

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Marcelo de Mello Aquilino

Estudo da incidência de campos eletromagnéticos de baixa frequência  
no interior de habitações na cidade de São Paulo

São Paulo

2005

Marcelo de Mello Aquilino

Estudo da incidência de campos eletromagnéticos de baixa frequência  
no interior de habitações na cidade de São Paulo

Dissertação apresentada ao Instituto de Pesquisas  
Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, para a  
obtenção do título de Mestre em Habitação:  
Planejamento e Tecnologia.

Área de concentração: Tecnologia em Construção de  
edifícios

Orientadora: Dra. Maria Akutsu

São Paulo

2005

Ficha Catalográfica  
Elaborada pelo Centro de Informação Tecnológica do  
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

A656e Aquilino, Marcelo de Mello  
Estudo da incidência de campos eletromagnéticos de baixa frequência no interior de habitações na cidade de São Paulo. / Marcelo de Mello Aquilino. São Paulo, 2005. 69p.

Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Tecnologia em Construção de Edifícios.

Orientador: Prof. Dra. Maria Akutsu

1. Radiação eletromagnética 2. Habitação 3. São Paulo (cidade) 4. Campo magnético 5. Campo eletromagnético 6. Distribuição de energia elétrica 7. Instalação elétrica 8. Risco da radiação 9. Epidemiologia 10. Tese I. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Centro de Aperfeiçoamento Tecnológico II. Título

06-64

CDU 696.6(815.6) (043)

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à Rose, minha esposa, que é a essência da minha vida e razão da minha energia, persistência e luta.*

## AGRADECIMENTOS

Relacionar aqui todas as pessoas que participaram deste trabalho seria uma tarefa difícil, peço desculpas se deixar de citar alguém.

Agradeço à Professora Dra. Maria Akutsu, mais que uma professora e orientadora, uma grande amiga. Aos Professores Dr. Fulvio Vittorino, Dr. Arlindo Tribess, Dr. Cláudio Mitidieri pelas importantes contribuições. À Mary Yoshioka do CENATEC, pelo apoio e ajuda durante todo esse tempo. Ao Dr. Mario Leite pelas contribuições, literatura e equipamento para executar as medições.

À minha esposa Rosemary Rodrigues de Souza Aquilino pelo amor, incentivo, paciência e cumplicidade, não somente no decorrer da elaboração desta dissertação, mas durante toda a nossa vida.

E para tantos outros amigos, parentes e colegas que de diversas maneiras participaram direta ou indiretamente desta realização.

Meus sinceros agradecimentos

## RESUMO

Com o desenvolvimento tecnológico crescente das últimas décadas, a população ficou submetida a radiações eletromagnéticas de diversas origens, intensidades e frequências cuja exposição diária pode ser nociva ao ser humano.

Este trabalho tem por finalidade apresentar os limites de exposição adotados no âmbito nacional e internacional e apresentar valores de campos magnéticos medidos em algumas habitações da cidade de São Paulo, visando a identificação de focos potenciais destes campos em residências.

O resultado do trabalho visa dar subsídios para a orientação do projeto arquitetônico e civil quanto ao posicionamento da edificação em relação às redes de distribuição de energia elétrica, das instalações elétricas internas, e do posicionamento de eletrodomésticos no interior da residência visando minimizar a exposição do habitante aos campos magnéticos que podem ser prejudiciais à saúde.

## PALAVRAS-CHAVE

Radiação eletromagnética; Habitação; São Paulo (cidade); Campo magnético; Campo eletromagnético; Distribuição de energia elétrica; Instalação elétrica; Risco de radiação; Epidemiologia.

## ABSTRACT

With the accelerating technological development of recent decades, the population has become increasingly exposed to electromagnetic radiation at levels and frequencies that may be harmful to humans.

This dissertation presents the results of measurements of magnetic fields in some residential dwellings in the city of São Paulo, confronting these results with exposure limits adopted nationally and internationally, in order to identify potential health hazards in these dwellings.

The objective is to make available information that may aid the correct siting of buildings in relation to electricity distribution networks, the localization of internal electrical installations and the positioning of domestic appliances within the dwellings, all with the aim of minimizing the exposition of the occupants to harmful magnetic fields.

## KEY WORDS

Electromagnetic radiation; Residence; São Paulo (city); Magnetic field; Electromagnetic field; Electrical energy distribution; Electric wiring; Radiation risk; Epidemiology.

## Lista de Ilustrações

Figura 2.1 - Espectro eletromagnético .....	9
Figura 2.2 – Esquema de uma tábua sobre ondas .....	10
Figura 2.3 – Antenas com diversos formatos .....	10
Figura 2.4 – Representação de campo próximo e campo distante .....	11
Figura 2.5 – Esquema de linha de transmissão .....	13
Figura 2.6 – Esquema de linhas de distribuição .....	13
Figura 2.7 – Exemplo de linha de distribuição primária e secundária .....	14
Figura 2.8 – Campo magnético em linhas de transmissão .....	15
Figura 2.9 – Ilustração dos campos magnéticos em um dormitório .....	15
Figura 5.1 – Leiaute dos apartamentos A1, A2 e A3 .....	32
Figura 5.2 – Leiaute dos apartamentos A4, A5 e A6 .....	33
Figura 5.3 – Leiaute das casas C1, C2 e C3 .....	35
Figura 5.4 – Pontos de medição nos apartamentos A1, A2 e A3.....	37
Figura 5.5 – Pontos de medição nos apartamentos A4, A5 e A6.....	38
Figura 5.6 – Pontos de medição nas casas C1, C2 e C3.....	39
Figura 5.7 – Sistema de aquisição de dados MFM 10 - COMBINOVA .....	40
Figura 6.1 – Campo magnético de A1.....	42
Figura 6.2 – Campo magnético em A2.....	43
Figura 6.3 – Campo magnético em A3.....	43
Figura 6.4 – Campo magnético em A4.....	44
Figura 6.5 – Campo magnético em A5.....	45
Figura 6.6 – Campo magnético em A6.....	45
Figura 6.7 – Campo magnético em C1. ....	46
Figura 6.8 – Campo magnético em C2. ....	46
Figura 6.9 – Campo magnético em C3. ....	47
Figura 7.1 – Campo magnético em A1, A2 e A3.....	49
Figura 7.2 – Campo magnético em A4, A5 e A6.....	50
Figura 7.3 – Campo magnético em C1, C2 e C3. ....	50
Figura 7.4 – Valores de campo magnético x Distância da rede .....	51



## Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – Densidade de fluxo magnético de eletrodomésticos .....	16
Tabela 3.1 – Estudos epidemiológicos relativos ao câncer.....	18
Tabela 3.2 - Estudos epidemiológicos relativos à reprodução humana .....	18
Tabela 3.3 – Estudos sobre câncer.....	19
Tabela 4.1 - Campo magnético, para exposição do público em geral. ....	28
Tabela 4.2 – Campo magnético, para exposição do público (60 Hz).....	28
Tabela 5.1 – Especificação técnica do sistema de medição MFM 10 .....	40
Tabela 5.2 – Valores médios e desvio padrão das medições realizadas.....	41
Tabela 6.1 – Campo de fundo x distância até a rede de distribuição.....	47

## Lista de abreviaturas, siglas

ANATEL - Agencia Nacional de Telecomunicações  
CEM – Campos eletromagnéticos.  
EHF - Extremely High Frequency (Frequência Extremamente Alta)  
ELF - Extremely Low Frequency (Frequência Extremamente baixa)  
FEB – Frequência extremamente baixa  
HF - High Frequency (Frequência Alta)  
ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection  
LF - Low Frequency (Frequência Baixa)  
MF - Medium Frequency (Frequência Baixa)  
NAS – Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos.  
NRPB - National Radiological Protection Board.  
OEM – Ondas eletromagnéticas.  
OMS - Organização Mundial de Saúde.  
ORAU - Oak Ridge Associated Universities.  
SHF - Super High Frequency (Frequência Super Alta)  
UHF - Ultra High Frequency (Frequência Ultra Alta)  
VF - Voice Frequency (Frequência de Voz)  
VHF - Very High Frequency (Frequência Muito Alta)  
VLF - Very Low Frequency (Frequência Muito Baixa)  
WHO – World Health Organization.

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>PROPAGAÇÃO DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3</b>	<b>CAMPOS ESTÁTICOS E ALTERNADOS .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4</b>	<b>O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.....</b>	<b>6</b>
<b>2.5</b>	<b>O ALCANCE DOS CAMPOS.....</b>	<b>8</b>
<b>2.6</b>	<b>CAMPOS PRÓXIMO E CAMPO DISTANTE .....</b>	<b>9</b>
<b>2.7</b>	<b>UNIDADES DE CAMPOS MAGNÉTICOS.....</b>	<b>11</b>
<b>2.8</b>	<b>CAMPOS MAGNÉTICOS NO INTERIOR DAS HABITAÇÕES.....</b>	<b>12</b>
<b>2.8.1</b>	<b>Fontes externas - Distribuição de energia elétrica.....</b>	<b>12</b>
<b>2.8.2</b>	<b>Fontes internas – Instalações e eletrodomésticos.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>EFEITOS DIRETOS DOS CAMPOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS. 17</b>	
<b>3.2</b>	<b>RISCO DE CÂNCER ASSOCIADO A RESIDÊNCIAS. ....</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>ESTUDOS EM LABORATÓRIO .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Estudos com voluntários.....</b>	<b>20</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Estudos em células e tecidos humanos.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>LIMITES DE EXPOSIÇÃO .....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDOS REALIZADOS.....</b>	<b>29</b>
<b>5.1</b>	<b>DESCRIÇÃO DAS RESIDÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>

<b>5.2</b>	<b>SISTEMATIZAÇÃO DO MÉTODO DE MEDIÇÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>5.3</b>	<b>DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>5.4</b>	<b>SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>5.5</b>	<b>INCERTEZA DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS.....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>CONTINUIDADE DOS TRABALHOS.....</b>	<b>54</b>
<b>10</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre as diversas finalidades de uma habitação, pode-se salientar a segurança que ela deve promover aos seus ocupantes. O lugar onde se vive além de ser confortável deve oferecer segurança em todos os aspectos inclusive quanto à salubridade.

Há uma busca constante na obtenção de desempenho de uma habitação visando conforto e salubridade. Muitos são os fatores que devem ser levados em conta na elaboração de um projeto construtivo para evitar que seus usuários fiquem expostos a influências nocivas à saúde quando estiverem no interior da edificação.

Se forem considerados apenas os aspectos relativos ao conforto ambiental e à salubridade, devem ser considerados no desenvolvimento do projeto de uma edificação os fatores que influenciam no conforto higrotérmico, acústico, lumínico e ergonômico, além dos fatores que podem vir a provocar patologias como, por exemplo, à exposição dos ocupantes de uma habitação a campos eletromagnéticos.

Com o desenvolvimento tecnológico crescente das últimas décadas, a população ficou submetida a radiações eletromagnéticas de diversas origens, intensidades e frequências que podem ser nocivas ao ser humano quando expostos a elas diariamente.

Os campos eletromagnéticos artificiais estão presentes em quase todas as atividades que são executadas no dia a dia das pessoas. Estes campos eletromagnéticos são gerados devido à eletricidade utilizada no cotidiano dos moradores das cidades e do campo. A eletricidade está presente nas mais corriqueiras atividades domiciliares, como por exemplo, quando se coloca um rádio relógio na cabeceira de uma cama para servir de despertador.

No interior das residências a eletricidade está presente, gerando campos eletromagnéticos, nos sistemas de iluminação, nos equipamentos eletroeletrônicos, nos eletrodomésticos e nas instalações elétricas prediais. Mesmo uma edificação que não seja provida de energia elétrica, pode estar

sujeita a campos eletromagnéticos devido à existência de linhas de transmissão de energia ao seu redor ou antenas de telecomunicações. Dessa forma é fácil imaginar que grande parte da humanidade vive imersa num mar de radiação eletromagnética, não ionizante, proveniente da utilização da energia elétrica e das telecomunicações.

Este trabalho tem por finalidade apresentar limites de exposição a campos eletromagnéticos, com ênfase aos campos magnéticos, adotados no âmbito nacional e internacional e apresentar valores de campos magnéticos medidos em algumas habitações da cidade de São Paulo, visando a identificação de focos potenciais destes campos nas residências.

As influências dos campos eletromagnéticos sobre o ser humano, quanto à possibilidade de provocar patologias, não se encontram ainda claramente definidas do ponto de vista formal, por tratarem-se de objetos de estudo muito recentes.

Diversos estudos epidemiológicos vêm sendo feitos desde que WERTHEIMER e LEEPER (1979) em seu trabalho associaram a ocorrência de câncer infantil à exposição a campos eletromagnéticos de baixa frequência. Estes estudos vêm mostrando uma correlação da exposição dos campos eletromagnéticos ao desenvolvimento de doenças em seres humanos.

O resultado do trabalho visa dar subsídios ao profissional responsável pela elaboração de um projeto arquitetônico e civil quanto ao posicionamento da edificação em relação às redes de distribuição de energia elétrica, das instalações elétricas internas, e do posicionamento de eletrodomésticos no interior da residência visando minimizar a exposição do habitante aos campos magnéticos que podem ser nocivos à saúde.

Inicialmente, no capítulo 2, foram abordados aspectos gerais sobre campos eletromagnéticos e como os mesmos são gerados no interior das residências.

No capítulo 3, embora este trabalho não irá emitir opinião sobre assuntos da área médica, foi feita uma compilação dos estudos epidemiológicos que estão sendo utilizados para definir os limites de exposição a campos eletromagnéticos de até 100 kHz no Brasil e nos demais países que adotam um projeto de proteção quanto a radiações não ionizantes.

No capítulo 4, é apresentado um levantamento e feita uma discussão dos limites de exposição a campos eletromagnéticos no âmbito nacional e internacional. Nos capítulos 5 e 6, respectivamente, estão os estudos realizados e os resultados obtidos das residências que foram fonte de pesquisa de campo deste trabalho. No capítulo 7 é apresentada a análise dos dados, e nos capítulos 8 e 9, respectivamente são apresentadas as conclusões, recomendações e uma proposta de continuidade dos trabalhos.

## **2 RADIAÇÕES ELETROMAGNÉTICAS**

### **2.1 CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS**

O eletromagnetismo abrange a eletricidade, o magnetismo, os campos elétricos e os campos magnéticos. Na teoria de circuitos elétricos é dada ênfase na tensão elétrica entre dois condutores e na corrente elétrica que os percorre. Já no eletromagnetismo a ênfase se dá ao espaço entre os condutores e aos campos elétricos e magnéticos existentes neste espaço.

O conceito de campo está presente em muitas áreas da física. Neste trabalho são estudados os campos eletromagnéticos (CEM) de frequência extremamente baixa (FEB) e serão citadas também as ondas eletromagnéticas (OEM).

Para entender as definições de CEM e OEM que serão utilizadas neste trabalho, observe-se a dificuldade conceitual ligada à ação instantânea entre duas cargas elétricas, como por exemplo a força que se manifesta entre duas cargas carregadas e estáticas, descrita pela Lei de Coulomb (KRAUS, 1978). Para solucionar o problema da ação instantânea entre cargas eletrizadas, foi necessário introduzir a linguagem de campos elétricos para descrever a força que uma carga exerce sobre outra. Com a utilização da teoria de campos foi abolida a idéia de que as cargas exerçam forças diretamente sobre as outras e foi adotado o modelo de que as cargas eletricamente carregadas modificam as propriedades do espaço, criando um campo elétrico. Este campo elétrico é que age sobre os objetos eletricamente carregados, exercendo sobre estes forças proporcionais às suas cargas. De forma análoga, o conceito de campo magnético foi introduzido para cargas em movimento, onde estas também modificam o espaço, criando um campo, porém de forma diferente do que acontece com cargas estáticas.

Havendo um campo magnético no espaço, cargas em movimento nesse espaço sofrerão ação deste campo. Assim, quando em movimento, as cargas elétricas não são fontes apenas de campos elétricos, mas também de campos magnéticos. Campos elétricos podem ser criados pela existência de cargas elétricas ou pela variação do fluxo de um campo magnético no espaço, logo existem duas fontes diferentes de campos elétricos, a saber:



- Cargas elétricas;
- Campos magnéticos que variam no tempo.

Um campo magnético também pode ser gerado de forma análoga ao elétrico, isto é, um campo elétrico variável no tempo também gera um campo magnético. Foram estas constatações que levaram Maxwell a juntar em uma única teoria as leis dos fenômenos elétricos e magnéticos (AMALDI, 1997).

Baseado em argumentações puramente teóricas, Maxwell formulou a hipótese de que um campo elétrico variável geraria no espaço um campo magnético e que as linhas do campo magnético se fecham sobre si mesmas em planos perpendiculares às linhas do campo elétrico (KRAUS, 1978). Dessa forma ter-se-ia um fenômeno similar ao anteriormente descrito sobre a criação de campos elétricos. Com essa analogia é caracterizada uma simetria entre os campos elétricos e magnéticos, onde a variação do fluxo de um campo gera linhas do outro e em ambos os casos essas linhas são fechadas e perpendiculares às do outro campo.

Segundo Maxwell, a ligação entre os dois campos não poderia mais ser desprezada e os campos elétrico e magnético deveriam ser unidos em um único campo, chamado de campo eletromagnético (AMALDI, 1997).

## **2.2 PROPAGAÇÃO DOS CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS**

Para entender o mecanismo pelo qual se formam os campos eletromagnéticos, imagina-se uma carga elétrica oscilando num ponto do espaço provocando variação do campo elétrico na região. Dessa forma, pela hipótese de Maxwell, são criadas linhas de campo magnético, fechadas e perpendiculares ao plano da superfície onde a carga oscila. Este campo magnético que, por sua vez, também varia no tempo, gera um novo campo elétrico e assim sucessivamente. Desse modo, mediante a geração seqüencial de campos elétricos e magnéticos o campo eletromagnético propaga-se pelo espaço, atingindo regiões cada vez mais distantes do ponto da primeira oscilação de carga.

Uma vez gerado, o campo eletromagnético passa a ter uma existência autônoma e ele continua a sua propagação mesmo quando a carga que o originou deixa de

se mover (AMALDI, 1997). Essa propriedade de autogeração, após uma perturbação onde não haja mais vínculo com a fonte inicial é o que caracteriza uma onda (LORRAIN, 2000). Dessa forma, o campo eletromagnético se propaga como uma onda, e isso permite que se tratem os campos eletromagnéticos como onda eletromagnética ou radiação eletromagnética.

### **2.3 CAMPOS ESTÁTICOS E ALTERNADOS**

Em campos estáticos, o sentido dos campos permanece constante. Como exemplo de campos estáticos temos o campo elétrico natural ao redor da Terra que tem uma intensidade de 0,1 a 0,5 kV/m para condições climáticas sem tempestades. Quando estas ocorrem, o campo pode aumentar até cerca de 20 kV/m, podendo ser este campo descarregado através de relâmpagos, causando um fluxo de corrente elétrica contínua.

Campos magnéticos estáticos ocorrem em muitos sistemas de metrô e trens urbanos que utilizam corrente contínua para sua alimentação e também durante os exames de tomografia e de ressonância nuclear magnética. Um exemplo de campo magnético estático que existe na natureza é o campo magnético terrestre que tem intensidade de cerca de 50  $\mu\text{T}$  (NRC, 1997).

Quando é utilizada a corrente alternada, os campos são alternados e são caracterizados pela intensidade e frequência com que se alternam. No caso das instalações elétricas de residências, os campos predominantes que surgem, apresentam frequências 60 Hz no Brasil, devido à frequência da rede elétrica.

### **2.4 O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO**

As radiações eletromagnéticas são divididas em duas classes principais, denominadas “radiações ionizantes” e “radiações não ionizantes”, caracterizadas pelo seu comprimento de onda, frequência e energia irradiada.

A radiação ionizante tem energia suficiente para provocar ionização, isto é, arrancar elétrons dos átomos de células com que interage, modificando a sua

estrutura atômica e alterando-as permanentemente (OKUNO, 1982). Estas radiações têm sido estudadas de forma sistemática pela comunidade científica e seus efeitos são bem conhecidos, visto que representam um risco maior aos seres vivos devido às energias envolvidas e pelo poder de penetração das mesmas. As radiações alfa, beta e gama, além dos raios-x, são alguns exemplos de radiação ionizante.

O potencial considerado como limiar para a ionização dos átomos é de 10 eV, o que corresponde a uma frequência de  $3 \times 10^{15}$  Hz (HORTON, 1995).

As radiações não ionizantes, que são o foco deste trabalho, não tem energia suficiente para arrancar elétrons dos átomos, mas podem provocar mudanças em suas órbitas, provocando assim, efeitos térmicos e disfunções em células, causando alterações nos tecidos dos seres vivos (HORTON, 1995).

Quanto às radiações não ionizantes, seus riscos são menos conhecidos apesar da população estar exposta a ela diariamente de forma abundante por intermédio da radiação solar, ultravioleta, infravermelho, radiofrequências e microondas, além das radiações com frequências extremamente baixas decorrente dos sistemas elétricos de 60 Hz no Brasil.

As equações de Maxwell não impõem quaisquer limites para a frequência das ondas eletromagnéticas. O espectro conhecido é um contínuo que vai do campo estacionário, isto é, com frequência de 0 Hz, até a radiação gama de origem cósmica e com alta energia e frequência da ordem de  $10^{24}$  Hz, conforme ilustrado no espectro da figura 2.1. Ondas de rádio, infravermelho, luz visível, raios X e raios gama são todas radiações de natureza eletromagnética. No entanto, a fonte da radiação, os detectores utilizados e a forma de interação com a matéria variam drasticamente de uma para a outra, devido à faixa de frequência em que se manifestam.

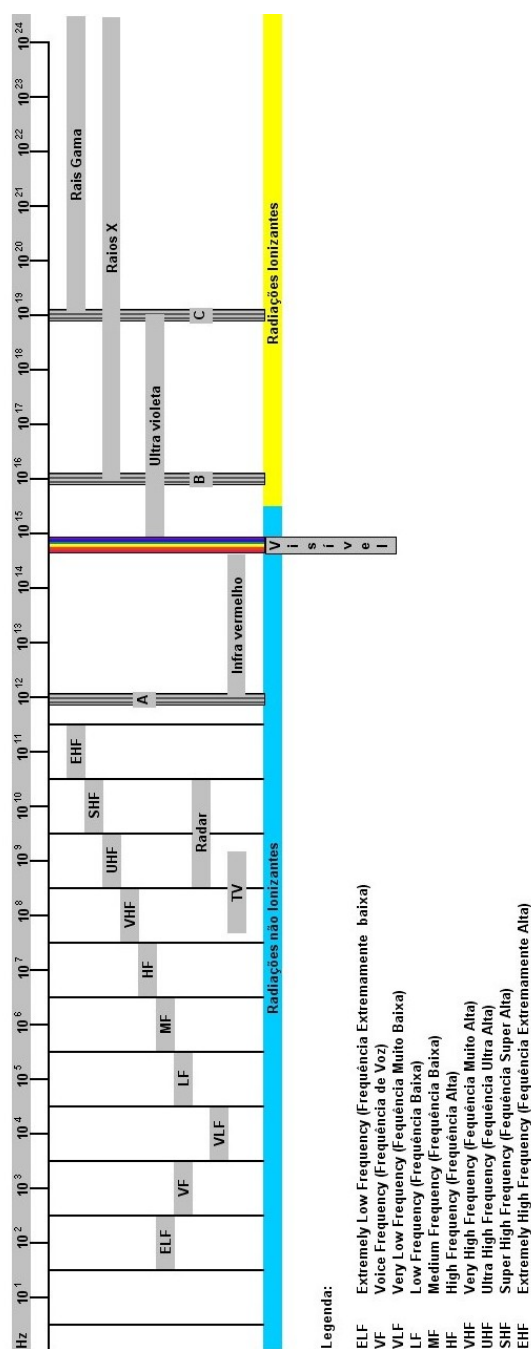


Figura 2.1 - Espectro eletromagnético

## 2.5 O ALCANCE DOS CAMPOS

A intensidade do campo decresce rapidamente com a distância. Quanto mais distante da fonte, menor a intensidade da radiação recebida (NRC, 1997).

Portanto, manter distância da fonte é uma das medidas de segurança mais simples e eficaz.

Campos elétricos podem ser blindados facilmente. Uma folha fina de metal aterrada fornece uma boa proteção. Um exemplo pode ser um automóvel fechado quando atingido por um relâmpago, que protege os ocupantes por funcionar como uma gaiola de Faraday (AMALDI, 1997).

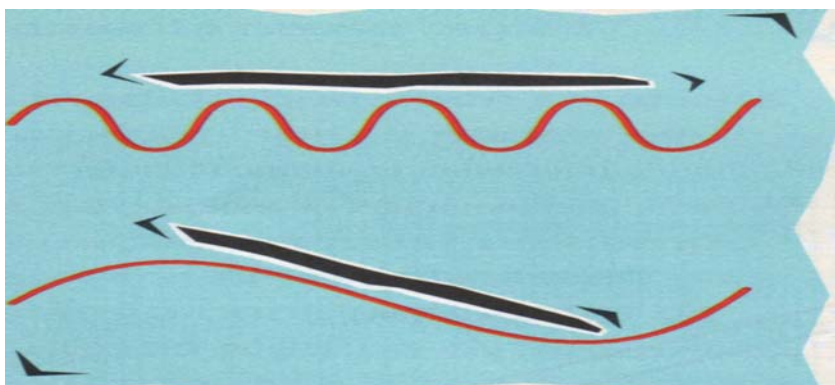
Por outro lado, campos magnéticos atravessam todos os materiais de construção conhecidos. Para a sua blindagem, em geral é necessário envolver completamente a fonte com material metálico ou de ligas especiais.

## 2.6 CAMPOS PRÓXIMO E CAMPO DISTANTE

O campo eletromagnético se propaga como uma onda, com a velocidade da luz. Quanto maior a frequência, menor o comprimento de onda. (KRAUS, 1978)

Um campo eletromagnético com frequência de 60 Hz tem um comprimento de onda de 5000 km, já as ondas de VHF (very high frequency) cuja frequência é de 30 a 300 MHz, têm comprimentos de onda entre 10 e 1 m, e as ondas com frequência de 300 GHz, apenas 1mm.

Essas ondas só podem ser captadas por equipamentos que tenham antenas compatíveis com o comprimento de onda. Considere as ondas que se formam na água, por exemplo. Uma tábua de madeira, conforme ilustração da figura 2.2, sobre a água, será influenciada significativamente pelo movimento das ondas somente quando a distância entre as cristas das ondas for de no mínimo metade do comprimento da tábua.



Fonte: Safety Test Solutions from Wandel & Goltermann

### Figura 2.2 – Esquema de uma tábua sobre ondas

A frequência correspondente a esse comprimento de onda é a chamada frequência de ressonância. Antenas funcionam da mesma forma. As antenas domésticas externas são projetadas para receber sinais de diferentes frequências, como pode ser visto pelo espaçamento e tamanho das diferentes formas que as compõem (figura 2.3). Elas são ajustadas para captar somente os comprimentos de onda que se deseja receber.

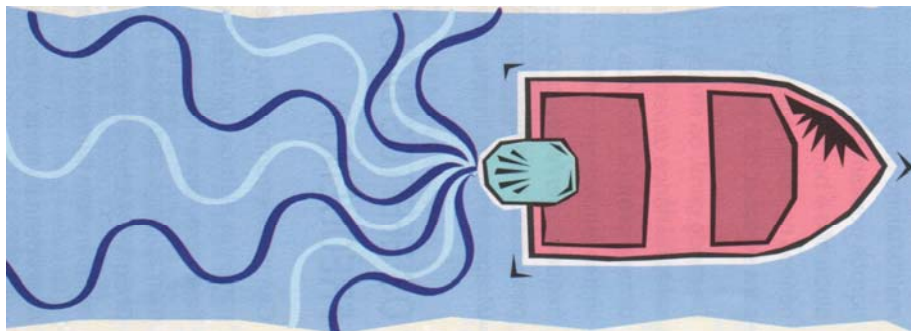


Fonte: Safety Test Solutions  
from Wandel & Goltermann

### Figura 2.3 – Antenas com diversos formatos

Se a distância da fonte de radiação for menor que um comprimento de onda, a região é chamada de campo próximo. Para baixas frequências, este é quase sempre o caso. Se a distância for maior que um comprimento de onda, a região é chamada de campo distante.

As características da radiação no campo próximo são diferentes das características no campo distante. Para ilustrar toma-se o exemplo de um motor de popa de um barco. O motor gerando ondas na água representa uma fonte de radiação. Perto da hélice do motor, as ondas estão todas “misturadas” como esquematizado na figura 2.4.



Fonte: Safety Test Solutions from Wandel & Goltermann

**Figura 2.4 – Representação de campo próximo e campo distante**

Esta situação é similar ao campo próximo onde a relação entre os campos elétricos e magnéticos não é constante, e como consequência eles sempre devem ser medidos separadamente nessa região.

À medida que o barco se afasta, as ondas se tornam mais espaçadas e regulares passando a ser frentes de ondas planas. Essa situação é similar ao campo distante onde existe uma relação constante entre os campos elétricos e magnéticos, sendo possível medi-los simultaneamente. Quando isto ocorre refere-se a eles como onda ou radiação eletromagnética.

## 2.7 UNIDADES DE CAMPOS MAGNÉTICOS

O campo magnético pode ser expresso de duas maneiras a seguir:

- Densidade de fluxo magnético “B” expressa em tesla [T], ou gauss [G], onde:

$$\circ 1 \text{ T} = 10^4 \text{ G}$$

- Campo magnético “H” expresso em ampere por metro [ $\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$ ].

A relação entre “B” e “H” é dada pela equação 2.1:

$$B = \mu \cdot H \quad (2.1)$$

Onde  $\mu$  é a constante de proporcionalidade (permeabilidade magnética do meio) expressa em henry por metro [ $\text{H}\cdot\text{m}^{-1}$ ]. No vácuo e no ar, bem como em materiais

não magnéticos, inclusive em meios biológicos, o valor de  $\mu$  é de  $4.\pi.10^{-7}$  H.m<sup>-1</sup>. (AMALDI, 1997).

Neste trabalho, para quantificar os campos, será adotada a grandeza denominada densidade de fluxo magnético e será expressa em micro tesla ( $1\mu\text{T} = 1. 10^{-6}$  T).

A expressão do campo em micro tesla é utilizada pois, os campos magnéticos no interior das residências são geralmente valores numéricos muito pequenos, em relação à unidade de medida tesla (NRC, 1997).

## **2.8 CAMPOS MAGNÉTICOS NO INTERIOR DAS HABITAÇÕES**

O ser humano está sujeito à exposição a campos magnéticos alternados, em qualquer ambiente em que a eletricidade esteja presente. Nas residências as quatro fontes mais comuns de campos magnéticos são:

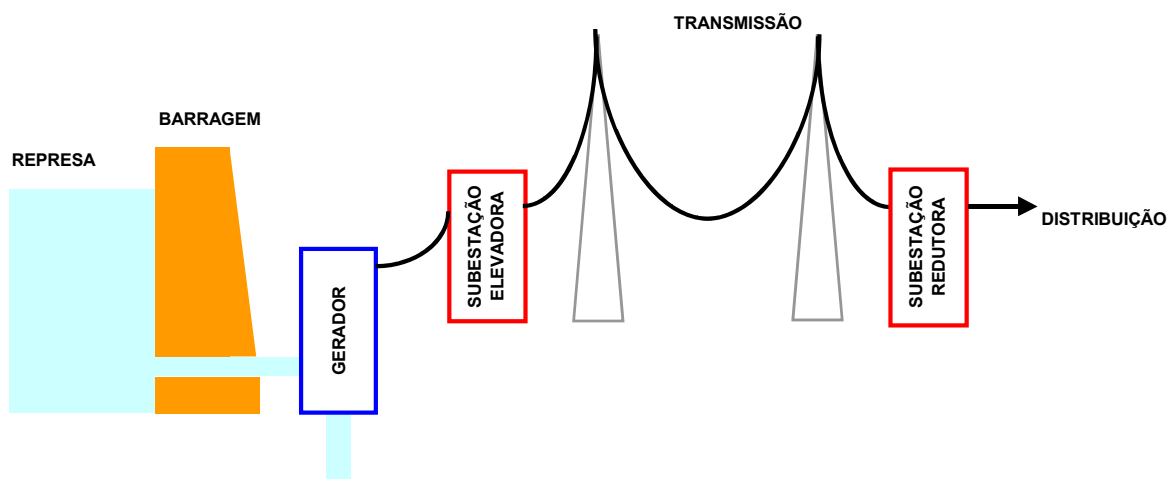
- a. linhas de transmissão de energia elétrica próxima à residência;
- b. linhas de distribuição de energia elétrica adjacentes à residência;
- c. instalações elétricas prediais;
- d. aparelhos eletroeletrônicos existentes no interior da residência.

### **2.8.1 Fontes externas - Distribuição de energia elétrica**

Mesmo em residências desprovidas de abastecimento de energia elétrica, as instalações elétricas em seus arredores podem provocar o surgimento de campos magnéticos em seu interior.

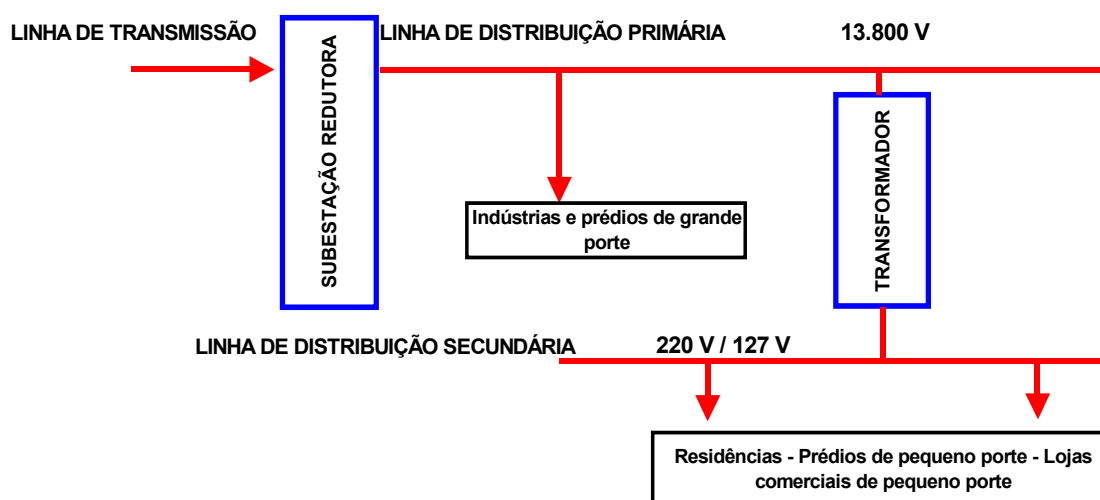
A energia elétrica no Brasil é gerada em locais distantes dos centros urbanos, devido sua geração predominantemente hídrica, chegando às cidades através das linhas de transmissão. As linhas de transmissão são as que transportam a eletricidade desde a fonte de geração até uma subestação de onde será feita a distribuição para o consumidor final através de linhas de distribuição. Nas linhas de transmissão, a tensão elétrica pode chegar até 750 kV, na figura 2.5 é apresentado um esquema de uma linha de transmissão de energia elétrica..





**Figura 2.5 – Esquema de linha de transmissão**

As linhas de distribuição de energia são subdivididas em linhas de distribuição primárias e linhas de distribuição secundárias, esquematizadas na figura 2.6.



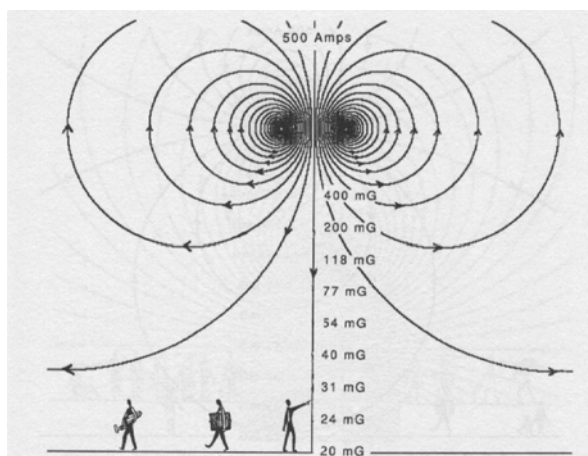
**Figura 2.6 – Esquema de linhas de distribuição**

As linhas de distribuição primárias são aquelas existentes no topo dos postes urbanos. Estas linhas são compostas de três condutores e fornecem tensão de 13,8 kV. As linhas de distribuição secundárias são as existentes nos postes, abaixo das linhas primárias e são compostas por 4 condutores fornecendo tensão de 220/127 V. A foto da figura 2.7 apresenta um exemplo de linhas primárias e secundárias. A redução de tensão de 13,8 kV para 220/127 V é obtida através da utilização de transformadores instalados nos postes ou por cabines primárias.



**Figura 2.7 – Exemplo de linha de distribuição primária e secundária**

As linhas de transmissão e distribuição de eletricidade são responsáveis por parte do campo magnético que surge no interior das residências. O campo gerado é proporcional aos níveis de corrente elétrica que os percorrem os condutores. Na figura 2.8 pode-se observar um esquema das linhas de campo geradas por uma linha de distribuição sendo percorrida por uma corrente de 500 amperes (BENNETT, 1994).



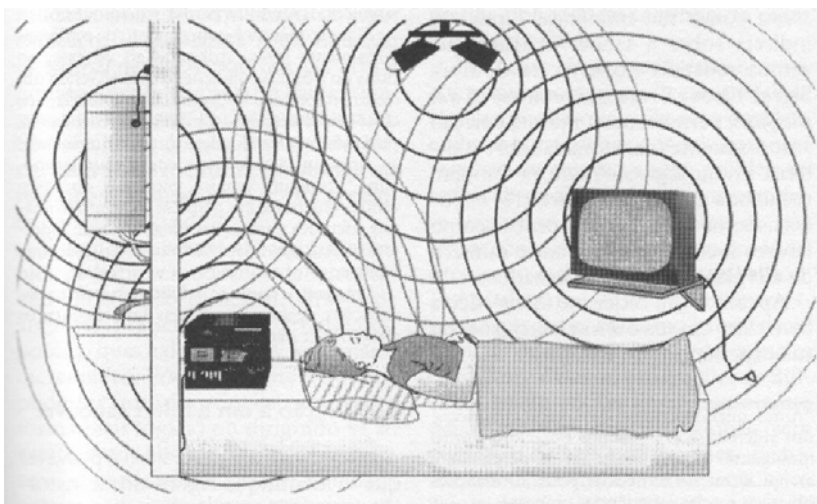
Fonte: Health and Low-Frequency Elettromagnetic Fields

**Figura 2.8 – Campo magnético em linhas de transmissão**

### 2.8.2 Fontes internas – Instalações e eletrodomésticos

Os campos magnéticos que são encontrados com mais frequência no interior das habitações são provenientes de eletrodomésticos e das instalações elétricas prediais.

Como forma de ilustração pode-se observar na figura 2.9, diversos campos magnéticos incidindo sobre um ocupante de uma habitação.



Fonte: O grande livro da casa saudável

**Figura 2.9 – Ilustração dos campos magnéticos em um dormitório**

Na tabela 2.1 são apresentados alguns valores de densidade de fluxo magnético (B) de eletrodomésticos, medidos a uma distância de 30 cm (EPA, 1992).

**Tabela 2.1 – Densidade de fluxo magnético de eletrodomésticos**

Fonte	B ( $\mu$ T)
Secador de cabelo	7
Barbeador	10
Liquidificador	0,5 a 2
Máquinas de lavar louça	0,6 a 3
Processadores de alimentos	0,5 a 2
Forno de Microondas	0,1 a 20
Batedeiras	0,5 a 10
Forno elétrico	0,1 a 0,5
Geladeiras	2
Máquina de lavar	0,1 a 3
Ferro de passar roupas	0,1 a 0,3
Aspirador de pó	2 a 20

### 3 ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS

Embora este trabalho não irá emitir opinião sobre assuntos da área médica, segue abaixo uma compilação de estudos epidemiológicos que estão sendo utilizados para definir os limites de exposição a campos eletromagnéticos de até 100 kHz no Brasil e nos demais países que adotam um projeto de proteção quanto a radiações não ionizantes. Para melhor entendimento dos estudos citados Inicialmente será definido o conceito de risco.

Risco é uma palavra comum, que pode significar coisas diferentes para pessoas diferentes. O risco está ligado ao conceito de segurança. Uma atividade é mais segura quanto menor for o risco associado a ela. Estimativas de risco para radiações começaram a ser usados pela comunidade científica no início dos anos 50, principalmente no estudo das radiações ionizantes.

Nos estudos epidemiológicos, os riscos citados são denominados “Riscos Relativos (RR)”, que são definidos conforme equação 3.1:

$$RR = Re/Re^* , (3.1)$$

Onde :

Re = probabilidade de ocorrência de patologia em indivíduos do grupo exposto

Re\* = probabilidade de ocorrência de patologia em indivíduos do grupo não exposto

Riscos relativos a danos a saúde são classificados da seguinte maneira (COHEN, 1991):

RR > 1 indica correlação do fenômeno observado com a causa da patologia.

RR = 1 não é possível determinar se a patologia é causada pelo fenômeno

RR < 1 não há correlação do fenômeno observado e a causa da patologia

### 3.1 EFEITOS DIRETOS DOS CAMPOS ELÉTRICOS E MAGNÉTICOS

Diversos estudos epidemiológicos indicam o risco de câncer em relação à exposição a campos com a frequência da rede de distribuição de energia elétrica. Alguns dos trabalhos estão apresentados na tabela 3.1.

**Tabela 3.1 – Estudos epidemiológicos relativos ao câncer**

Estudo de:	Ano
NRPB	1994
ORAU	1992
Savitz	1993
Heath	1996
Stevens e Davis	1996
Tenford	1996
NAS	1996

Os riscos de efeitos adversos na reprodução humana devido à exposição a campos eletromagnéticos são citados nos trabalhos apresentados na tabela 3.2.

**Tabela 3.2 - Estudos epidemiológicos relativos à reprodução humana**

Estudo de:	Ano
Chernoff	1992
Brent	1993
Shaw e Croen	1993

Estudos com relação a aborto provocado por campos elétricos e campos magnéticos emitidos por monitores de vídeo, foram feitos por LINDBOLM et al. (1992) que sugere uma associação entre campos magnéticos de baixa frequência e o aborto, porém SCHNORR et al (1991) sugere não haver tal associação. Conforme a National Radiological Protection Board - NRPB (1994) não existe base científica para relacionar a utilização de monitores de vídeo a efeitos nocivos à reprodução.

### 3.2 RISCO DE OCORRÊNCIA DE CÂNCER ASSOCIADO A RESIDÊNCIAS.

Há controvérsia sobre a possibilidade de uma ligação entre exposição a campos magnéticos de baixa frequência e risco elevado de câncer. Muitos relatórios sobre este assunto têm aparecido desde que WERTHEIMER e LEEPER (1979) reportaram uma associação entre mortalidade por câncer infantil e a proximidade de casas às linhas de distribuição de energia.

A hipótese básica que emergiu do estudo original foi a de que a contribuição à intensidade dos campos magnéticos de 50Hz e 60 Hz, no ambiente residencial, devido a fontes externas, tais como linhas de transmissão, poderia estar relacionada ao risco de câncer na infância.

Até o presente, foram feitos estudos sobre câncer na infância e exposição a campos magnéticos de 50Hz e 60 Hz, em ambiente residencial. Estes estudos estimaram a exposição ao campo magnético a partir de medidas de curto prazo e com base na distância entre a residência e a linha de transmissão. Também foram levadas em conta a configuração e a carga das linhas de transmissão e disposição de equipamentos eletroeletrônicos no interior de residências. Os resultados relacionados mostrando risco de ocorrência de leucemia são os mais evidentes. Os 13 estudos publicados sobre o assunto, listados na tabela 3.3, apresentaram estimativas de riscos de leucemia (ICNIRP, 1988).

**Tabela 3.3 – Estudos sobre câncer**

Estudo de:	Ano
Wertheimer e Leeper	1979
Fulton et al.	1980
Myers et al.	1985
Tomenius	1986
Savitz et al.	1988
Coleman et al.	1989
London et al.	1991
Feychting and Ahlbom	1993

Olsen et al.	1993
Verkasalo et al.	1993
Michaelis et al.	1997
Linnet et al.	1997
Tynes e Haldorsen	1997

Os resultados relacionando leucemia à proximidade entre residências e linhas de transmissão, são relativamente consistentes. Isto levou o Comitê da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos (NAS) a concluir que crianças morando perto de linhas de transmissão estão expostas a um maior risco de leucemia. Os resultados obtidos apresentaram um risco de 1,5 (NAS 1996). Porém alguns estudos não forneceram nenhuma evidência de uma associação entre exposição a campos de 50 e 60 Hz e o risco de leucemia, ou de outro tipo de câncer, em crianças. Dada esta divergência, o Comitê da NAS não se convenceu de que o aumento do risco foi explicado pela exposição a campos magnéticos. Foi sugerido que a explicação poderia estar na ocorrência simultânea de algum outro fator de risco de leucemia na infância, associado com a residência na vizinhança de linhas de transmissão. Entretanto, não foi apresentada nenhuma uma hipótese plausível.

Na Alemanha, foi feito um estudo sobre casos controlados de leucemia na infância, baseado em 129 casos. A avaliação da exposição compreendeu medições de campo magnético no quarto de dormir de crianças, na residência em que ela havia morado por mais tempo, antes da data do diagnóstico de leucemia. Foi observado um elevado risco relativo, de 3,2, para campos maiores ou iguais a  $0,2 \mu\text{T}$  (MICHAELIS, et al. 1997).

Outro estudo, para testar se a leucemia linfóide aguda na infância está associada à exposição a campos magnéticos de 60 Hz, avaliando 638 casos (LINNET et al, 1997). A exposição a campos magnéticos foi determinada usando a média de medições, ponderadas pelo tempo, efetuadas durante 24 horas no quarto de

dormir e medições de 30 segundos em vários outros quartos. Também foram feitas medições nas residências em que a criança havia morado por no mínimo, 70% dos 5 anos anteriores ao ano do diagnóstico da doença. Como resultado observou-se uma relação entre os campos magnéticos e a doença. O estudo apresentou um risco de 1,2 a 1,5 para exposição a campos de intensidade de 0,2  $\mu$ T e risco de 1,7 para exposição a campos de 0,3  $\mu$ T. Assim, o resultado do estudo sugere uma associação positiva, entre os campos magnéticos e o risco de leucemia. Este estudo constitui uma contribuição importante em termos do número de indivíduos, período entre as medições e a ocorrência da leucemia.

São poucos os dados procurando relacionar câncer em adultos com a exposição a campos magnéticos em residências (NAS, 1996). Por se tratar de poucos casos examinados, nenhuma conclusão pôde ser extraída dos estudos publicados até agora.

A ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) entende que, na ausência de apoio em pesquisa experimental, os resultados de pesquisas epidemiológicas sobre exposição a CEM e câncer, inclusive leucemia infantil, não são suficientemente seguros, para poder servir de base científica a diretrizes de exposição.(NRPB, 1994 e CRP, 1997).

Foi sugerida uma associação entre doença de Alzheimer e exposição a campos magnéticos, entretanto, este efeito ainda não foi confirmado.(SOBEL e DAVANIPOUR, 1996)

### **3.3 ESTUDOS EM LABORATÓRIO**

#### **3.3.1 Estudos com voluntários**

A exposição a campos elétricos variáveis no tempo pode resultar numa percepção do campo, como resultado de cargas elétricas alternadas induzidas na superfície do corpo. Muitos estudos mostraram que a maioria das pessoas pode perceber



campos elétricos de 50 e 60 Hz mais intensos do que  $20 \text{ kV.m}^{-1}$ , e que uma pequena minoria pode perceber campos abaixo de  $5 \text{ kV.m}^{-1}$  (UNEP/WHO/IRPA, 1984).

Ocorreram pequenas mudanças na função cardíaca de voluntários expostos a campos elétricos de intensidade de  $9 \text{ kV.m}^{-1}$  quando combinados com campos magnéticos de intensidade de  $20 \mu\text{T}$  para a frequência de 60 Hz (COOK, 1992 e GRAHAM et al., 1992). A taxa de batimento cardíaco em repouso foi reduzida de forma leve, mas significativa (de 3 a 5 batidas por minuto), durante ou imediatamente após a exposição. Esta resposta não foi encontrada com exposição a campos mais intensos de  $12 \text{ kV.m}^{-1}$  e intensidade de  $30 \mu\text{T}$ , ou mais fracos de  $6 \text{ kV.m}^{-1}$  e intensidade de  $10 \mu\text{T}$ , e diminuiu quando a pessoa estava mentalmente alerta. Nenhuma das pessoas estudadas foi capaz de detectar a presença dos campos, e não houve nenhum outro resultado consistente, numa grande série de testes sensoriais e perceptivos.

Nenhum efeito fisiológico e psicológico adverso foi observado nos estudos em laboratório, com pessoas expostas a campos de 50 Hz na faixa de 2 mT a 5 mT. Em alguns estudos realizados por SANDER, 1982, não foi observada nenhuma mudança na composição química e na contagem de células do sangue, nos níveis de lactato, no eletrocardiograma e eletro-encefalograma, na temperatura da pele, ou nos níveis de hormônios em circulação. Estudos recentes em voluntários, também não mostraram nenhum efeito da exposição a campos magnéticos de 60 Hz, no nível noturno de melatonina no sangue.

Campos magnéticos de baixa frequência suficientemente intensos podem provocar o estímulo direto de nervos periféricos e do tecido muscular, e pulsos curtos de campo magnético têm sido usados clinicamente para estimular nervos nos membros e conferir a integridade de vias neurais. Um estudo de SILNY em 1986 revela que voluntários experimentaram fracas sensações visuais oscilatórias, conhecidas como fosfenos magnéticos, durante a exposição a campos magnéticos de baixa frequência acima de 3 mT.

### 3.3.2 Estudos em células e tecidos humanos

Existem numerosos relatos na literatura sobre efeitos in-vitro de campos FEB nas propriedades das membranas celulares, como no transporte de íons e interação de mitógenos com receptores superficiais em células e nas mudanças em funções celulares e propriedades de crescimento. Foi demonstrado o aumento de proliferação, e alterações no metabolismo, expressão gênica, biossíntese de proteína e atividades enzimáticas (CRIDLAND, 1993).

Não há nenhuma evidência que campos de frequências extremamente baixas alterem a estrutura do DNA e cromatina, e não se esperam efeitos de mutação ou de transformação neoplásica. Isto é sustentado por resultados de estudos em laboratório, projetados para detectar danos no DNA e em cromossomos, mutações e aumento na frequência de transformação, devidos à exposição a campo de FEB (NRPB,1992). A falta de efeitos na estrutura dos cromossomos sugere que campos de FEB, se é que têm algum efeito no processo de carcinogênese, ajam provavelmente mais como promotores do que como iniciadores, promovendo a proliferação de células geneticamente alteradas, e não propriamente causando lesão inicial do DNA. O foco de estudos recentes tem sido, portanto, no sentido de descobrir possíveis efeitos de campos FEB sobre fases de promoção e progressão de desenvolvimento de tumores, após o início provocado por um carcinógeno químico.

Estudos do desenvolvimento do câncer de mama, em roedores tratados com um iniciador químico, sugeriram um efeito de promoção de câncer pela exposição a campos magnéticos de 50 e 60 Hz, com intensidades na faixa de 0,01 mT a 30 mT (BENIASHVILI et al. 1991; LOSCHER et al. 1993; MEVISSSEN et al. 1993, 1995; BAUN et al. 1995; LOSCHER e MEVISSSEN 1995). Estas observações levaram à hipótese de relacionar o aumento da incidência de tumores nos ratos expostos a campos, com a supressão de melatonina pineal induzida pelos campos e um conseqüente aumento dos níveis de hormônios esteróides e do risco de câncer de mama (STEVENS 1987; STEVENS et al. 1992).

### **3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS**

De acordo com o descrito nos itens 3.1 a 3.3, pode-se observar que ainda há muita controvérsia em torno dos possíveis efeitos causados pela exposição do ser humano a campos eletromagnéticos de baixa frequência.

Por outro lado os campos eletromagnéticos interagem com a matéria transferindo energia para os tecidos do corpo humano. Devido a essa transferência de energia são produzidos efeitos biológicos no organismo, o qual poderá ou não ser adverso à saúde.

O simples fato da corrente elétrica percorrer condutores elétricos para alimentação de equipamentos eletroeletrônicos, gera em seu entorno campo magnético. Além disso nas residências localizadas próximas às linhas de transmissão e distribuição, mesmo quando não estiver sendo utilizada a eletricidade no seu interior, estas estão sujeitas a um campo magnético de fundo. Assim sendo os habitantes dessas residências estarão expostos a campos magnéticos que estarão produzindo efeitos biológicos em seus organismos. É importante que sejam definidos os limites máximos de exposição para não haver dano biológico aos habitantes.

## 4 LIMITES DE EXPOSIÇÃO

Os limites de exposição a campos eletromagnéticos, no Brasil, foram adotados de forma provisória em 15 de Julho de 1999 pelo Conselho Diretor da Agencia Nacional de Telecomunicações (ANATEL) para limitar a emissão de campos eletromagnéticos provenientes de estações transmissoras de serviços de telecomunicações. O documento é uma tradução da publicação “Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)”, intitulada no Brasil como:

”Diretrizes para limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos variáveis no tempo (até 300GHz)”

Esta diretriz tem o seguinte histórico, a Associação Internacional de Proteção a Radiações (IRPA) organizou um grupo de trabalho sobre radiação não ionizante (RNI) no ano de 1974 para investigar os problemas originados no campo da proteção contra os vários tipos de RNI. No ano de 1977, em Paris, no Congresso da IRPA, o grupo de trabalho passou a ser a Comissão Internacional de Radiações Não Ionizantes (INIRC - International Non-Ionizing Radiation Committee ).

A IRPA/INIRC e a Organização Mundial de Saúde (OMS) desenvolveram documentos contendo critérios de saúde, como parte do Programa de Critérios de Saúde Ambiental da OMS, patrocinado pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (UNEP - United Nations Environmental Programme). Os documentos incluem uma visão geral das características físicas, técnicas de medição e instrumentação, fontes e aplicações de RNI, análise completa da literatura sobre efeitos biológicos, e avaliação dos riscos de saúde devidos à exposição a RNI. Estes critérios de saúde proporcionaram uma base de dados científica para posterior desenvolvimento dos limites de exposição e dos procedimentos relacionados a RNI.

Em Montreal, no ano de 1992, durante o Oitavo Congresso Internacional da IRPA, foi criada uma nova organização científica internacional independente chamada de Comissão Internacional de Proteção contra as Radiações Não-Ionizantes (ICNIRP - International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), que sucedeu à IRPA/INIRC. As funções da Comissão são: investigar os perigos que podem ser associados com as diferentes formas de RNI, desenvolver diretrizes internacionais sobre limites de exposição a RNI e também tratar de todos os aspectos da proteção a RNI.

Efeitos biológicos, relatados como resultantes da exposição a campos elétricos e magnéticos estáticos e de frequência extremamente baixa, foram revisados por UNEP/WHO/IRPA (1984, 1987). Essas publicações e muitas outras, incluindo-se UNEP/WHO/IRPA (1993) e ALLEN et al (1991), proporcionaram a base científica para a diretriz adotada pelo Brasil atualmente.

No Brasil não existe regulamentação de uma norma ambiental, na qual sejam adotados limites de exposição a campos eletromagnéticos de frequência abaixo de 9 kHz e a metodologia de medição em ambientes residenciais.

A resolução de número 303 de 02 de Julho de 2002, da ANATEL denominada: "Regulamento sobre a limitação da exposição a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos na faixa de radiofrequências entre 9 kHz e 300 GHz", que apresenta os mesmos limites que são apresentados na diretriz de 1999.

Considerando a inexistência regulamentação de limites de exposição a campos eletromagnéticos de baixa frequência no Brasil, para efeito deste trabalho foram adotados os valores apresentados na Diretriz da ANATEL de 1999 que adota os valores da ICNIRP considerados pela OMS como valores de referência mais seguros baseados em evidências científicas.

Na tabela 4.1 estão apresentados os valores de densidade de campo magnético (B) constantes da Diretriz da ANATEL.

**Tabela 4.1 – Densidade de campo magnético (B) para o público em geral.**

Faixas de freqüência	B ( $\mu$ T)
Até 1 Hz	$4 \times 10^4$
1 – 8 Hz	$4 \times 10^4/f^2$
8 – 25 Hz	$5\,000/f$
0,025 – 0,8 kHz	$5/f$
0,8 – 3 kHz	6,25
3 – 150 kHz	6,25
0,15 – 1 MHz	$0,92/f$
1 – 10 MHz	$0,92/f$
10 – 400 MHz	0,092
400 – 2 000 MHz	$0,0046f^{1/2}$
2 – 300 GHz	0,20

Para algumas faixas de freqüência na tabela acima, a densidade de campo é dada em função da freqüência. Dessa forma para se obter o valor correto da densidade de campo magnético, deve-se utilizar para o calculo a freqüência conforme indicada na coluna de faixa de freqüências. Considerando que no Brasil a freqüência da rede de distribuição elétrica é de 60 Hz, o valor máximo da densidade de campo magnético é de 83,3  $\mu$ T.

Na tabela 4.2 foi feita uma compilação dos limites de exposição a campos magnéticos adotados em diversos países através de normalização ou adotados por resoluções e decretos utilizando limites especificados por organizações internacionais. Os valores constantes nessa compilação também constam da documentação da OMS sobre o “Projeto Mundial de Campos Eletromagnéticos – The International EMF Project”.

**Tabela 4.2 – Densidade de campo magnético, para o público em geral.**

<b>Pais</b>	<b>B (<math>\mu</math>T)</b>	<b>Referência</b>
Brasil	83,3	Regulamentação existente somente para faixa de frequência de 9 kHz a 300 GHz – valor adotado da diretriz da ANATEL de 1999 de acordo com a ICNIRP/OMS
Peru	-	Regulamentação existente somente para faixa de frequência de 9 kHz a 300 GHz
Holanda	83,3	ICNIRP/OMS
Irlanda	83,3	Department of Health and Children - compliance with EC/519/99
Japão	-	Regulamentação existente somente para faixa de frequência de 9 kHz a 300 GHz
Austrália	83,3	ICNIRP?OMS
Suíça	1,0 a 83,3 dependendo da corrente elétrica	Ordinance relating to Protection from Non-Ionising Radiation - (ONIR 814.710) - 23 December 1999
Itália	Adultos – 100 Crianças – 10 Meta – 3	Decreto do presidente do Conselho de Ministros de 08 de Julho de 2003 DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 8 luglio 2003 - Fissazione dei limiti di esposizione, dei valori di attenzione e degli obiettivi di qualita' per la protezione della popolazione dalle esposizioni ai campi elettrici e magnetici alla frequenza di rete (50 Hz) generati dagli elettrodotti. (GU n. 200 del 29-8-2003)
Inglaterra	1333	European Council - Recommendation 519/1999 Documents of the NRPB, Vol 4, Nr 5, 1993
Rússia	10	SanPiN 2.2.4.1329-03 - Requirements for personal protection from pulsed electromagnetic fields exposure
Taiwan	83300	EMF. Questions and Answers - National Association for Radiation Protection (NARP, Taiwan), 2003. Limite extraído do sítio da Organização mundial de saúde: <a href="http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Asia/Taiwan_files/table_tw.htm">http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Asia/Taiwan_files/table_tw.htm</a> em 28 de Janeiro de 2005

Continua na próxima página

<b>Pais</b>	<b>B (<math>\mu</math>T)</b>	<b>Referência</b>
Bélgica	-	Regulamentação existente somente para faixa de frequência de 9 kHz a 300 GHz
EUA	-	Regulamentação existente somente para faixa de frequência acima de 30 MHz
Canadá	-	Regulamentação existente somente para faixa de frequência acima de 100 kHz



## 5 ESTUDOS REALIZADOS

Neste estudo estão sendo consideradas as frequências extremamente baixas, mais precisamente a frequência da rede elétrica que é de 60 Hz no Brasil.

Para a frequência de 60 Hz, o comprimento de onda equivalente é de 5000 km, o que impossibilita a medição do campo eletromagnético por se tratar de campo próximo. Neste caso, as medições de campo elétrico e campo magnético devem ser feitas de forma independente e com equipamentos distintos.

A fonte de interferência mais comum nas residências é o campo magnético de baixa frequência, que atravessa os materiais comuns de construção, sendo de difícil blindagem. Os campos elétricos, não serão abordados, pois são de fácil blindagem podendo ser neutralizados com aterramento e proteção metálica.

Não existe normalização, tanto nacional quanto internacional, para a medição de campos magnéticos de frequência de 60 Hz no interior de residências. Por esta razão, foram definidos alguns procedimentos que são discutidos a seguir.

Para a medição dos campos magnéticos de baixa frequência, foram selecionadas nove edificações habitacionais.

As habitações selecionadas foram escolhidas levando-se em conta:

- Instalações elétricas:
  - As edificações escolhidas estão distribuídas em três grupos de três edificações cada, onde cada grupo apresenta instalações elétricas coincidentes e simétricas.
- Distância da edificação às linhas de transmissão de energia elétrica:
  - Os três grupos de edificações foram escolhidos garantindo-se uma distância mínima de 1000 metros das linhas de transmissão de energia elétrica. Dessa forma o campo magnético gerado por essas linhas foi considerado desprezível (BENNETT, 1994).
- Distância da edificação às linhas de distribuição de energia elétrica:

- Os três grupos de edificações apresentam distâncias de 6 m, 35 m e 65 m das linhas de distribuição de energia elétrica.
- Distância da edificação a transformadores de tensão da linha de distribuição de energia elétrica
  - Os três grupos de edificações estavam a uma distancia mínima de 300 m de transformadores de tensão, localizados nos postes de distribuição de energia elétrica.
- Quantidade de moradores e eletrodomésticos
  - Procurou-se escolher edificações onde a quantidade de moradores fosse a mesma além da quantidade e tipo de eletrodomésticos fossem aproximadamente iguais.

Para a avaliação da incidência de campos magnéticos de baixa frequência, foram consideradas as três fontes mais comuns destes campos encontradas no interior de habitações:

- a. Instalação elétrica predial;
- b. Linhas de distribuição de energia elétrica próxima à residência;
- c. Aparelhos eletroeletrônicos existentes no interior da residência.

Os objetos de estudo e os procedimentos adotados para a realização das medições são apresentados a seguir.

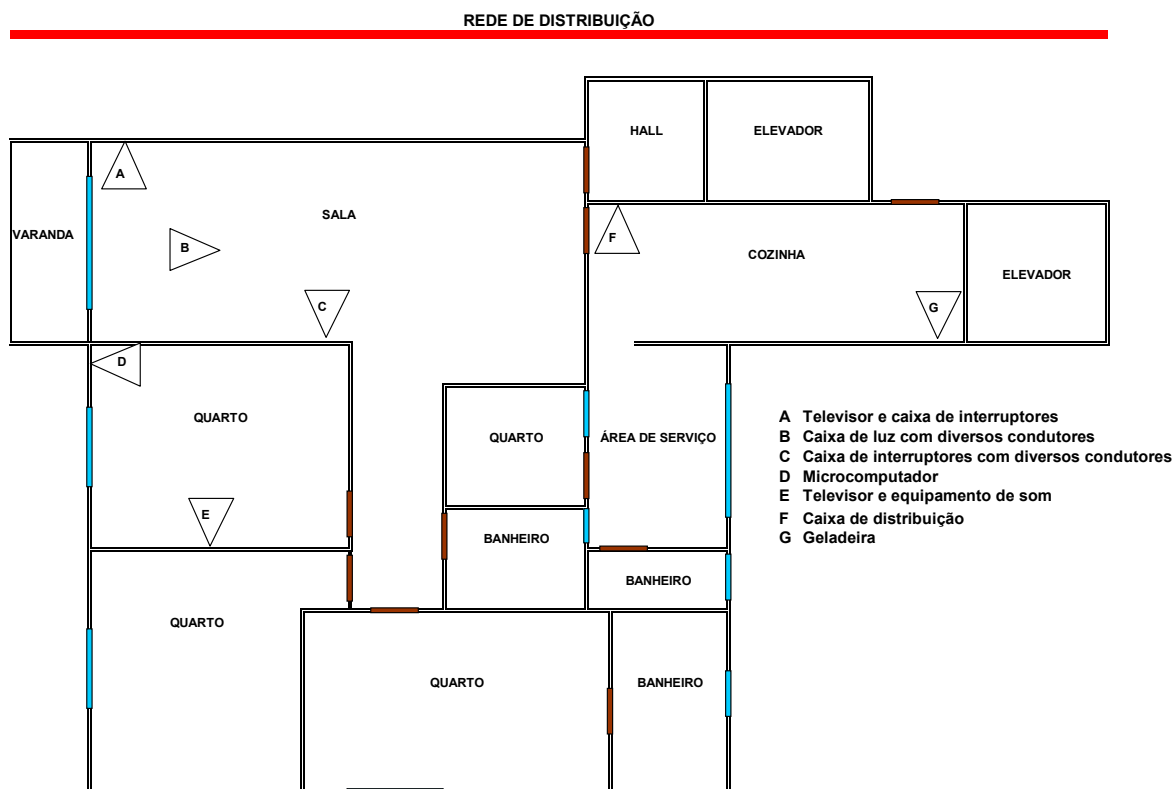
## **5.1 DESCRIÇÃO DAS RESIDÊNCIAS**

As nove residências contempladas neste estudo estão localizadas na cidade de São Paulo, distribuídas em três grupos, a saber:

- Grupo A – Três apartamentos em edifício residencial localizado na zona Oeste, escolhidos na mesma prumada do edifício nos andares 3, 7 e 12, denominados como A1, A2 e A3, com as seguintes características:
  - Sistema construtivo em alvenaria de blocos de concreto;
  - Três elevadores;

- Distância de 35 metros, sem obstáculos entre o edifício e a rede de distribuição de energia pública.
- Todos os apartamentos contendo no mínimo uma unidade dos seguintes equipamentos eletroeletrônicos: televisor; aparelho de DVD; aparelho de Vídeo cassete; microcomputador; impressora; geladeira; máquina de lavar roupas; forno de microondas.
- Instalações elétricas com tensão nominal de 127 V.

A localização das fontes de campo magnético e o leiaute dos ambientes de um apartamento típico estão apresentados na figura 5.1.



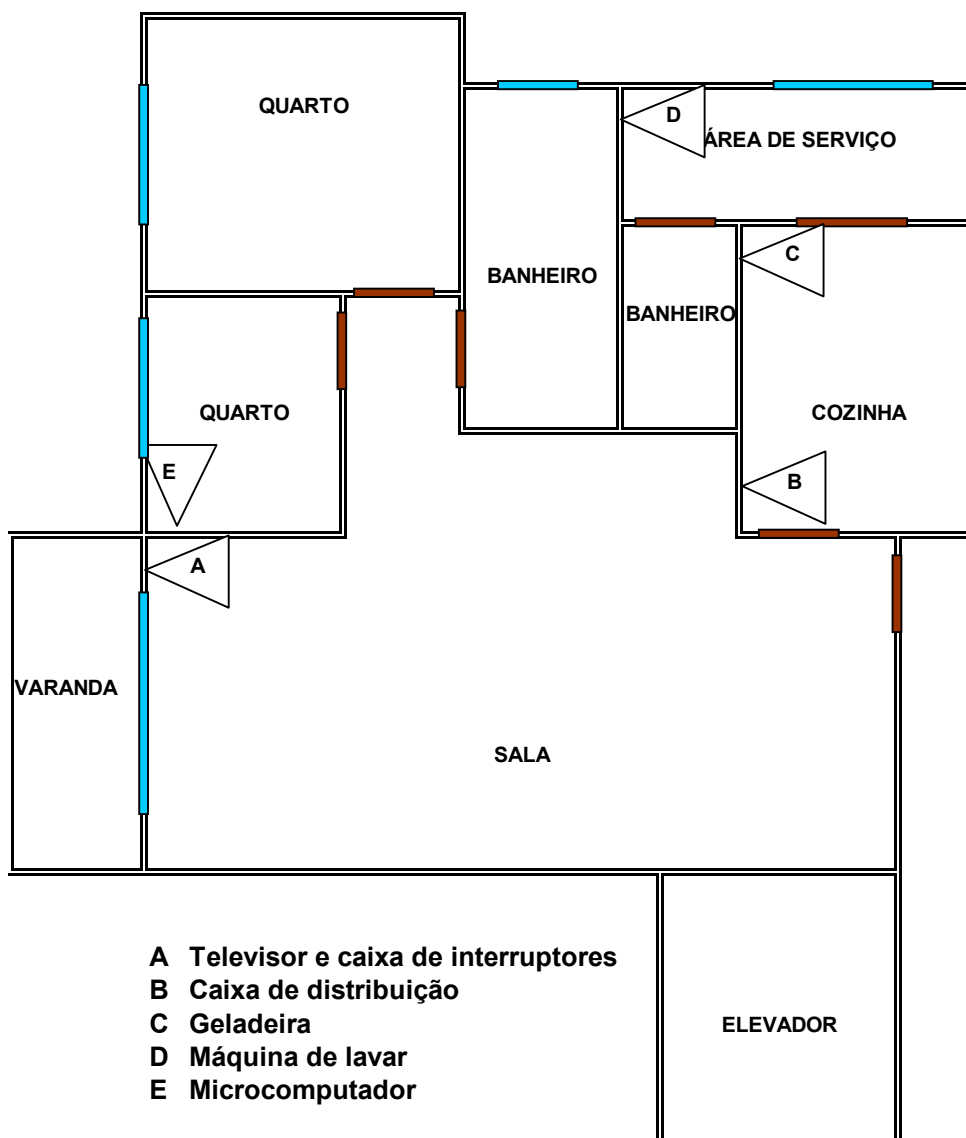
**Figura 5.1 – Leiaute dos apartamentos A1, A2 e A3**

- Grupo B – Três apartamentos em edifício residencial localizado na zona Oeste, escolhidos na mesma prumada do edifício nos andares 3, 5 e 9, denominados A4, A5 e A6, com as seguintes características:
  - Sistema construtivo em alvenaria de blocos de concreto;

- Dois elevadores;
- Distância de 65 metros, sem obstáculos, entre o edifício e a rede de distribuição de energia pública.
- Todos os apartamentos contendo no mínimo uma unidade dos seguintes equipamentos eletroeletrônicos: televisor; aparelho de DVD; aparelho de Vídeo cassete; microcomputador; impressora; geladeira; máquina de lavar roupas; forno de microondas.
- Instalações elétricas com tensão nominal de 127 V, com exceção de um chuveiro com 220 V.

A localização das fontes de campo magnético e o leiaute dos ambientes de um apartamento típico estão apresentados na figura 5.2.

## REDE DE DISTRIBUIÇÃO



**Figura 5.2 – Leiaute dos apartamentos A4, A5 e A6**

- Grupo C – Três casas térreas geminadas em um dos lados, com plantas semelhantes, denominadas C1, C2 e C3, localizadas na zona Oeste, escolhidas na mesma rua com a mesma orientação quanto à rede de distribuição de energia elétrica, com as seguintes características:
  - Sistema construtivo em alvenaria de blocos cerâmicos;

- Distância de 6 metros, sem obstáculos, entre a casa e a rede de distribuição de energia pública.
- Todas as casas contendo no mínimo uma unidade dos seguintes equipamentos eletroeletrônicos: televisor; aparelho de DVD; aparelho de Vídeo cassete; microcomputador; impressora; geladeira; máquina de lavar roupas; forno de microondas.
- Instalações elétricas com tensão nominal de 127 V, com exceção de um chuveiro com 220 V.

A localização das fontes de campo magnético e o leiaute dos ambientes de uma casa típica estão apresentados na figura 5.3.

## REDE DE DISTRIBUIÇÃO



**Figura 5.3 – Leiaute das casas C1, C2 e C3**

## 5.2 SISTEMATIZAÇÃO DO MÉTODO DE MEDIÇÃO

Na falta de normalização para as medições de campos magnéticos de baixa frequência no interior de residências, as medições foram feitas de forma a mapear todo o ambiente, considerando-se o posicionamento das fontes de campos

magnéticos encontradas nas habitações e os locais em que seus ocupantes possam permanecer por longo tempo.

Considerando-se o posicionamento das instalações elétricas prediais, que em geral estão embutidas nas paredes, as medições devem ser feitas em todo o perímetro interno da residência a uma distância de 30 cm da parede. Nesta distância, podem ser colocados sofás, camas ou cadeiras onde os habitantes da edificação podem ficar estacionários durante longos períodos.

Também devem ser feitas medições na região central de todos os cômodos, considerando-se a posição da instalação elétrica e posicionamento de eletrodomésticos na zona de ocupação.

Dessa forma, foi definida uma malha de pontos de medição que permite analisar os locais onde possam ser colocados berços, camas, sofás e cadeiras, tendo em vista a permanência de pessoas por mais tempo.

A altura dos pontos de medição foi fixada em 1,0 m acima do nível do piso pelas seguintes razões:

- O resultado de medições preliminares do campo magnético realizadas em todas as habitações consideradas, no ponto de maior intensidade de cada ambiente, nas alturas de 0,5 m, 0,75 m, 1,0 m e 1,70 m, indicaram um desvio padrão da ordem de  $0,05 \mu\text{T}$ , o que levou à conclusão de que a variação do campo magnético com a altura em relação ao piso, na zona de ocupação, é desprezível perante os níveis mínimos citados nos estudos epidemiológicos que é de  $0,2 \mu\text{T}$ ;
- Corresponde à região do tórax de uma pessoa sentada;
- Como a variação do campo magnético em relação a altura foi desprezível, considera-se o mesmo valor para as alturas de 0,60 m que representa a posição de uma pessoa deitada em uma cama.

Cada medição foi executada em um período de 30 segundos, com coleta automática de 10 valores por medição, em duas condições:



1. Com a alimentação de energia elétrica da residência interrompida, para se obter o campo magnético de fundo. Estas medições foram feitas para os pontos centrais dos cômodos e adotada a média dos valores;
2. Com a alimentação de energia elétrica da residência restabelecida, mantendo-se todas as lâmpadas acesas, além de microcomputador, geladeira e televisor em funcionamento. Estas medições foram feitas para todos os pontos da malha definida.

### 5.3 DESCRIÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

Os pontos onde foram executadas as medições estão indicados nas figuras 5.4, 5.5 e 5.6, correspondentes às habitações típicas dos grupos A, B e C, respectivamente.

As numerações nas figuras 5.4, 5.5 e 5.6 fazem referência aos pontos de medição que formam o eixo das abscissas dos gráficos no item 5.6.



**Figura 5.4 – Pontos de medição nos apartamentos A1, A2 e A3**

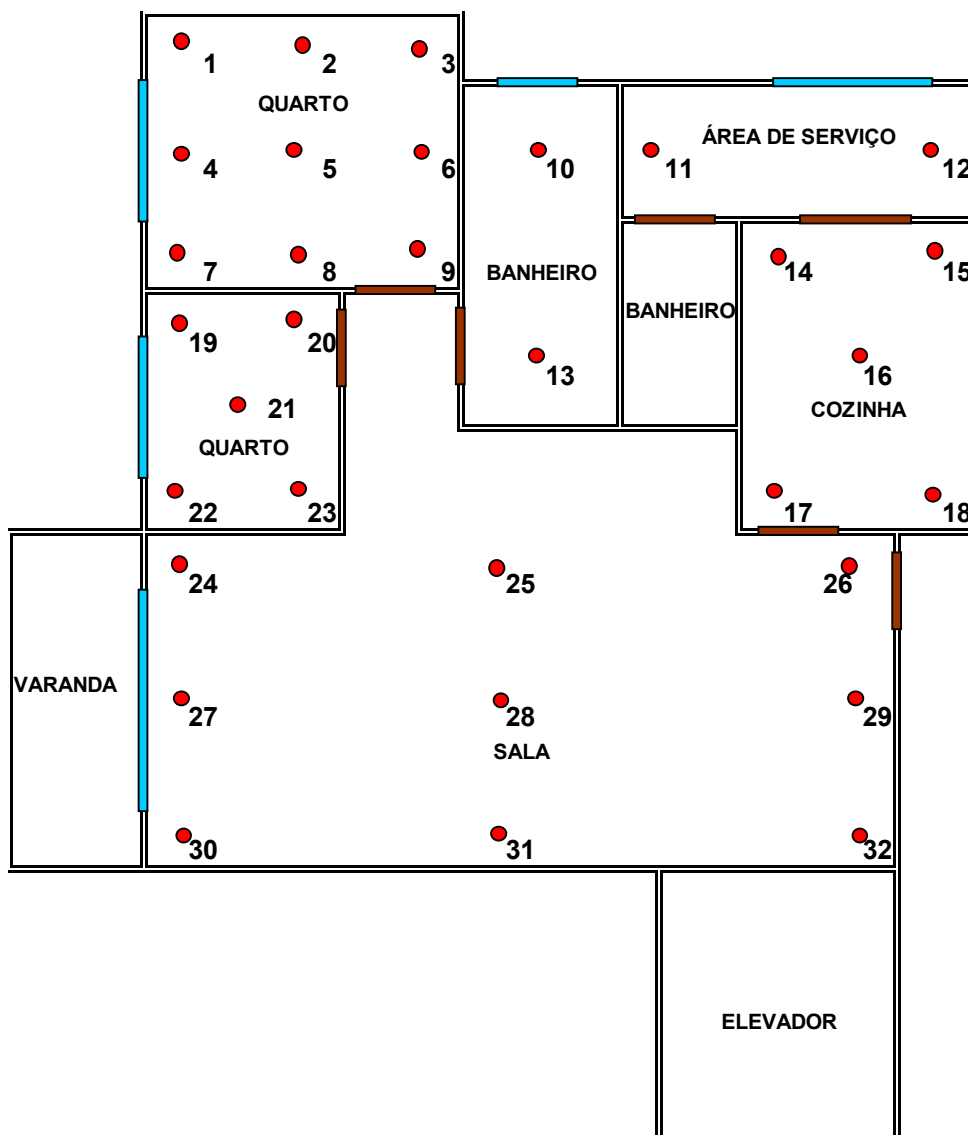


Figura 5.5 – Pontos de medição nos apartamentos A4, A5 e A6

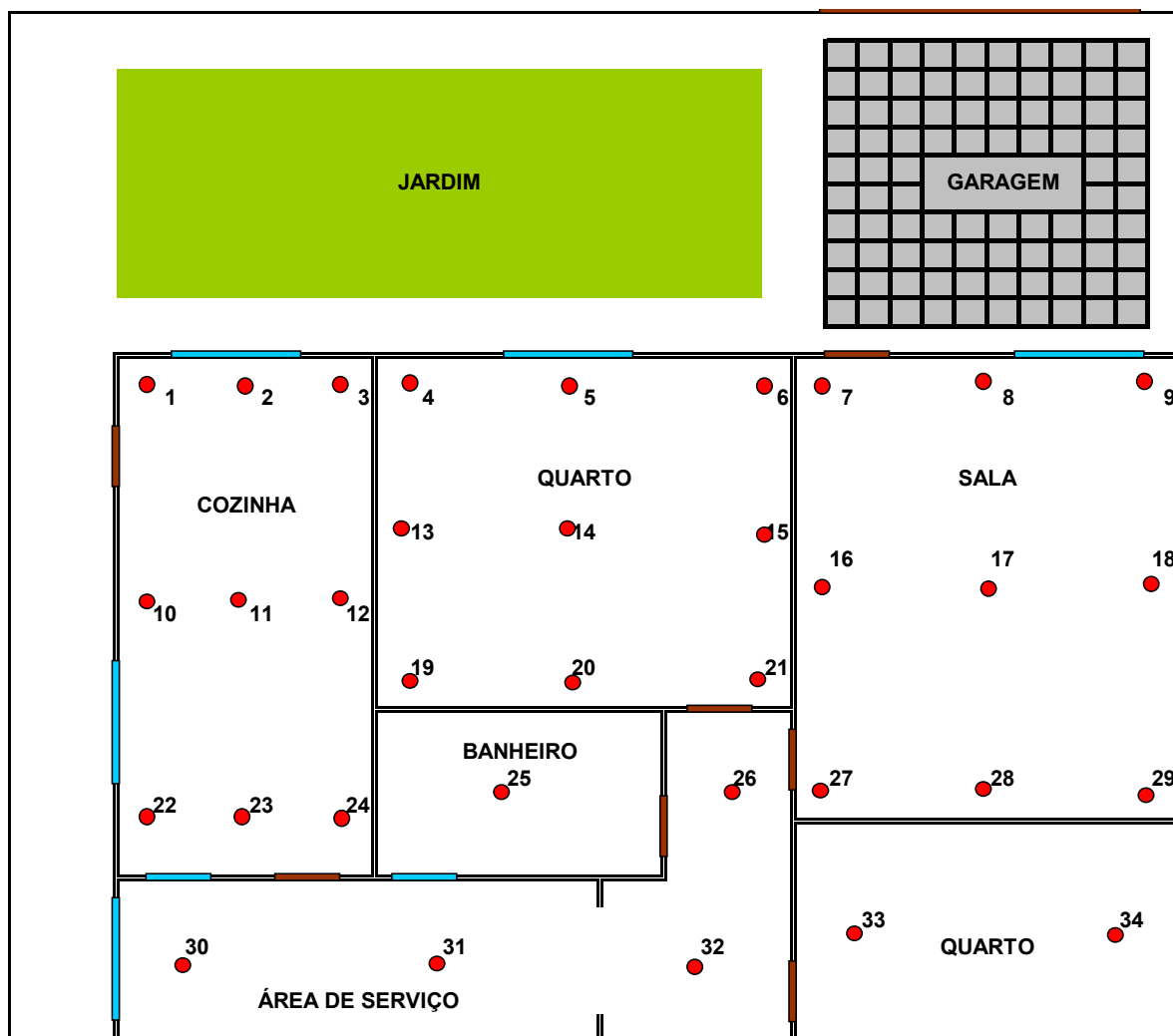


Figura 5.6 – Pontos de medição nas casas C1, C2 e C3

#### 5.4 SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Para a medição dos campos magnéticos, foi utilizado o sistema de aquisição de dados “Magnetic Field Meter 10 – MFM 10” do fabricante COMBINOVA ilustrado na figura 5.7.



Fonte: Manual equipamento

### Figura 5.7 – Sistema de aquisição de dados MFM 10 - COMBINOVA

O equipamento foi selecionado com base nos seguintes fatores:

1. Medidor de densidade de fluxo magnético que é a fonte de interferência mais comum nas residências gerado por linhas de transmissão, distribuição, instalações elétricas prediais e eletrodomésticos;
2. Abrange a faixa de frequência de interesse que é de 60 Hz e a faixa densidade de fluxo magnético comumente encontrados em ambientes para o público em geral;
3. O equipamento é composto por três bobinas ortogonais, independentes que propiciam que as medições sejam feitas independentes da direção de propagação dos campos dando o valor resultante das três componentes do campo;
4. Portabilidade;
5. Precisão.

A especificação técnica do equipamento esta apresentada na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Especificação técnica do sistema de medição MFM 10

Faixa de medição	0,01 a 10.000 $\mu$ T
Faixa de frequências	5 a 2.000 Hz
Precisão (indicada pelo fabricante)	$\pm$ 1% da leitura
Resolução	0,5% da leitura

Capacidade de armazenamento de dados	4.000 resultados
Peso	3,0 kg
Dimensões	380 mm x 115 mm x 250 mm
Condições de operação	-20°C a +50°C
Bateria recarregável com autonomia para 100 horas de uso	

## 5.5 INCERTEZA DO SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS

Para a determinação da incerteza do sistema de medição, foram executadas 2 séries de 10 medições, cada uma com duração de 30 segundos. O local escolhido para a coleta dos dados estava distante de fontes de campos magnéticos com frequência de 60 Hz, garantindo-se que não havia variação do campo magnético de fundo.

Adotou-se como gerador de campo magnético um aspirador de pó, ligado em tensão estabilizada, considerado como fonte constante de campo magnético, colocado em duas posições diferentes próximas ao equipamento de medição: a 0,15 m e a 0,30m. Na tabela 5.2 encontram-se a média e o desvio padrão dos dados colhidos.

**Tabela 5.2 – Valores médios e desvio padrão das medições realizadas.**

Distância (m)		0,15	0,30
Média	$\mu\text{T}$	7,02	0,541
S		0,09	0,006
S / Média (%)		1,3	1,1

A flutuação máxima obtida, que é de 1,3 %, foi adotada como a incerteza de cada medida obtida.

## 6 RESULTADOS OBTIDOS

Os valores de densidade de fluxo magnético, obtidos nos três grupos de edificações em relação à distância da linha de distribuição de energia se encontram na tabela 6.1.

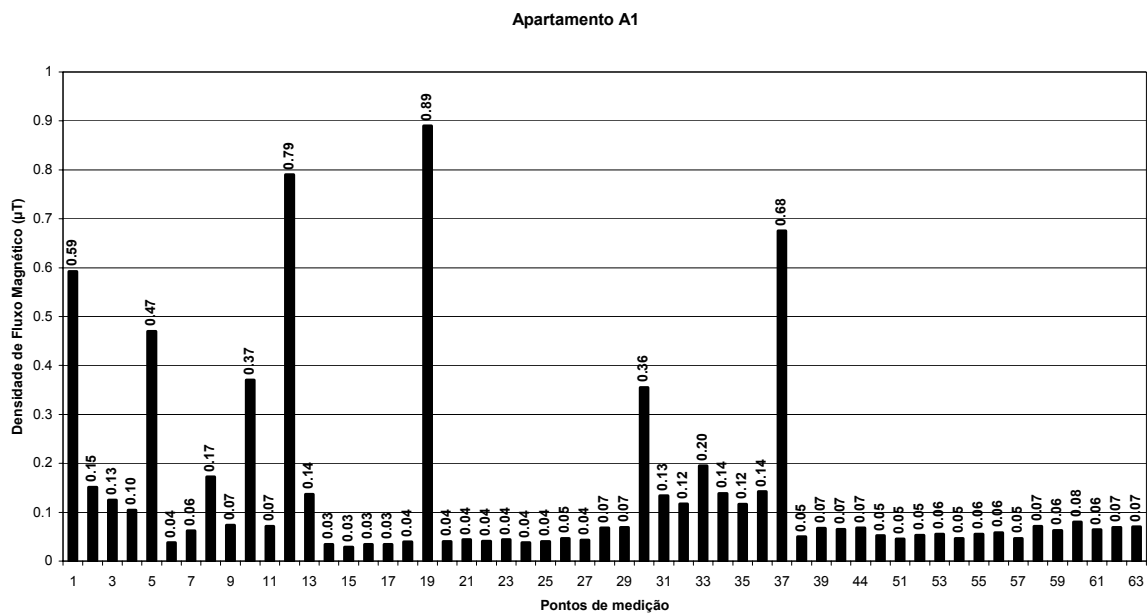
Para a obtenção desses valores a alimentação de energia elétrica da residência foi interrompida, e foram feitas medições nos pontos centrais dos cômodos e adotada a média dos valores;

Os valores da densidade de fluxo magnético, medidos nos 3 grupos de habitações, estão apresentados nas figuras de 6.1 a 6.9.

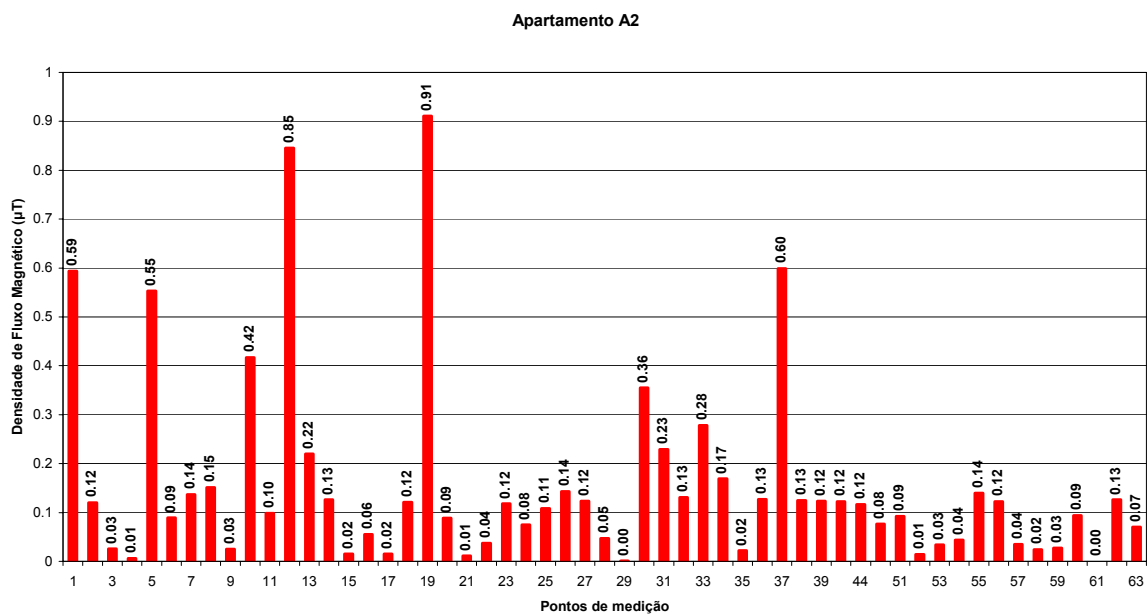
**Tabela 6.1 – Campo de fundo x Distância da rede de distribuição**

	Distância da rede (m)	Valor médio da densidade de fluxo magnético ( $\mu\text{T}$ )
<b>Apartamentos AP 4, 5 e 6</b>	65	0,07
<b>Apartamentos AP 1, 2 e 3</b>	35	0,08
<b>Casas CS 1, 2 e 3</b>	6	0,20

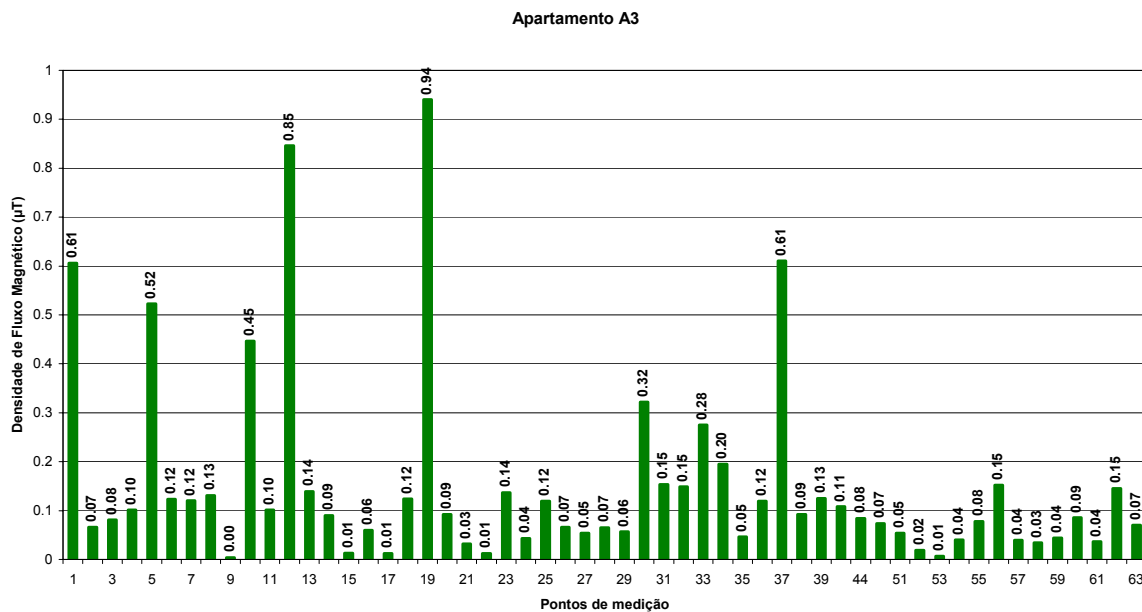
### 6.1.1 Habitação do grupo A



**Figura 6.1 – Campo magnético em A1.**

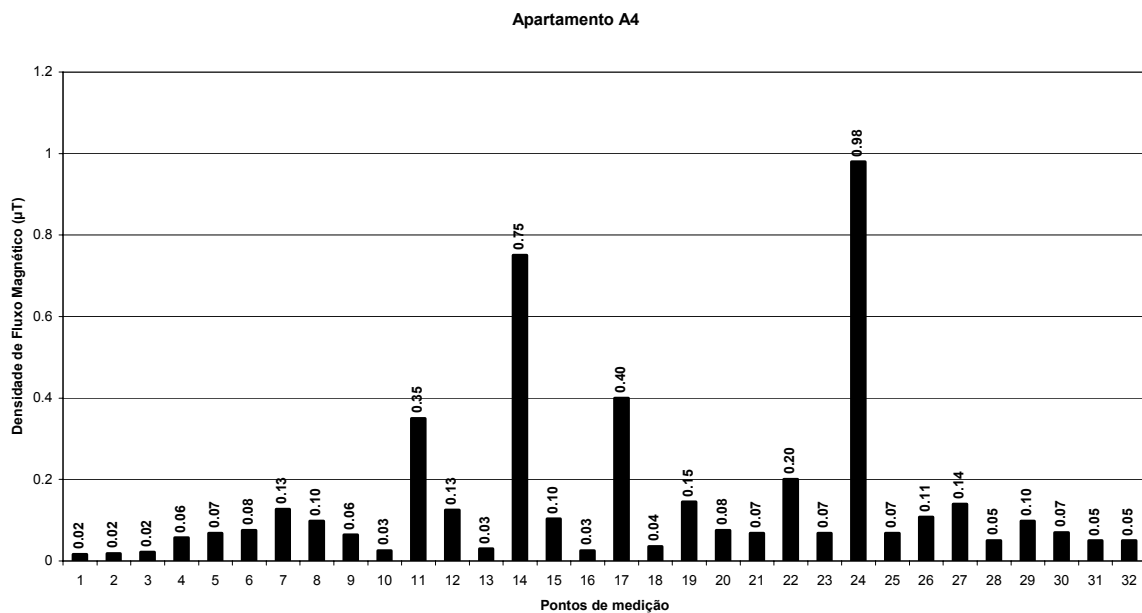


**Figura 6.2 – Campo magnético em A2.**



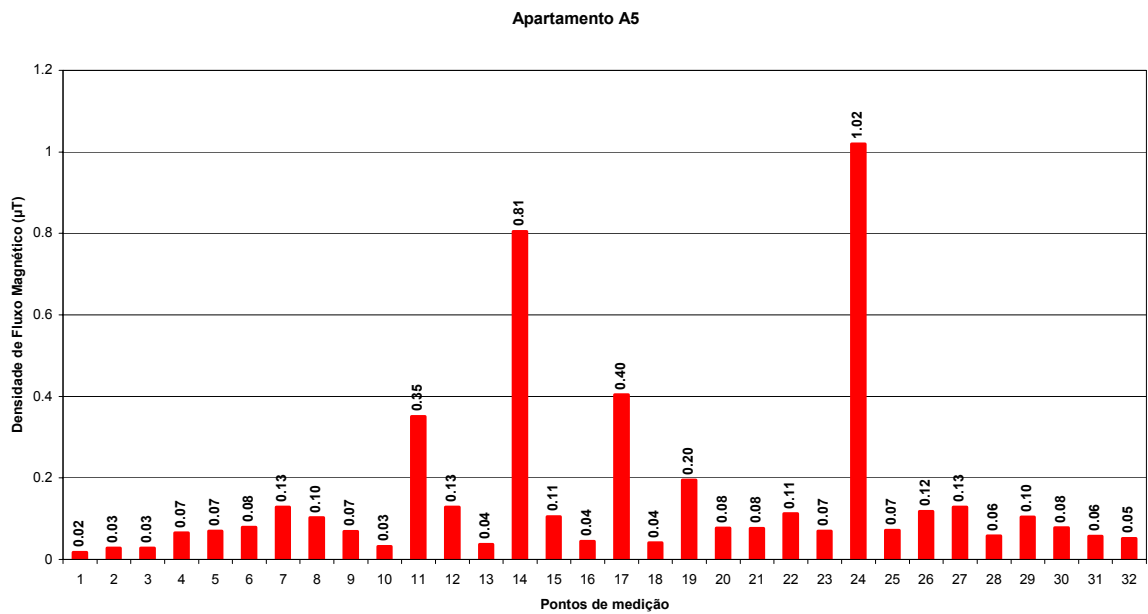
**Figura 6.3 – Campo magnético em A3.**

**6.1.2 Habitação do grupo B:**

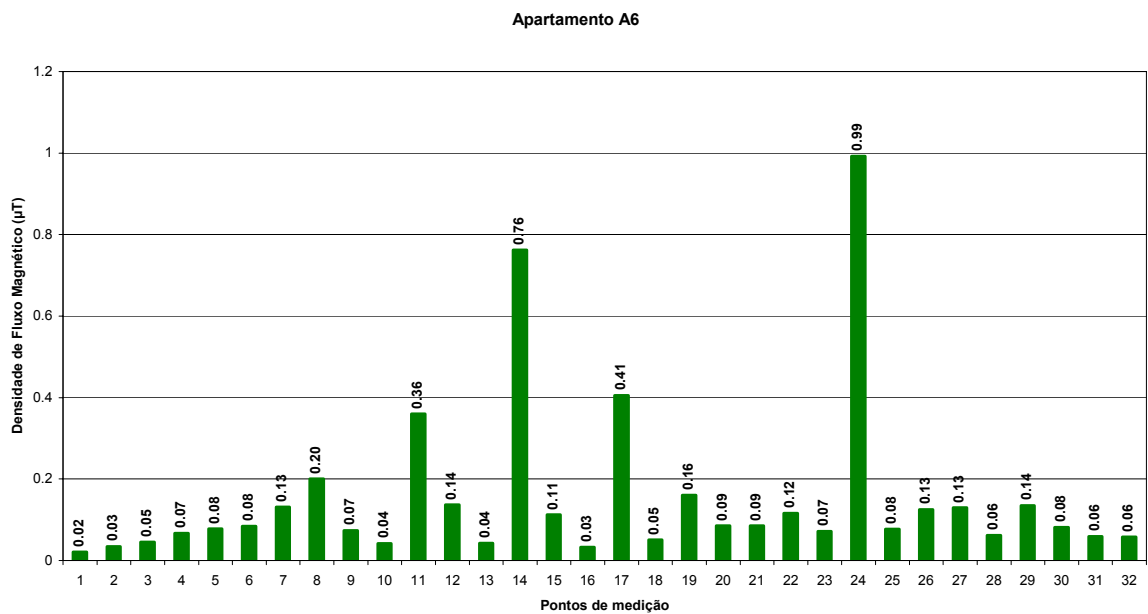


**Figura 6.4 – Campo magnético em A4.**





**Figura 6.5 – Campo magnético em A5.**



**Figura 6.6 – Campo magnético em A6.**

### 6.1.3 Habitação do grupo C:

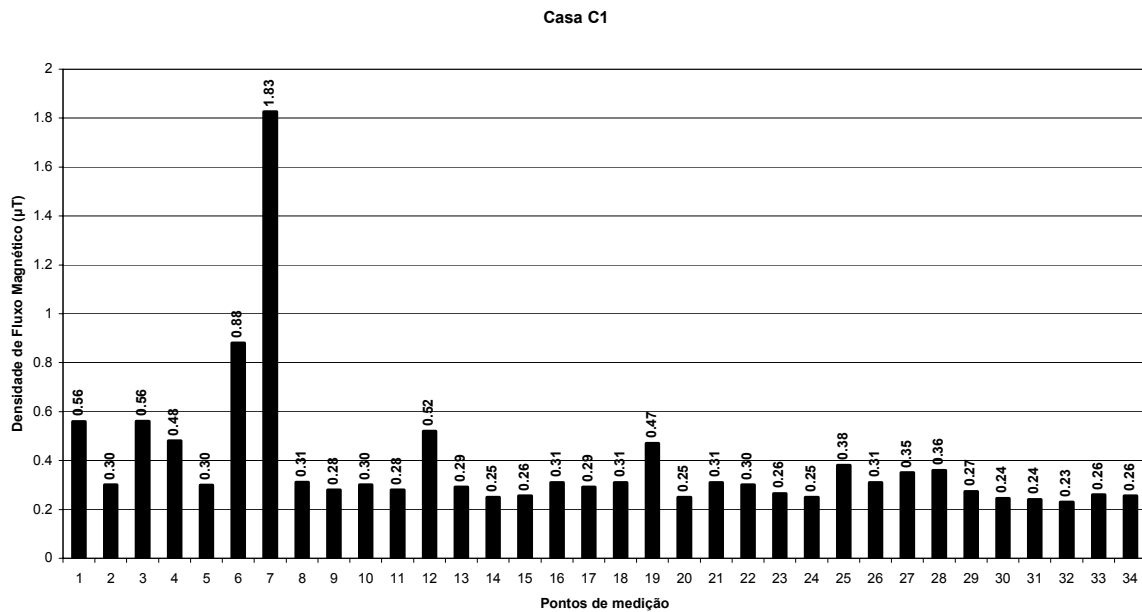


Figura 6.7 – Campo magnético em C1.

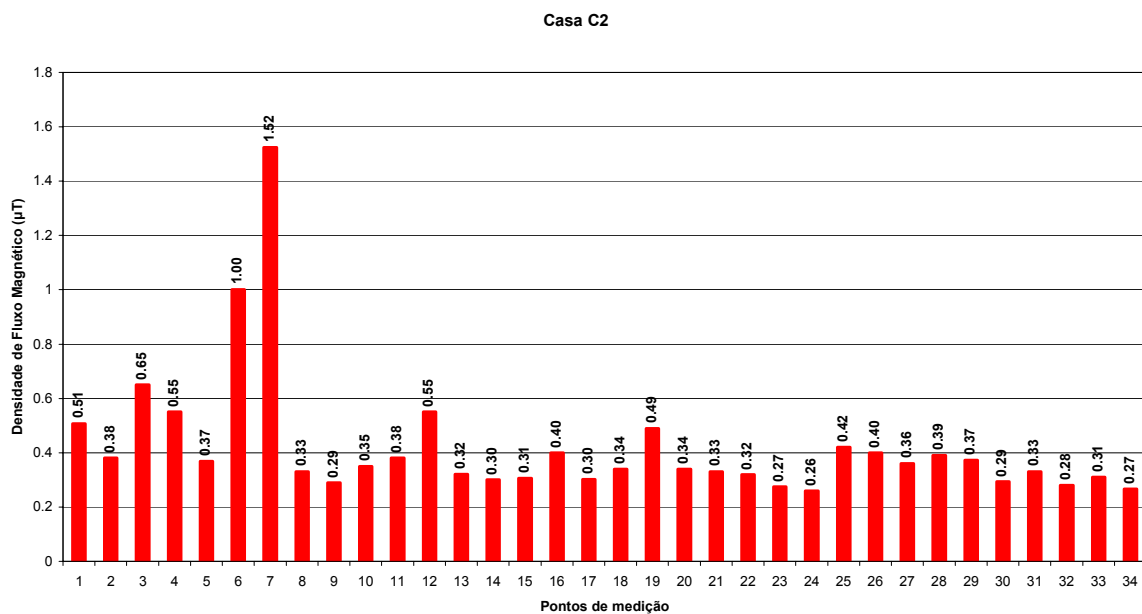
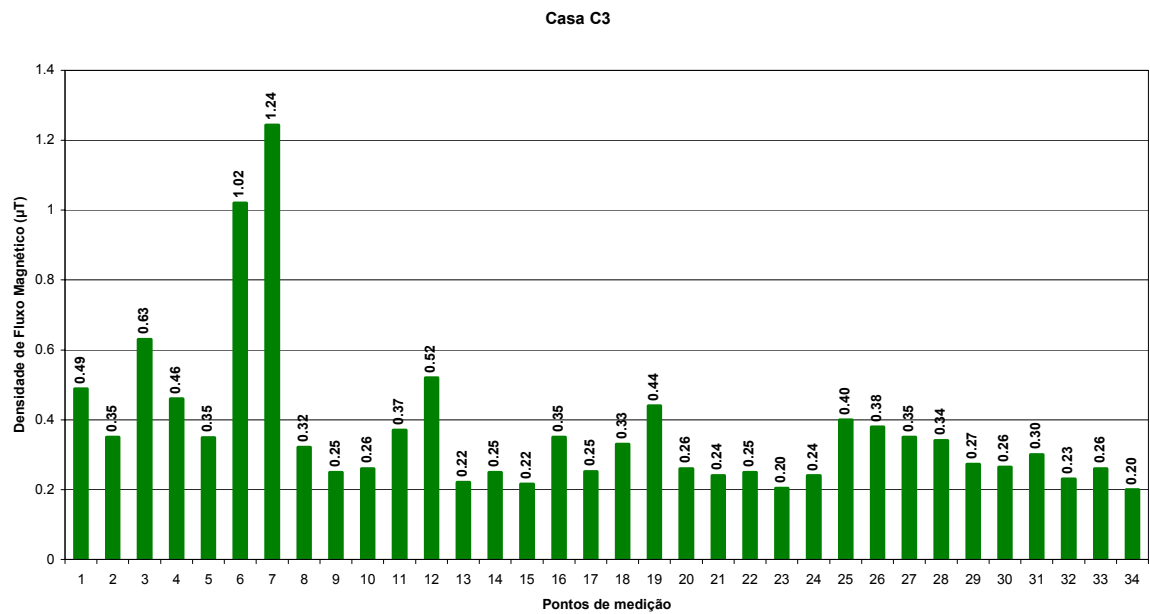


Figura 6.8 – Campo magnético em C2.



**Figura 6.9 – Campo magnético em C3.**

## 7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As medições feitas mostram que a incidência de campos magnéticos no interior de edificações em um mesmo edifício ou em casas semelhantes tem comportamento análogo, fato que pode ser observado nas figuras 7.1, 7.2 e 7.3 onde ocorre a sobreposição das medidas individuais de cada grupo de residências. O comportamento é análogo, pois os campos são gerados pelas instalações elétricas, eletrodomésticos e linhas de distribuição de energia da companhia de eletricidade.

Como as instalações elétricas, de cada grupo estudado são coincidentes, existem nichos para geladeiras, máquinas de lavar e tomadas de antena de televisores dessa forma a distribuição de eletroeletrônicos também tende a ficar coincidente.

Apartamentos A1, A2 e A3

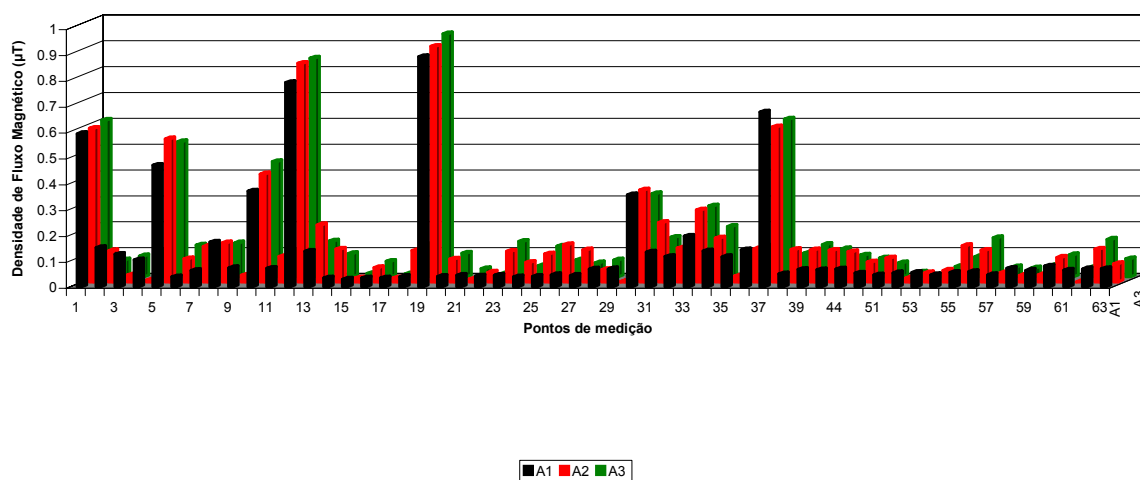


Figura 7.1 – Campo magnético em A1, A2 e A3.

Apartamentos A4, A5 e A6

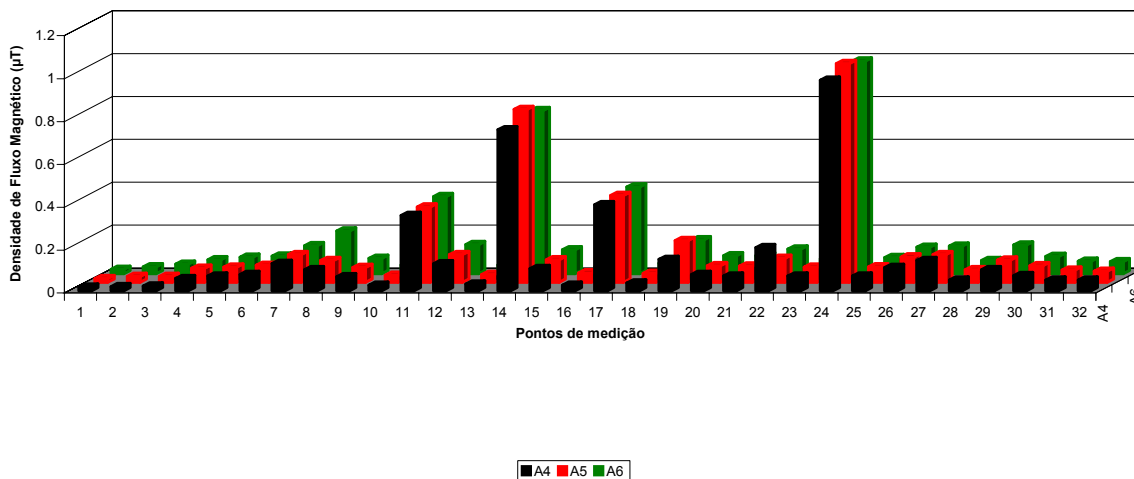


Figura 7.2 – Campo magnético em A4, A5 e A6.

Casas C1, C2 e C3

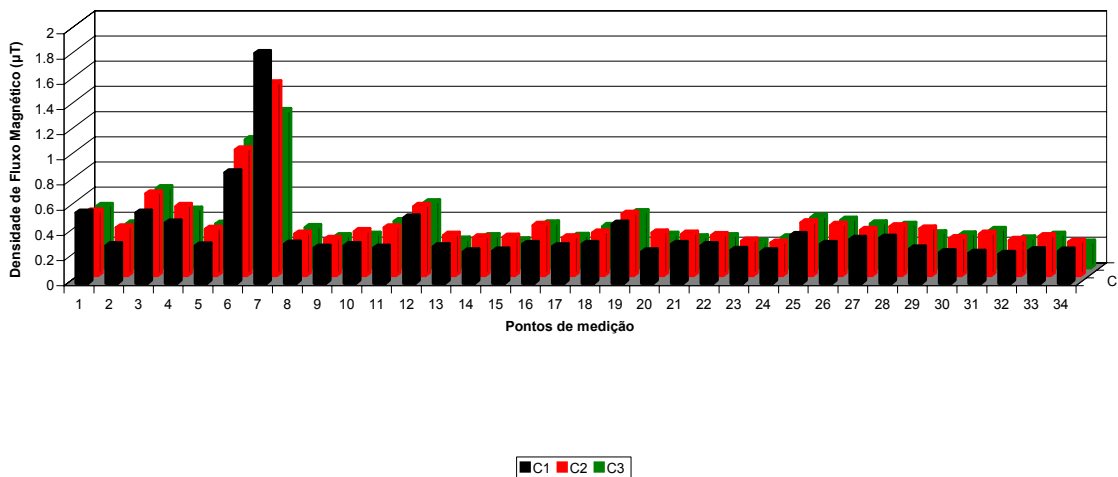
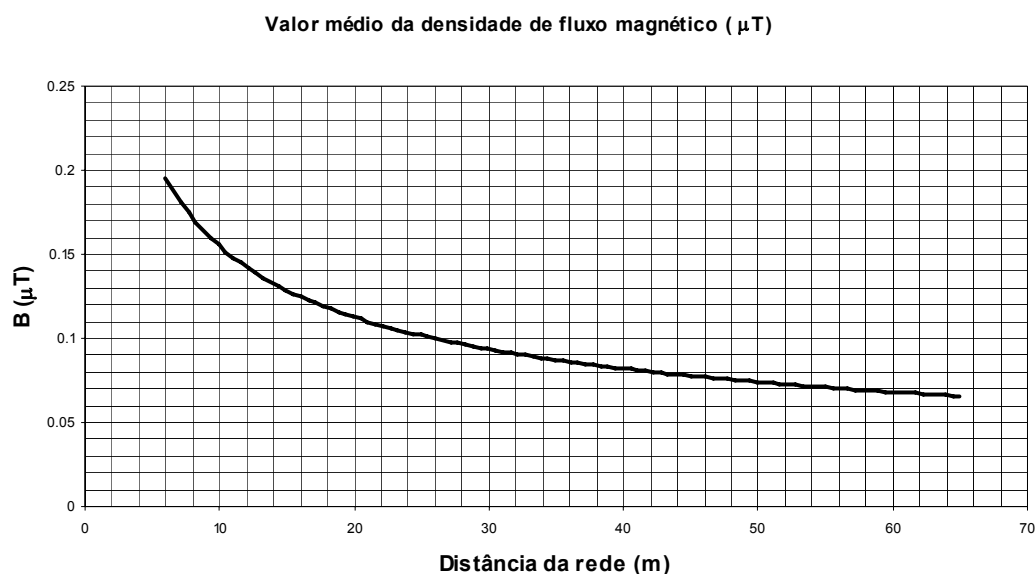


Figura 7.3 – Campo magnético em C1, C2 e C3.

Através dos dados da tabela 6.1, expressos no gráfico da figura 7.4, observa-se que quanto mais próxima da rede de distribuição de eletricidade a residência

esteja, maior será o campo magnético de fundo em seu interior, isto pode ser visto nas casas térreas que se encontram a 6 m de distância da rede, mesmo quando é interrompida a entrada de energia ela fica com um campo de fundo da ordem de 2,5 vezes maior do que as residências afastadas (edificações dos grupos A e B).



**Figura 7.4 – Valores de campo magnético x Distância da rede**

Com referência aos limites de exposição, expressos na tabela 4.2 do capítulo 4, todas as edificações estão dentro dos limites especificados, com exceção do conjunto de casas, que se comparado ao limite mínimo decretado pela Suíça ultrapassa o valor limite de  $1\mu\text{T}$ .

Dada a divergência existente quanto aos estudos epidemiológicos referentes ao risco da exposição de seres humanos a campos magnéticos de baixa frequência e a variação dos limites de exposição aos campos em diversos países, mesmo os valores das medições estando dentro dos limites de exposição especificados, por lei ou normas técnicas, sugere-se quantificar os campos no interior da residência e procurar evitar permanecer onde o campo esteja acima de  $0,2\mu\text{T}$  já que estudos epidemiológicos como o de LINET et al (1997) e MICHAELIS, et al(1997),

estabelecem este valor como sendo de risco para a ocorrência de leucemia. Porém dos três casos de edificações que foram estudados, a recomendação de evitar campos que estejam acima de  $0,2 \mu\text{T}$  é viável apenas para os apartamentos, as casas devido a proximidade da linha de transmissão de energia apresentam um valor médio de  $0,2 \mu\text{T}$  sem estar conectada à rede de distribuição o que pode ser observado nas figuras 6.12, 6.13 e 6.14 onde nenhum valor individual de campo magnético medido está abaixo do limite proposto. Neste caso fica clara a importância de manter o maior recuo possível das residências em relação às linhas de transmissão.

Foram feitas algumas medições com o intuito de atenuar os campos nos pontos de medição de número 6 da casa 2 e no ponto de medição 12 do apartamento 3 do grupo A, locais propícios para colocação de berços e camas. Estes pontos apresentam  $1,00 \mu\text{T}$  e  $0,85 \mu\text{T}$  respectivamente. O experimento consistiu em colar junto à parede folhas de material aluminizado, simulando uma barreira na área de interesse. Após a aplicação da barreira foram feitas novas medições e obteve-se uma redução média de  $0,50 \mu\text{T}$ . Este resultado é importante, porém deve ser estudado cuidadosamente em laboratório, onde as condições de contorno podem ser devidamente controladas para confirmação do resultado, pois como já foi mencionado os campos magnéticos são de difícil blindagem.

Foram analisados também dois pontos no edifício tipo A:

- Pontos de medição 10, onde fica uma caixa de interruptores que faz a distribuição de eletricidade para diversos circuitos do apartamento;
- Ponto de medição 30 onde fica o quadro de entrada.

Estes pontos apresentam um campo médio de  $0,41 \mu\text{T}$  e  $0,34 \mu\text{T}$  respectivamente. Nestes pontos existe acúmulo de condutores num único lugar, propiciando o aumento do campo, logo as instalações elétricas devem ser bem balanceadas, divididas em circuitos independentes e fazer caminhos independentes, de preferência evitando caminhos onde o projeto arquitetônico preveja locais em que os ocupantes da edificação devem ficar estacionários durante muito tempo.

## 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os limites de exposição a campos magnéticos, constantes em normas técnicas, leis ou diretrizes, adotadas no Brasil e internacionalmente, apresentam divergência nos valores apresentados. Para a frequência de 60 Hz, observa-se uma grande discrepância entre os valores limites adotados nos diversos países, que vai de 1  $\mu\text{T}$  na Suíça, até 83300  $\mu\text{T}$  em Taiwan. Além disso, em alguns países da Europa e até mesmo nos Estados Unidos, não são estabelecidos limites para este parâmetro.

O limite adotado por Taiwan pode ser considerado inaceitável, pois é equivalente a 10000 vezes o campo produzido sob uma linha de alta tensão de 500kV (NRC, 1997), o que é considerado como fonte de risco de leucemia em crianças (NAS, 1996).

Conforme o resultado das medições realizadas, todas as habitações avaliadas podem ser consideradas seguras quanto aos limites adotados no Brasil de acordo com a Diretriz da ANATEL e internacionalmente, com exceção das casas térreas, onde se observaram valores de densidade de fluxo magnético superiores ao limite mínimo decretado pela Suíça.

Levando-se em conta estudos epidemiológicos como o de LINET et al (1997) e MICHAELIS, et al (1997), que indicam um valor limite de 0,2  $\mu\text{T}$  como sendo de risco para a ocorrência de leucemia, portanto menor que o valor limite mínimo estabelecido pela legislação Suíça, que é de 1,0  $\mu\text{T}$ , fica evidente a necessidade de se proceder a mais estudos para a quantificação da influência dos campos magnéticos na saúde do ser humano. Entretanto, parece razoável admitir como significativo o limite de 0,2  $\mu\text{T}$ , apontado pelos estudos acima referidos.

Para os três grupos de edificações que foram estudados, a recomendação de evitar campos que estejam acima de 0,2  $\mu\text{T}$  é viável para o caso dos apartamentos. Nas casas térreas foram observados valores significativamente maiores com a rede de alimentação desconectada, que chegaram a ser de 1,8  $\mu\text{T}$ , maior até que o limite estabelecido pela legislação Suíça. Isto se deve à



proximidade da linha de distribuição de energia às residências, o que poderia ser minimizado mantendo-se o maior recuo possível das habitações em relação às linhas de transmissão.

As habitações pertencentes ao mesmo grupo apresentam comportamento semelhante quanto aos campos magnéticos de baixa frequência, devido à coincidência das instalações elétricas, da localização de eletrodomésticos e do posicionamento das linhas de transmissão de energia.

O acúmulo de condutores numa única malha elétrica provoca o aumento do campo, logo as instalações elétricas devem ser balanceadas e divididas em circuitos independentes percorrendo caminhos distintos, independentes e de preferência evitando caminhos onde o projeto arquitetônico preveja locais em que os ocupantes da edificação possam ficar durante muito tempo.

## 9 CONTINUIDADE DOS TRABALHOS

Devido à grande variabilidade de tipologias de habitações e às diversas fontes de campo magnético existentes em seu interior e no seu entorno, torna-se necessário um aprofundamento do estudo, quantificando a intensidade dos campos gerados pela instalação elétrica e pelos equipamentos eletro-eletrônicos nos locais onde seres humanos permanecem por longos períodos.

De posse dessas informações, o projetista da edificação poderá orientar o projeto de forma a evitar a exposição dos habitantes aos campos magnéticos, enquanto que os fabricantes de equipamentos terão informação de quanto o seu produto está gerando de campo, podendo assim trabalhar na redução deste tipo de emissão.

Quanto às edificações, devem-se fazer avaliações do campo magnético, variando as correntes elétricas que percorrem os condutores internos dos edifícios, para a determinação dos níveis de corrente máximos permitidos de forma a não ultrapassar os limites que sejam nocivos à saúde, com base nos estudos epidemiológicos e normalização existente.

Como já foi citado anteriormente neste trabalho, a blindagem dos campos magnéticos é muito difícil de ser conseguida, porém deve ser estudada a aplicação de materiais, como por exemplo, mantas aluminizadas, em pontos onde haja a incidência de radiação, visando a minimização do campo onde este esteja fora dos limites aceitáveis para a saúde.

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, S. G.; BERNHARDT, J. H.; DRISCOLL, C. M. H.; GRANDOLFO, M.; MARIUTTI, G. F.; MATHES, R.; MCKINLAY, A.; F.; STEINMETZ, M.; VECCHIA, P.; WHILLOCK, M. **Proposals for basic restrictions for protection against occupational exposure to electromagnetic non-ionizing radiation's**. Recommendations of an International Working Group set up under the auspices of the Commission of the European Communities. Phys. Med. VII:77-89; 1991.

AMALDI, U. **Imagens da Física**. São Paulo, Editora Scipione, 1997. 538p.

BAUM, A.; MEVISSSEN, M.; KAMINO, K.; MOHR, U.; LÖSCHER, W. **A histopathological study on alterations in DMBA-induced mammary carcinogenesis in rats with 50 Hz, 100  $\mu$ T magnetic field exposure**. Carcinogenesis 16:119-125; 1995.

BENNETT Jr, W. R. **Health and Low-Frequency Electromagnetic Fields**. Michigan, Edwards Brothers Inc., 1994. 189p.

BENIASHVILI, D. S.; BILANISHVILI, V. G.; MENABDE, M. Z. **The effect of low-frequency electromagnetic fields on the development of experimental mammary tumors**. Voprosy Onkologii 37:937-941; 1991.

BRENT, R. L.; BECKMAN, D. A.; LANDEL, C. P. **Clinical teratology**. Current Opinion in Pediatrics 5:201-211; 1993.

CHERNOFF, N.; ROGERS, J. M.; KAVET, R. **A review of the literature on potential reproductive and developmental toxicity of electric and magnetic fields**. Toxicology 74:91-126; 1992.

CRP - Commission on Radiological Protection. **Protection against low frequency electric and magnetic fields in energy supply and use**. Recommendation, approved on 16<sup>th</sup>/17<sup>th</sup> February 1995. In: Berichte der Strahlenschutzkommission des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 7. Stuttgart: Fischer: 1997.

COOK, M. R.; GRAHAM, C.; COHEN, H. D.; GERKOVICH, M. M. **A replication study of human exposure to 60-Hz fields: effects on neurobehavioral measures**. Bioelectromagnetics 13:261-285; 1992

CRIDLAND, N. A. **Electromagnetic fields and cancer : a review of relevant cellular studies.** Chilton, UK: National Radiological Protection Board; Report NRPB-R256; 1993.

HEATH, C. W., Jr. **Electromagnetic field exposure and cancer: a review of epidemiologic evidence.** *Ca. Cancer J. Clin.* 46:29-44; 1996.

HORTON, W. F.; GOLDBERG, S. **Power Frequency Magnetic Fields and Public Health.** New York, CRC Press, 1995. 276p.

KRAUS, JOHN D.; CARVER, KEITH R. **Eletromagnetismo.** Rio de Janeiro, Editora Guanabara Dois, 1978. Segunda Edição. 780p.

LINDBOHM, M. L.; HIETANEN, M.; KYRÖNEN, P.; SALLMEN, M.; VAN NANDELSTADH, P.; TASKINEN, H.; PEKKARINEN, M.; YLIKOSKI, M.; HEMMINKI, K. **Magnetic fields of video display terminals and spontaneous abortion.** *American Journal of Epidemiology.* 136:1041-1051; 1992.

LINET, M. S.; HATCH, E. E.; KLEINERMAN, R. A.; ROBINSON, L. L.; KAUNE, W. T.; FRIEDMAN, D. R.; SEVERSON R.K.; HAINES, C. M.; HARTSOCK, C. T.; NIWA, S.; WACHOLDER, S.; TARONE, R. E. **Residential exposure to magnetic fields and acute lymphoblastic leukemia in children.** *New England Journal of Medicine.* 337:1-7; 1997.

LÖSCHER, W.; MEVISSSEN, M.; LEHMACHER, W.; STAMM, A. **Tumor promotion in a breast cancer model by exposure to a weak alternating magnetic field.** *Cancer Letters* 71:75-81; 1993.

LÖSCHER, W.; MEVISSSEN, M. **Linear relationship between flux density and tumor co-promoting effect of prolonging magnetic exposure in a breast cancer model.** *Cancer Letters* 96:175-180; 1995.

LORRAIN, P.; CORSON, D.; LORRAIN F. **Campos e Ondas Eletromagnéticas.** Lisboa., Fundação Calouste Gulbenkian., 2000. 819p.

MEVISSSEN, M.; STAMM, A.; BUNTENKÖTTER, S.; ZWINGELBERG, R.; WAHNSCHAFFE, U.; LÖSCHER, W. **Effects of magnetic fields on mammary tumor development induced by 7,12-dimethylbenz(a)anthracene in rats.** *Bioelectromagnetics* 14:131-143; 1993.

MEVISSSEN, M.; KIETZMANN, M.; LÖSCHE, W. ***In vivo* exposure of rats to weak alternating magnetic field increases ornithine decarboxylase activity in the mammary gland by a similar extent as the carcinogen DMBA.** Cancer Letters 90:207-214; 1995.

MICHAELIS, J.;SCHÜZ, J.;MEINERT, R.;MENGER, M.; GRIGAT, J.,P.; KAATSCH,P.; KÄRNER,H. **Childhood leukemia and electromagnetic fields: results of a population-based case-control study in Germany.** Cancer Causes and Control 8:167-174; 1997.

NAS - National Academy of Science/National Research Council. **Possible health effects of exposure to residential electric and magnetic fields.** Washington, DC: National Academy Press; 1996.

NRC - National Research Council - Committee on the Possible Effects of Electromagnetic Fields on Biologic Systems,. **Possible Health Effects of Exposure to Residential Electric and Magnetic Fields.** National Academy Press. Washington, D.C., 1997. 356p.

NRPB - National Radiological Protection Board. **Electromagnetic fields and the risk of cancer.** Report of an Advisory Group on Non-ionizing Radiation. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; Documents 3(1); 1992.

NRPB - National Radiological Protection Board. **Health effects related to the use of visual display units.** Report by the Advisory Group on Non-ionizing Radiation. Chilton, UK: National Radiological Protection Board; NRPB Documents 5(2); 1994a.

ORAU - OAK RIDGE ASSOCIATED UNIVERSITIES. **Health effects of low-frequency electric and magnetic fields.** Oak Ridge, TN: Oak Ridge Associated Universities; ORAU 92/F9; 1992.

OKUNO, E.; CALDAS, I.L.; CHOW, C. **Física para ciências biológicas e biomédicas.** São Paulo. Editora Harper & Row do Brasil, 1982. 490p.

SANDER, R.; BRINKMANN, J.; KÜHNE, B. **Laboratory studies on animals and human beings exposed to 50 Hz electric and magnetic fields.** CIGRE, International Congress on Large High Voltage Electric Systems, Paris, 1-9 September; CIGRE Paper 36-01; 1982.

SAVITZ, D. A.; WACHTEL, H.; BARNES, F. A.; JOHN, E. M.; TVRDIK, J. G. **Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields.** American Journal of Epidemiology. 128:21-38; 1988.

SAVITZ, D. A **Overview of epidemiological research on electric and magnetic fields and cancer.** American Industrial Hygiene Association Journal 54:197-204; 1993.

SCHNORR, T. M.; GRAJEWSKI, B. A.; HORNUNG, R.W.; THUN, M. J.; EGELAND, G. M.; MURRAY, W. E.; CONOVER, D.L.; HALPERIN, W. E. **Video display terminals and the risk of spontaneous abortion** . New England Journal of Medicine. 324:727-733; 1991.

SILNY, J. **The influence threshold of a time-varying magnetic field in the human organism.** In: Bernhardt, J. H., ed. Biological effects of static and extremely-low-frequency magnetic fields. Munich: MMV Medizin Verlag; 1986:105-112.

SHAW, G. W.; CROEN, L. A. **Human adverse reproductive outcomes and electromagnetic fields exposures: review of epidemiologic studies.** Environmental Health Perspectives 101:107-119; 1993.

SOBEL, E.; DAVANIPOUR, Z. **EMF exposure may cause increased production of amyloid beta and eventually lead to Alzheimer's disease.** Neurology 47:1594-1600; 1996.

STEVENS, R. G. **Electric power use and breast cancer: a hypothesis.** American Journal of Epidemiology. 125:556-561;1987.

STEVENS, R. G.; DAVIS, S.; THOMAS, D. B.; ANDERSON, L. E.; WILSON, B. W. **Electric power, pineal function and the risk of breast cancer.** The FASEB Journal 6:853-860; 1992.

STEVENS, R. G.; DAVIS, S. **The Melatonin hypotheses: electric power and breast cancer.** Environmental Health Perspectives 104 (Sup. 1):135-140; 1996.

TENFORDE, T. S. **Interaction of ELF magnetic fields with living systems.** In: Polk, C.; Postow, E., eds. Biological effects of electromagnetic fields. Boca Raton, FL: CRC Press; 1996: 185-230.

UNEP/OMS/IRPA - United Nations Environment Programme / World Health Organization / International Radiation Protection Association. **Extremely low frequency (ELF) fields.** Geneva: World Health Organization; Environmental Health Criteria 35; 1984.

UNEP/OMS/IRPA - United Nations Environment Programme / World Health Organization / International Radiation Protection Association. **Magnetic fields.** Geneva: World Health Organization; Environmental Health Criteria 69; 1987.

UNEP/OMS/IRPA - United Nations Environment Programme / World Health Organization / International Radiation Protection Association. **Electromagnetic fields (300 Hz to 300 Hz)**. Geneva: World Health Organization; Environmental Health Criteria 137; 1993.

WERTHEIMER, N.; LEEPER, E. **Electrical wiring configurations and childhood cancer**. American Journal of Epidemiology. 109:273-284; 1979.