORRE 5.</b>	<b>3,02</b>	<b>0,0080</b>	<b>0,02</b>
TORRE 6.	2,35	0,0062	0,01
TORRE 7.	1,59	0,0042	0,01
TORRE 8.	2,38	0,0063	0,02
TORRE 9.	2,58	0,0068	0,02
TORRE 10.	1,44	0,0038	0,01
TORRE 11.	1,25	0,0033	0,00
TORRE 12.	1,48	0,0039	0,01
TORRE 13.	2,53	0,0067	0,02
TORRE 14.	1,02	0,0027	0,00
TORRE 15.	2,56	0,0068	0,02
TORRE 16.	1,35	0,0036	0,00
TORRE 17.	2,79	0,0074	0,02
TORRE 18.	2,95	0,0078	0,02
TORRE 19.	1,49	0,0040	0,01
TORRE 20.	1,48	0,0039	0,01
TORRE 21.	2,84	0,0075	0,02
TORRE 22.	2,6	0,0069	0,02
TORRE 23.	2,34	0,0062	0,01
TORRE 24.	1,74	0,0046	0,01
TORRE 25.	2,14	0,0057	0,01
<b>TORRE 26.</b>	<b>3,1</b>	<b>0,0082</b>	<b>0,03</b>
TORRE 27.	2,35	0,0062	0,01
TORRE 28.	1,63	0,0043	0,01
TORRE 29.	1,47	0,0039	0,01
TORRE 30.	2,46	0,0065	0,02
TORRE 31.	2,74	0,0073	0,02
TORRE 32.	2,86	0,0076	0,02
TORRE 33.	2,88	0,0076	0,02
TORRE 34.	1,54	0,0041	0,01

Os resultados apresentados na Tab. 03 foram obtidos após registros de radiação com períodos de 6 (seis) minutos, atendendo aos critérios normativos da ANATEL (2002) para este tipo de levantamento de dados.

**Tabela 04.** Limites de Exposição à CEMRF na faixa de radiofrequência de 900 MHz.

Descrição	Limite Máximo para População Geral
Limite Exposição ao Campo Elétrico (V/m)	41,25
Limite de Exposição a Campo Magnético (A / m)	1,11
Limite de Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	4,50

Fonte: Adaptado de ANATEL (2002).

Nota-se que os resultados obtidos (Tab. 03), em todos os locais pesquisados, para intensidade do campo elétrico, magnético e densidade de potência irradiada, estão bem abaixo dos limites estabelecidos pela ANATEL (Tab. 04). Destaque para as torres de número cinco e vinte seis, que em comparação às demais, apresentaram valores levemente superiores para os parâmetros de Campo Elétrico (3,2 e 3,1 V/m) e Magnético (0,0080 e 0,0082 A/m), respectivamente.

Vale ressaltar que nenhuma das 34 ERB's observadas no estudo encontrava-se em desacordo com o que dispõe a Lei 11.934/2009, no que se refere ao distanciamento mínimo de 50 metros em relação a hospitais, clínicas, escolas, creches e asilos, entendidos como áreas críticas. Este fato se explica devido a todas as antenas das ERB's analisadas encontrarem-se instaladas no topo de estruturas, cuja altura em relação ao solo é sempre superior a 60 metros, ainda que as torres estejam instaladas ao lado dessas áreas consideradas críticas (Fig. 10).



**Figura 10.** Torre localizada nas proximidades da Escola Barão do Rio Branco na Av. Joaquim Nabuco (TORRE 09), no centro, Manaus, AM.

## **4.2 MEDIDAS PARA ESTAÇÕES DE RÁDIO DIFUSÃO**

### **4.2.1 Medições no Edifício Portal da Cidade**

As medições no Edifício Portal da Cidade, com as duas sondas, registraram valores inferiores aos correspondentes na legislação para intensidade dos campos elétricos, no topo do edifício, mesmo estando em maior proximidade horizontal das fontes de radiação (Tab. 05)

**Tabela 05.** Valores dos campos eletromagnéticos no topo do Edifício Portal da Cidade na cidade de Manaus, AM.

MEDIDA	Sonda Extech EMF-8GHz	Sonda Wandel & Goltermann EMR-300	Limite Exposição da População a CEMRF	Faixa de Radiofrequência (MHz)
Intensidade do Campo Elétrico (V/m)	9,75	11,05	28	
Intensidade do Campo Magnético (A / m)	0,025	0,029	0,073	10 a 400
Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> )	0,25	0,32	2	

Observa-se uma pequena disparidade em relação aos valores medidos com a sonda Extech em relação à Sonda Wandel & Goltermann, apesar desses valores estarem bem próximos. Deve-se considerar que esta diferença de valores pode ter relação com a variação de operação da antena, pois a mesma nem sempre opera em máxima capacidade.

Os limites de Exposição aos CEMRF são significativamente superiores em comparação com os observados em campo (Tab. 05), o que demonstra que não há indício de que as antenas estejam operando acima dos limites definidos pela ANATEL (2002).

#### 4.2.2 Medições no Edifício Cidade de Manaus

As medições no Edifício Cidade de Manaus localizado no bairro do centro da cidade, segunda torre escolhida para análise das radiações emitidas por estações de rádio e televisão, foram efetuadas de acordo com os critérios estabelecidos pela ANATEL, para verificação dos campos eletromagnéticos.

Devido à proximidade que os moradores dos últimos andares do edifício encontram-se em relação à estação Rádio Difusora FM (Fig. 06), há uma maior possibilidade de estes estarem expostos a níveis de radiação eletromagnética nocivos à saúde.

Com a utilização da sonda Extech EMF – 8 GHz, realizou-se medições prévias em todos os andares do prédio (Anexo 01), dessa forma, a torre onde se verificou

maior intensidade de campo elétrico foi o vigésimo primeiro andar, que se encontra a uma distância de cerca de 90 m em relação à estação (Tab.06).

**Tabela 06.** Valores das medições dos campos eletromagnéticos no Edifício Cidade de Manaus na cidade de Manaus, AM.

MEDIDA	Sonda Extech EMF- 8GHz	Sonda Wandel & Goltermann EMR-300	Limite Exposição da População a CEMRF	Faixa de Radiofrequência (MHz)
Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	19,68	17,01	28	
Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,052	0,045	0,073	10 a 400
Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	1,01	0,77	2	

Novamente, a exemplo dos resultados apontados no Edifício Portal da Cidade, percebe-se ligeira diferença de valores obtidos entre as duas sondas utilizadas (Tab. 06), porém estes valores são bastante aproximados.

Ao se comparar os resultados com os limites de exposição da população à CEMRF, nota-se que os valores medidos em campo encontram-se abaixo dos estabelecidos pela ANATEL (2002), porém os valores observados, tanto para campo elétrico quanto para campo magnético e densidade de potência irradiada, estão próximos aos limites máximos permitidos.

## 5. DISCUSSÃO

Os estudos científicos realizados ainda deixam considerável grau de incerteza quanto aos reais efeitos trazidos pela exposição humana aos campos eletromagnéticos de radiofrequência. Assim, há uma discussão e indefinição relativa à dose segura de radiação a qual o ser humano pode ser exposto de forma contínua e em longo prazo, sem que haja comprometimento de sua saúde (DODE, 2003).

A legislação brasileira segue os mesmos padrões de proteção à radiação eletromagnética estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde – OMS, que visa proteger a população dos chamados efeitos térmicos causados pela radiação. Basicamente, para se caracterizar os efeitos térmicos, a radiação eletromagnética deve ser tão intensa ao ponto de causar alteração na temperatura do corpo humano de no mínimo 1º C.

Entretanto, a questão mais complexa que é levantada é relativa a possíveis efeitos não térmicos causados pela radiação eletromagnética. Ou seja, ainda que não haja aumento de temperatura no corpo humano quando da interação com campos eletromagnéticos, em longo prazo esta interação pode trazer severas implicações à saúde. Uma vez que a legislação brasileira tem como base somente os efeitos térmicos para o estabelecimento dos limites de exposição aos campos eletromagnéticos de rádiofrequência, esses níveis permitidos são relativamente altos, pois para causar alteração de temperatura é necessária uma radiação mais intensa.

Por entender que a população está vulnerável à radiação em níveis mais baixos, mas que pode trazer efeitos não térmicos, pesquisas no Brasil e em diversas partes do mundo orientam a adoção do princípio da precaução para garantir a proteção à população circunvizinha às estações de telecomunicação (DODE, 2003).

É importante salientar o conflito de interesses que permeia o tema das radiações eletromagnéticas originárias de estações de telecomunicações. A primeira vertente a ser considerada refere-se ao interesse puramente econômico de concessionárias de telefonia celular e radio difusão, pois quanto maior a intensidade de radiação permitida pela legislação, maior será a amplitude de cobertura que estas concessionárias poderão alcançar, nestes termos, fica claro que o interesse econômico de grupos privados prevalece sobre a problemática ambiental.

Por outro lado, deve-se considerar a grave poluição ambiental que a radiação eletromagnética provoca, com impactos diretos à saúde da população. Em meio a estes interesses, de ordem econômica e ambiental está o poder público que precisa equacionar estes conflitos e tomar medidas que devem priorizar o bem estar comum, por meio de suas políticas públicas.

Neste contexto, o princípio da precaução surge como medida ideal a ser adotada, vez que propõe a adoção de ações que evitem riscos à população, ainda que estes sejam apenas riscos prováveis, sem comprovação científica (THIEFFRY 1999).

Ainda que não haja comprovação científica dos efeitos não térmicos causados por radiação eletromagnética, há uma sensível preocupação da comunidade científica acerca dos danos que a população pode estar sendo submetida por conta da contínua exposição aos campos eletromagnéticos de baixa intensidade. A adoção do princípio da precaução deveria ser considerada neste caso, de forma a reduzir os limites de exposição aos campos eletromagnéticos de rádio frequência – CEMRF permitidos para a população em geral, afim de que sejam também contemplados os efeitos não térmicos.

Outro fator significativo é a necessidade de constante e periódica fiscalização por parte dos órgãos competentes tanto para a instalação quanto para a operação de estruturas de comunicação que se propagam por meio de ondas eletromagnéticas, haja vista a possibilidade das operadoras em elevar a potência de suas antenas para obter maior amplitude de cobertura.

Dada a gravidade das doenças cancerígenas que podem ter relação com os efeitos não térmicos, recomenda-se aos órgãos de saúde competentes, a realização de levantamento estatístico do surgimento e/ou agravamento desse tipo de doenças nas comunidades vizinhas às estações de telecomunicação em geral.

Recomenda-se ainda, a não instalação de antenas de telecomunicação nas cercanias de escolas, creches, asilos, unidades hospitalares e similares, por entender que tais locais possuem populações mais vulneráveis aos efeitos da radiação eletromagnética.

Vale ressaltar que tal proibição já ocorrera na Cidade de Manaus, quando da vigência da Resolução COMDEMA nº 002/2008, que exigia um distanciamento de no mínimo 150m das antenas em relação a estes locais, considerados como áreas

críticas. Porém com a aprovação da resolução COMDEMA nº 008/2010, este distanciamento foi reduzido para 50m. Tal redução atende tão somente a interesses econômicos, das operadoras de telecomunicação, quanto à necessidade de comunicação e ignora possíveis implicações à saúde pública.

## 6. CONCLUSÃO

Levando em consideração somente os efeitos térmicos, que embasam a legislação nacional reguladora das atividades de comunicação via rádio, evidenciou-se, em todos os locais onde foram feitas as medições, tanto para telefonia celular quanto para estações de rádio e TV, níveis de radiação eletromagnética em conformidade com os limites de exposição estabelecidos pela ANATEL e Resolução 08/2010 do COMDEMA – Conselho Municipal de Desenvolvimento e Meio Ambiente de Manaus - para a população em geral. Deve-se salientar, no entanto, que não há garantia de que as estações de telecomunicação observadas estivessem operando em potência máxima quando da medição.

No caso específico das ERB's da telefonia celular, constatou-se, em todos os locais de análise, que os valores observados são bastante inferiores aos limites de exposição da ANATEL. Assim, pode-se afirmar que a intensidade de radiação medida não apresenta níveis suficientes para provocar efeitos térmicos na população.

Quanto as Estações de Radiodifusão (Rádio FM e Televisão), a primeira medição realizada no Edifício Portal da Cidade, no bairro do Aleixo, mostrou que os níveis de radiação eletromagnética, apesar de serem maiores se comparados com as ERB's da telefonia celular, não ultrapassaram os limites máximos estabelecidos na legislação nacional.

Já o caso do Edifício Cidade de Manaus, no bairro do Centro, apresentou uma intensidade significativa de radiação, pois em determinado momento constatou-se uma intensidade do campo elétrico de 19,68V/m, enquanto a ANATEL estabelece para este caso um Limite Exposição da População ao campo elétrico de 28V/m.

A pesquisa constatou que quanto maior a proximidade de prédios residenciais ou comerciais de antenas de radiodifusão como estações de televisão ou rádio, maior será a possibilidade haver intensidades de radiação que ofereçam risco à população nesses locais. No entanto, não se tem conhecimento de que haja uma exigência por parte do poder público de se avaliar previamente a radiação eletromagnética em locais onde se pretende construir prédios residenciais ou comerciais, ainda que o empreendimento esteja próximo a fontes emissoras de radiação eletromagnética já instaladas.

Nessas condições, seria viável a exigibilidade de mensuração dos níveis de radiação eletromagnética para a concessão do licenciamento ambiental de qualquer empreendimento, entendendo assim, a radiação eletromagnética como fonte efetiva ou potencialmente causadora de poluição ambiental nociva à saúde humana.

Com base na pesquisa realizada, pode-se afirmar que a radiação eletromagnética das estações de telecomunicação deve ser entendida como fonte de poluição ambiental, uma vez que coloca em risco a saúde da população em geral. Nota-se que há certa resistência dos organismos governamentais em atentar para as potenciais consequências desta radiação.

## 7. RECOMENDAÇÕES

A cidade de Manaus vem experimentando um intenso processo de verticalização das edificações para fins habitacionais, com estações de telecomunicação nas proximidades. Neste sentido, recomenda-se novos estudos com objetivo de analisar os impactos da radiação eletromagnética sobre essas habitações.

Uma vez que não há evidências definitivas sobre os efeitos não térmicos causados por radiação eletromagnética de baixa intensidade, urge a necessidade de estudos que apontem a evolução de doenças cancerígenas em populações que estejam expostas a este tipo de radiação ao longo dos anos de maneira contínua.

Novas pesquisas laboratoriais e de campo que visem ratificar a relação entre neoplasias e exposição humana continuada à radiação eletromagnética de baixa intensidade, seriam de grande valor para a efetivação dos efeitos não térmicos como fonte de poluição ambiental. Isto serviria de base para o estabelecimento, por parte do poder público competente, de novas legislações mais restritivas para o setor de comunicação via rádio, no Brasil.

## REFERÊNCIAS

ANATEL – AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. **Resolução 303: Regulamenta o Limite de exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequência entre 9 kHz e 300 GHz.** Brasil. De 02 de julho de 2002.

ARSAM - **Agência Reguladora dos Serviços Públicos Concedidos do Estado do Amazonas.** 2008. Disponível em: <http://www.arsam.am.gov.br/novo/?q=manaus>. Acesso em 25 de março de 2011.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial - conceitos, modelos e instrumentos.** 2ª Ed. São Paulo. Editora Saraiva, 2007.

BENTES JR, Jeú Linhares. **Utilização do sig e sensoriamento remoto como subsídio para elaboração do zoneamento ambiental da bacia hidrográfica do tarumã.** Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas. Dissertação de Mestrado Aprovada em 2009.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil,** de 05 de outubro de 1988. Publicada no D.O.U de 05 de outubro de 1988.

\_\_\_\_\_. LEI nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente.** Publicada no D.O.U. de 02 de setembro de 1981.

\_\_\_\_\_. LEI nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Lei de Crimes ambientais.** Publicada no D.O.U. de 13 de fevereiro de 1998.

\_\_\_\_\_. LEI nº. 11.934, de 05 de maio de 2009. **Limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos.** Publicada no D.O.U. de 06 de maio de 2009.

CARPENTER, R. A. Risk Assessment. In: VANCLAY, F.; BRONSTEIN, D. A. **Environmental and social impact assessment.** New York, John Wiley & Sons LTDA. 1995.

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

COMDEMA - CONSELHO MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE DE MANAUS RESOLUÇÃO nº 008, de 10 de agosto de 2010.

**Regulamenta o licenciamento das ERB's em Manaus.** Publicada no D.O.M. de 20 de agosto de 2010.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - Resolução nº. 003, de 28 de julho de 1990. **Padrões de Qualidade do Ar.** Publicada no D.O.U. de 22 de agosto de 1990.

DERANI, Cristiane. **Direito Ambiental Econômico.** Max Limonad, São Paulo, 1997.

DERANI, Cristiane: **Transgênicos no Brasil e Biossegurança.** Cristiane Derani (Org.). Sergio Antonio Fabris Ed., Porto Alegre, 2005.

DODE, Adilza Condessa. **Poluição Ambiental e Exposição Humana a Campos Eletromagnéticos: Estudo de Caso no Município de Belo Horizonte, com Ênfase nas Estações Radiobase de Telefonia Celular.** Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado Aprovada em 2003.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY-EPA. **Guidelines for ecological risk assessment. Risk Assessment Forum.** Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, (EPA/630/R-95/002F). 1998.

GIDDENS, Anthony. **Mundo em Descontrole - o que a globalização está fazendo de nós.** Rio de Janeiro: Record, 2000.

GOMIDE JÚNIOR, Miguel Ribeiro. **Radiações Eletromagnéticas não Ionizantes em unidades de conservação da natureza: Diagnóstico, Proposta para mapeamento, Monitoramento, Avaliação de Riscos e Licenciamento Ambiental.** Universidade Federal de Juiz de fora, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-graduação em Ecologia. Dissertação de Mestrado Aprovada em dezembro de 2008.

GOSWAMI P. C. *et. al.* **Proto-oncogene mRNA levels and activities of multiples transcriptions factores in C3H 10T1/2 mirine embryonic fibroblasts exposed to 835.62 and 847.74 MHz cellular phone communication frequency radiation.** Radiation Research 151: 300-309. 1999.

KOLLURU,R.V.; BROOKS,D.G.. Evaluación de riesgos integrada y administración estratégica. In: KOLLURU,R.V.; BARTELL,S.M.; PITBLADO,R.M.; STRICOFF,R.S. (Ed). **Manual de Evaluación y administración de riesgos.** McGraw-Hill. 1998.

LAI H. and SINGH N.P.. **Single-and duble-strand DNA brakes in rat brain cells after acute exposure to radiofrequency eletromagnetic radiation.** International Journal Of Radiation Biology 69:513-521. 1996.

MOULDER, John. **Cellular Phone Antennas (Base Stations) and Human Health**. 1997. Disponível em <http://www.mcw.edu/gcsrc/cop/cell-phone-health-FAQ/toc.html>. acesso em 25 de março de 2011.

PHILLIPS J. *et. al.* **“DNA damage in Molt-4 T-lymphoblastoid cells exposed to celular telephone radiofrequency fields in vitro**. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics* 45: 103-110. 1998.

RIBEIRO, Raquel. **O principio da precaução e a avaliação de risco no decreto 4.074/2002**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável. Aprovada em junho de 2005.

RIOS, Aurélio Virgílio Veiga. **Aspectos Jurídicos da Biossegurança no Brasil**. In AZEVEDO, Cristina Maria do Amaral e FURRIELA, Fernando Nabais da (orgs). **Biodiversidade e Propriedade Intelectual**. São Paulo: SMA, 2001.

SALES, A. A. **Riscos à Saúde Provocados pelos Telefones Celulares**. EGATEA, Revista da Escola de Engenharia da UFRGS. Vol. 24. 1997.

SAMPAIO. Francisco José Marques. **Evolução da Responsabilidade Civil e Reparação de Danos Ambientais**. Ed. Renovar: Rio de Janeiro, 2003.

SANTIAGO, B. *et.al.* **Hipertextos do Observatório Astronômico da UFRGS**. Disponível em [www.if.ufrgs.br](http://www.if.ufrgs.br). Acesso em 01 de abril de 2011.

SUTTER II, G. W. *et. al.* **Framework for the intergration of health and ecological risk assessment**. *Hum. Ecol. Risk Asses.* vol. 9(1). 2003.

TERADA, Marco Antonio Brasil. **Análise da Intensidade de Campo Elétrico de Estações Rádio-Base**. Revista Telecomunicações, vol. 11, no. 01. 2008.

THIEFFRY, Patrick. **Le Contentieux Naissant des Organismes Génétiquement Modifiés: Précaution et Mesures de Sauvegarde**. *Revue Trimestrielle de Droit Européen*. 35e année, N° 1, Janvier-Mars 1999, pp. 81-93.

WAICHMAN, A.V. **Uma proposta de avaliação integrada de risco do uso de agrotóxicos no Estado do Amazonas, Brasil**. *Acta Amazônica*. Vol. 38(1): p. 45 – 50. 2008.

YOUNG, Hugh D e FREEDMAN, Roger A. **Física III: eletromagnetismo**. Tradução: Sonia Midori Yamamoto. São Paulo. Editora Addison Wesley, 2009.

## APÊNDICE

**Quadro 02:** Resultados das medições por andar, realizadas no edifício Cidade de Manaus, centro da Cidade de Manaus, AM.

ANDAR	MEDIDA	Sonda Extech EMF- 8GHz	Sonda Wandel & Goltermann EMR-300	Limite Exposição da População a CEMRF
TÉRREO	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	2,14	2,84	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,006	0,008	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,012	0,021	2
1º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	3,21	3,11	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,009	0,008	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,027	0,026	2
2º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	4,53	4,1	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,012	0,011	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,054	0,045	2
3º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	4,9	5,22	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,013	0,014	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,064	0,072	2
4º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	6,25	6,12	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,017	0,016	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,104	0,099	2
5º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	6,56	6,73	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,017	0,018	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,114	0,120	2

6º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	7,14	7,83	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,019	0,021	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,135	0,163	2
7º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	8,33	9,53	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,022	0,025	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,184	0,241	2
8º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	9,84	9,36	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,026	0,025	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,257	0,232	2
9º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	10,13	10,63	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,027	0,028	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,272	0,300	2
10º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	10,25	10,82	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,027	0,029	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,279	0,311	2
11º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	11,16	11,84	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,030	0,031	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,330	0,372	2
12º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	11,74	11,91	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,031	0,032	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,366	0,376	2

13º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	12,34	14,2	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,033	0,038	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,404	0,535	2
14º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	14,32	14,79	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,038	0,039	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,544	0,580	2
15º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	14,88	15,27	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,039	0,041	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,587	0,618	2
16º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	15,3	15,49	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,041	0,041	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,621	0,636	2
17º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	15,89	15,76	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,042	0,042	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,670	0,659	2
18º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	16,19	16,48	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,043	0,044	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,695	0,720	2
19º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	16,99	16,51	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,045	0,044	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,766	0,723	2

20º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	16,99	16,51	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,045	0,044	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	0,766	0,723	2
21º ANDAR	Intensidade do Campo Elétrico (V/m).	19,68	17,01	28
	Intensidade do Campo Magnético (A / m).	0,052	0,045	0,073
	Densidade de Potência (W / m <sup>2</sup> ).	1,027	0,767	2