

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 211

**MEDIÇÃO DOS CAMPOS ELÉTRICO E MAGNÉTICO
DE BAIXA FREQUÊNCIA – 5Hz A 30kHz – VISANDO
SEGURANÇA PESSOAL**

Luciana Andrade e Guerra

DATA DA DEFESA: 21.12.1998

**Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Engenharia Elétrica
Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica
Universidade Federal de Minas Gerais**

***Medição dos Campos Elétrico e Magnético de Baixa Frequência
- 5Hz a 30kHz - Visando Segurança Pessoal.***

**Luciana Andrade e Guerra
Orientador: José Osvaldo Saldanha Paulino**

**Área de Concentração: Automática
Linha de Pesquisa: Sistemas de Energia Elétrica**

Belo Horizonte, dezembro de 1998.

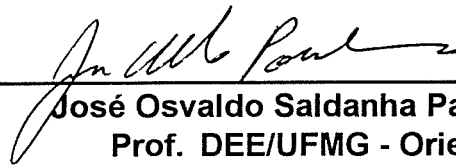
**“Medição dos Campos Elétrico e Magnético de Baixa Frequência
- 5Hz a 30KHz – Visando Segurança Pessoal”**

Luciana Andrade e Guerra

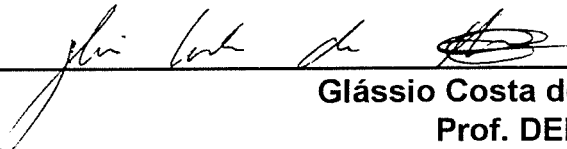
Dissertação de Mestrado submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica.

Aprovada em 21 de dezembro de 1998.

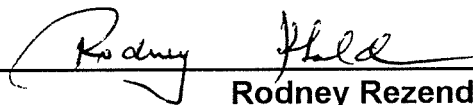
Por:



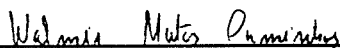
José Osvaldo Saldanha Paulino – Dr.
Prof. DEE/UFMG - Orientador



Glássio Costa de Miranda – Dr.
Prof. DEEUFMG



Rodney Rezende Saldanha – Dr.
Prof. DEE/UFMG



Walmir Matos Caminhas – Dr.
Prof. DEE/UFMG



Oriane Magela Neto – Ph.D.
Prof. FUNREI

“Que os nossos esforços desafiem as impossibilidades.
Lembraí-vos que as grandes proezas da humanidade foram realizadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin.

À Deus.
Aos meus pais, José Eduardo e Helena e ao meu
irmão Gustavo.
Ao meu noivo, Vicentino.

Resumo

Os danos à saúde humana devido à exposição aos campos elétrico e magnético vêm sendo objeto de estudo de vários pesquisadores nestes últimos anos. Estes campos advêm das linhas de transmissão e distribuição, da fiação interna de prédios e casas, e dos aparelhos elétricos. Esta poluição eletromagnética pode causar danos à saúde e interferir no perfeito funcionamento de outros equipamentos. Estes dois aspectos são objeto de estudo desta dissertação. O ambiente residencial foi escolhido, como ideal para esta investigação, por se fazer necessário o conhecimento dos níveis de campos a que toda a população está exposta. Este é um diferencial em relação a outras situações comumente encontradas em literatura, nas quais apenas parte da população é afetada. Foi feito o mapeamento do **E** e **B** de alguns eletrodomésticos. Suas curvas características foram traçadas para verificar se os níveis encontrados estão de acordo com as normas internacionais, ou seja, se são danosos, ou não, à saúde e se podem causar interferência em equipamentos próximos.

Abstract

In the last years, the damages to the human health due to the exposure to the electric (**E**) and magnetic (**H**) fields have been studied for several researchers. Those fields are produced by transmission and distribution lines, internal wiring of buildings and houses, and by the electric equipments. This electromagnetic pollution can cause damages to the human health and interfere in the perfect operation of other equipments. So, these two aspects are the aim of this work. The residential atmosphere was chosen for this investigation because it is very important to know the field's levels that the whole population is exposed. With this purpose, measurements of the electric and magnetic fields emitted by some appliances were done. Their characteristic curves were traced to verify if these fields are in agreement with the international norms, i.e., if they are harmful, or not, to the health.

Agradecimentos

À Deus.

Ao meu orientador, José Osvaldo Saldanha Paulino, pelo acompanhamento, esclarecimentos e incentivo durante todo o tempo de desenvolvimento desta dissertação.

Aos funcionários Hudson, José Luiz, Sérgio, Alisson e Maurício pela disposição e colaboração para a realização das fases práticas do trabalho.

Aos colegas e principalmente amigos do CPDEE, que apesar de também envolvidos em suas dissertações e teses, estiveram sempre presentes e dispostos a ajudar.

Agradeço, especialmente, aos meus pais, José Eduardo e Helena, ao meu irmão Gustavo e ao meu noivo Vicentino. Estas pessoas tão importantes para mim, sempre marcam todas as fases de minha vida com carinho, apoio e incentivo.

Sumário

Resumo	i
Abstract	ii
Agradecimentos.....	iii
1 Introdução	01
1.1 Introdução	01
1.2 Compatibilidade Eletromagnética	01
1.3 Campos Eletromagnéticos Naturais	02
1.4 Conceitos Básicos.....	03
1.4.1 O Espectro de Frequência	03
1.4.2 Campos Elétrico e Magnético	04
1.4.3 Campos Próximo e Longe	05
1.5 Exposição do Corpo Humano a Campos Eletromagnéticos	06
1.6 Os Efeitos Biológicos	08
1.7 Objetivos e Conteúdo do Trabalho.....	10
2 Revisão Bibliográfica.....	11
2.1 Introdução	11
2.2 Efeitos Biológicos Permanentes.....	11
2.3 Métodos de Identificação.....	13
2.4 A Exposição aos Campos Eletromagnéticos.....	14
2.5 Conclusão.....	19
3 Técnicas de Medição e Instrumentação.....	20
3.1 Introdução	20
3.2 Técnicas de Medição	20
3.3 Instrumentação	22
3.3.1 Princípio Básico de Funcionamento	22
3.3.1.1 Sensor de Campo Elétrico	22
3.3.1.2 Sensor de Campo Magnético	23
3.3.2 O Instrumento.....	24

3.3.3	Calibração.....	28
3.3.3.1	Calibração de Campo Elétrico	29
3.3.3.2	Calibração de Campo Magnético	32
4	Medições e Resultados.....	35
4.1	Introdução	35
4.2	Medições.....	35
4.2.1	Ar Condicionado.....	37
4.2.2	Forno	38
4.2.3	Grill	40
4.2.4	Microcomputador	42
4.2.5	Secadora de Roupas.....	42
4.2.6	Máquina de Lavar	45
4.2.7	Secador de Cabelos.....	48
4.2.8	Luminária de Mesa	49
4.2.9	Microondas.....	50
4.2.10	Furadeira.....	52
4.2.11	Furadeira de Bancada.....	54
4.2.12	Carro.....	56
4.2.13	Ambiente (24 horas)	57
4.3	Comparação	58
4.3.1	Microondas.....	58
4.3.2	Luminárias.....	60
4.3.3	Televisão	61
4.3.4	Linha de Distribuição.....	63
4.4	Conclusões	64
5	Conclusões e Sugestões para Próximos Trabalhos.....	65
5.1	Conclusões	65
5.2	Sugestões para Próximos Trabalhos.....	67
	Apêndice	68
	Bibliografia.....	69

Capítulo 1

Introdução

1.1 Introdução

O desenvolvimento de novos serviços e produtos para garantir facilidade e praticidade às pessoas, torna a sociedade moderna, a cada dia, mais dependente da energia elétrica. Sua utilização está diretamente ligada ao bem estar do homem e ao desenvolvimento tecnológico nas mais diversas áreas. Esta energia, gera campos elétricos e magnéticos que são produzidos em condutores energizados, instrumentos elétricos, eletrodomésticos, fiação interna, sistemas de geração, transmissão e distribuição e outros.

1.2 Compatibilidade Eletromagnética

Assegurar a habilidade de sistemas e equipamentos em funcionar neste ambiente eletromagnético, a cada dia, mais poluído, sem que haja degradação ou mau funcionamento dos mesmos, e também investigar os efeitos causados à saúde humana, pelos campos eletromagnéticos, são funções de uma área da Engenharia Elétrica denominada Compatibilidade Eletromagnética.

As fontes eletromagnéticas podem ser alternadas ou contínuas, podendo produzir Radiação e/ou Campos Eletromagnéticos. A diferença entre estes dois termos [01], é que a radiação eletromagnética continua a existir mesmo quando a fonte é desligada, já os campos eletromagnéticos só existem próximo a ela pois não são projetados no espaço, cessam quando a fonte é desligada. As fontes alternadas produzem radiação e campos eletromagnéticos e as contínuas apenas campos. A 60Hz, a radiação emitida pela fonte é tão pequena que pode ser desprezada; aproximadamente $0,0001 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ [02].

Os efeitos dos campos eletromagnéticos, sejam eles contínuos ou alternados, na saúde humana têm sido discutidos com grande ênfase nos últimos anos, uma vez que algumas pesquisas falam na ligação entre intensidade de campos eletromagnéticos e danos à saúde.

Um grande número de iniciativas têm sido recentemente tomadas internacionalmente para proteger pessoas das exposições residencial, pública e profissional a campos eletromagnéticos, sendo que a principal consiste em manter os níveis destes campos (e/ou sua irradiação) dentro de limites pré-estabelecidos por normas. Observa-se na figura 1.1 que estes limites variam de acordo com a frequência.

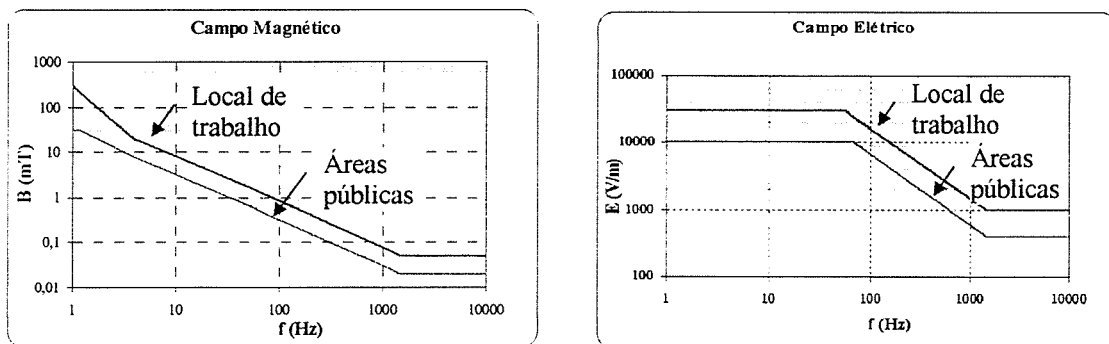


Figura 1.1 - Níveis de irradiação eletromagnética CENELEC 50166-2 [03]

Diversos métodos computacionais e de medição tem sido desenvolvidos e investigados, particularmente com o objetivo de avaliar a exposição a estes campos em todo o espectro de frequência.

1.3 Campos Eletromagnéticos Naturais

Campos também ocorrem na natureza [04]. Por exemplo, a Terra é um ímã permanente, rodeada por um campo magnético (\mathbf{H}). Seu campo magnético é composto de um campo externo e outro interno. O campo interno é devido à circulação de corrente da sua camada superior para seu centro; isto faz com que existam significativas diferenças locais na sua intensidade, variando de aproximadamente 50 A/m nos pólos a aproximadamente 23 A/m no Equador. As variações do \mathbf{H} externo são relacionadas à atividade solar, tempestades de trovões, mudanças atmosféricas e ionização do ar.

O campo elétrico (**E**) natural próximo à superfície terrestre é um campo estático de aproximadamente 130 V/m. Isto é devido à separação de cargas elétricas entre a atmosfera e o solo. A Terra então assemelha-se a um capacitor esférico, onde o solo e a atmosfera superior representam as superfícies condutoras. Durante tempestades, nós observamos imensos campos elétricos, da ordem de 3 a 20 KV/m, descarregando como relâmpagos. O **E** ambiente da Terra varia numa faixa de frequência que vai de 0,001 a 5Hz.

1.4 Conceitos Básicos

A seguir será dado um breve resumo com conceitos e esclarecimentos necessários para o bom entendimento deste texto. Deve-se lembrar que, apesar desta dissertação ser restrita apenas a parte de baixa frequência do espectro, uma visão mais ampla será abordada para que, pelo menos superficialmente, sejam conhecidos todos os aspectos que envolvem campos eletromagnéticos.

1.4.1 O Espectro de Frequência

Chamamos de espectro de frequência a distribuição das radiações eletromagnéticas provenientes da luz solar ou emitidas por algum elemento de acordo com suas frequências (Figura 1.2). Este espectro é dividido em duas áreas [03]:

- Baixa frequência (até 30 kHz): onde está incluída a frequência doméstica de 60Hz;
- Alta frequência (acima de 30 kHz): onde se encontram os sinais de TV, FM, as comunicações por satélite, etc.

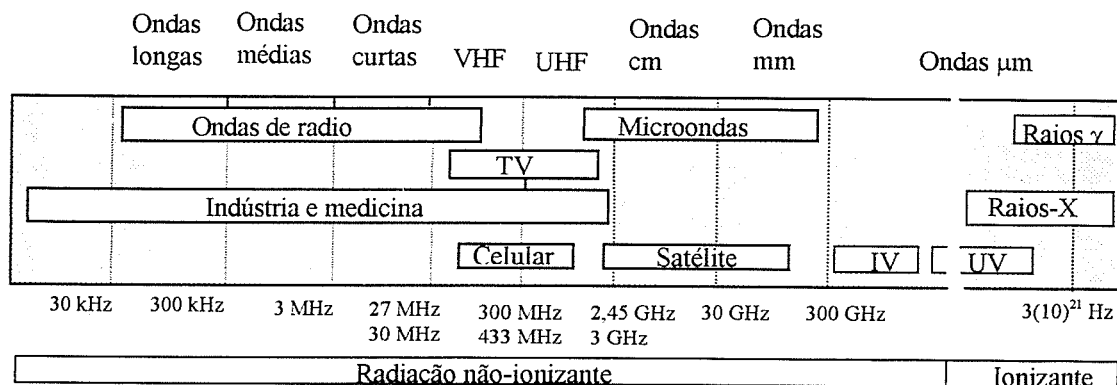


Figura 1.2- Espectro de frequência [03]

1.4.2 Campos Elétrico e Magnético

A propagação dos campos elétrico (**E**) e magnético (**H**) se dá a partir da fonte. Quanto maiores os valores de tensão e corrente, respectivamente, maiores serão seus valores. Esta intensidade se torna cada vez menor à medida que se afasta da fonte, ou seja, quanto mais longe o objeto estiver, menores serão os valores de campo que chegam até ele. Ambos os campos exercem uma força ao redor da fonte, dependendo de suas magnitudes.

O corpo humano gera campos elétricos, tensões e correntes. Os campos elétricos são gerados por movimentos de músculos. A seguir são dados alguns valores e locais [5]:

- Coração: produz campos elétricos na superfície do peito da ordem de 50mV/m;
- Nervos: para produzir estimulação neural, os campos nos tecidos são da ordem de 1 a 100V/m;
- Células: campo elétrico na superfície de 10MV/m.

1.4.3 Campos Próximo e Longe

A região de propagação de \mathbf{E} e \mathbf{H} pode ser dividida em duas partes [03]:

- Campo próximo (*Near-field*): nesta região, \mathbf{E} e \mathbf{H} não são necessariamente perpendiculares, o cálculo (ou medição) das duas componentes deve ser feito separadamente. O campo próximo varia rapidamente no espaço.
- Campo longe (*Far-field*): o início desta região corresponde a aproximadamente três vezes o comprimento de onda (3λ), há uma relação constante onde $\mathbf{E}/\mathbf{H} = 377\Omega$, bastando assim medir um dos dois, \mathbf{H} por exemplo, e calcular o outro.

Não há um critério preciso que determine a fronteira entre os campos próximo e longe, esta distinção é entendida somente por indicar uma região geral onde há uma transição de uma estrutura complexa para uma simples (Figura 1.3).

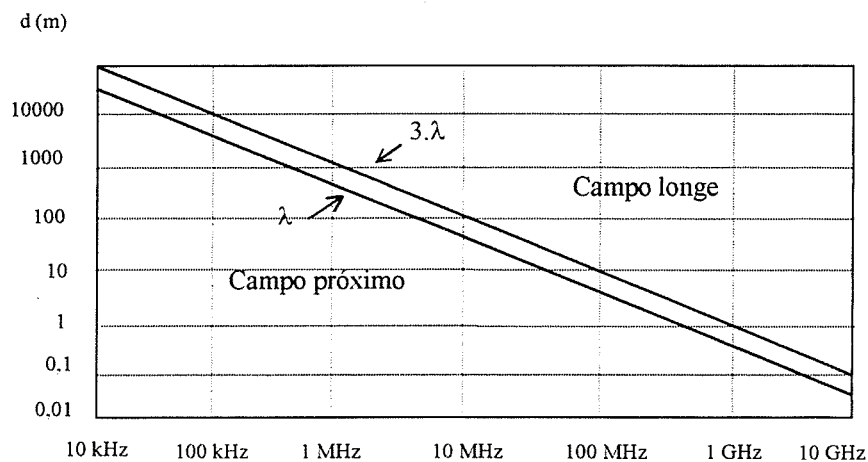


Figura 1.3 - Definição dos campos próximo e longe [3]

A baixas frequências, as medições são feitas sempre na região de campo próximo, uma vez que o comprimento de onda para 60 Hz, por exemplo, é de 5000 Km.

O comprimento de onda (λ) pode ser especificado através da equação:

$$\lambda = v/f \quad (1.1)$$

onde: v = velocidade de propagação (no vácuo é de 3×10^8 m/s)

f = frequência da fonte

1.5 Exposição do Corpo Humano a Campos Eletromagnéticos

O nível de exposição a campos eletromagnéticos é função de suas intensidades e duração. O texto abaixo refere-se a [02,04].

Para a avaliação da exposição eletromagnética de seres humanos são duas as grandezas consideradas biologicamente importantes: a densidade de corrente superficial induzida para baixas frequências e a Taxa de Absorção Específica (TAE) para altas frequências. A TAE é a medida da taxa de energia absorvida que pode ser manifestada em calor. Ela dá a medida dos campos internos que podem afetar o sistema biológico. Estes campos são função dos campos incidentes, frequência, permissividade do objeto, seu tamanho e forma.

Efeitos diretos dos campos elétrico e magnético de baixa frequência, são relativamente fracos em relação aos produzidos por campos de mais alta frequência, que causam agitação térmica.

Significativas mudanças em um sistema biológico requerem campos que excedam os que já existem normalmente. Efeitos térmicos, oriundos da exposição a campos eletromagnéticos, podem ser esperados quando a potência absorvida pelo corpo, é similar ou excede a quantidade de calor gerado normalmente por este. Estes efeitos são produzidos por correntes induzidas, e não diretamente pelos campos elétricos e magnéticos.

Dentro do corpo, as duas variáveis de interesse são a corrente e a densidade de corrente. A corrente total é mais facilmente medida ou calculada, mas a densidade de corrente é mais relevante na discussão dos efeitos do E em tecidos ou órgãos. A complexidade elétrica do interior do corpo humano, devido à presença de membranas isolantes e tecidos de várias impedâncias, têm frustrado estudos das densidades precisas de correntes interiores.

Um humano ou animal colocado em um campo elétrico causa perturbação neste, resultando em uma distribuição desigual do campo em volta de seu corpo. Em se tratando do corpo humano, as linhas do **E** incidem perpendicularmente à superfície do mesmo. Uma maior concentração dessas linhas se dá em superfícies curvas, como a cabeça humana, do que em superfícies menos curvas do corpo. Por esta razão especifica-se o **E** superficial nas várias partes do corpo. Já o campo magnético não é afetado apreciavelmente mas, assim como o campo elétrico, induz correntes dentro do corpo.

A carga elétrica induzida dentro do corpo de um ser humano ou animal é pequena se comparada com a carga induzida em sua superfície.

Em regiões de fortes campos elétricos alternados, três interações podem ocorrer no corpo:

- (a) a existência de grandes campos na superfície, particularmente em regiões curvas, pode produzir variadas sensações;
- (b) podem fluir correntes de magnitudes muito pequenas. O campo elétrico interno associado é de 10^5 a 10^7 vezes menor que o aplicado;
- (c) ocorrência de faíscas quando objetos de potenciais significativamente diferentes se aproximam.

A intensidade do **E** na superfície do corpo e as correntes induzidas em seus vários segmentos são determinadas por:

- (a) características do **E** aplicado, isto é, intensidade, estrutura espacial e frequência;
- (b) forma do corpo;
- (c) localização do corpo à terra e a outros condutores;
- (d) qualquer condução do corpo para terra ou para outros condutores.

Diferente do **E**, onde a intensidade do campo interno é muitas vezes menor que a intensidade do campo externo, pois este é facilmente blindado até pela pele; a intensidade

do \mathbf{H} é virtualmente a mesma dentro e fora do corpo.

Os trabalhadores das áreas ligadas à energia elétrica são os que estão mais expostos aos campos eletromagnéticos, principalmente quando um homem trabalha em condição de linha viva. A roupa que ele usa apenas reduz a intensidade do campo elétrico e a densidade de corrente no corpo para valores similares aos que podem ocorrer a trabalhadores na terra. A roupa protetora não reduz a influência do campo magnético.

As correntes elétricas induzidas pelo campo magnético são maiores na periferia do corpo, onde os caminhos condutores são maiores. Os *loops* microscópicos de corrente em qualquer lugar dentro do corpo terão densidades de corrente extremamente pequenas.

A amplitude destas correntes também depende da frequência do \mathbf{H} e da intensidade das correntes já existentes em cada parte do corpo. A magnitude da densidade de corrente é também influenciada pela condutividade dos tecidos. Os caminhos exatos do fluxo de corrente dependem das propriedades condutoras dos tecidos.

1.6 - Os Efeitos Biológicos

Para caracterizar campos eletromagnéticos, deve-se determinar a intensidade, frequência e orientação dos campos elétricos e magnéticos. Diferentes fontes eletromagnéticas produzem diferentes efeitos biológicos. A interação do material biológico com uma fonte eletromagnética depende da frequência da fonte [02].

Sabemos que no espectro de frequência são produzidas ondas de energia entretanto, alguns tipos de energia eletromagnética atuam como partículas ao invés de ondas, particularmente a altas frequências. A natureza da partícula de energia eletromagnética é importante porque é esta energia por partícula (ou fótons, como são chamados) que determina quais os efeitos biológicos [02].

Segundo Max Planck, a energia transportada por uma onda é proporcional à sua frequência:

$$E = h \cdot f \quad (1.2)$$

onde: h = constante

Nas frequências muito altas como ultra-violeta (UV) e raios-X, as partículas eletromagnéticas (fótons) tem energia suficiente para quebrar as ligações químicas (ionização). Os conhecidos efeitos biológicos dos raios-X são associados com a ionização das moléculas.

Nas outras frequências, o fóton não é capaz de quebrar ligações pois, sua energia é muito menor que a necessária; como acontece, por exemplo, com a luz visível, RF e microondas (MW). Os efeitos biológicos produzidos por estas fontes também dependem da energia do fóton, mas se dão pela excitação eletrônica e não pela ionização. Nesta parte do espectro não acontece ionização.

O espectro então, pode ser dividido em termos de efeitos biológicos em [02]:

- Radiação ionizante: onde ocorre ionização das moléculas isto é, danos químicos diretos que resultam em mutações no DNA, que é o material genético das células (UV; raios-X; raios γ).
- Radiação não-ionizante: onde não ocorre ionização das moléculas. Não há mutações por alteração direta do DNA .

A parte não ionizante do espectro pode ser subdividida em:

- (a) Porção da radiação ótica, a excitação do elétron pode ocorrer (ex. luz visível);
- (b) Porção onde $\lambda < \text{corpo}$, pode ocorrer aquecimento via correntes induzidas (ex. RF e MW)
- (c) Porção onde $\lambda \gg \text{corpo}$, raramente ocorre aquecimento via correntes induzidas (ex. RF de baixa frequência; 60 Hz).

1.7 Objetivos e Conteúdo do Trabalho

Os principais objetivos deste trabalho são:

- familiarização com o instrumento e as técnicas de medição;
- conhecimento dos níveis de campo elétrico e magnético emitidos pelos principais aparelhos eletrodomésticos e dos níveis totais destes campos em um ambiente residencial;
- avaliação destes valores em relação às normas internacionais estabelecendo os prováveis efeitos na saúde, ou as possíveis interferências entre os aparelhos.

Por se tratar de um assunto, como já vimos muito complexo, onde parte dos conhecimentos necessários não é dominada, não temos a pretensão de ter chegado a dados conclusivos ao final deste trabalho, quanto aos efeitos dos níveis de campos encontrados no organismo humano.

Esta dissertação é então, constituída de 5 capítulos.

Capítulo 1 - Introdução: principais conceitos, justificativas e objetivos do trabalho

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica: coletânea dos principais trabalhos desenvolvidos na área

Capítulo 3 - Instrumentação e técnicas de medição: descrição do instrumento utilizado para medição dos campos eletromagnéticos e das principais técnicas para se conseguir dados confiáveis.

Capítulo 4 – Medições, Resultados e Análise: os procedimentos realizados nas medições serão explicados, os resultados obtidos serão mostrados e analisados através de gráficos.

Capítulo 5 – Conclusões e sugestões para próximos trabalhos.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

2.1 Introdução

Seres humanos vem sendo expostos a níveis de campos eletromagnéticos de ordem muito maior que os campos naturais da Terra. Os possíveis efeitos desta exposição na saúde humana, tais como, correntes induzidas, desenvolvimento de cargas elétricas na superfície do corpo e mudanças funcionais em tecidos excitados, têm sido objeto de estudo de vários pesquisadores ao longo dos anos. Os resultados são contraditórios. Juntamente com os efeitos, que supostamente se relacionam aos campos eletromagnéticos, foram também analisadas as intensidades de campo em que estes efeitos puderam ser observados. Destas análises, obteve-se valores padrões para garantir a segurança da população em geral. Um breve histórico destas pesquisas será dado a seguir.

2.2 Efeitos Biológicos Permanentes

O câncer é a doença mais estudada como suposto efeito da exposição aos campos eletromagnéticos. Ele é considerado sua mais grave consequência. Esta doença é freqüente e pode se manifestar de várias formas, tais como leucemia, tumores no cérebro e outros. O texto abaixo é baseado em [06].

M. Plante afirma que nos países industrializados, uma em cada três pessoas irá desenvolver algum tipo de câncer durante sua vida e aproximadamente uma em cada quatro pessoas irá morrer desta doença.

Ele explica que são duas as medidas frequentemente usadas para caracterizar a doença na população:

- **Taxa de incidência:** é dada em número de novos casos, de um tipo específico de câncer, sobre o tempo;
- **Taxa de mortalidade:** é o número de mortes em um determinado período.

A taxa de incidência tem mostrado um grande crescimento nas últimas décadas. Isto se deve a algumas importantes mudanças de comportamento ocorridas neste período. O uso de cigarros e a exposição ao sol aumentaram, respectivamente, o câncer de pulmão e de pele. Por outro lado, o câncer de estômago reduziu e não há um motivo claro para esta mudança.

O câncer é resultado das perdas de controle da divisão e proliferação das células. A proliferação celular é um processo complexo. Durante o crescimento e desenvolvimento e especialmente durante o estágio embrionário, a proliferação celular se dá muito rapidamente. Há um tipo de gene especial responsável por este processo. Eventualmente esta atividade deve ser suprimida. Isto é feito por vários mecanismos mas, principalmente por um tipo de gene chamado supressor. Este gene produz proteínas que inibem a proliferação quando necessário. Isto é feito por um delicado balanço. Quando o sistema de controle falha, a célula começa a dividir-se sem qualquer consideração com os tecidos da redondeza. O sistema imunológico não reconhece estas células como anormais e não as destrói, desenvolvendo assim o tumor.

A molécula que constitui o gene é o DNA. A perda de material genético ou a quebra de DNA pode ocorrer devido a agentes químicos ou físicos. Esta integridade é também muito importante para a prevenção do câncer.

A transformação de uma célula normal para uma cancerosa é um processo complexo, tem múltiplos estágios e geralmente leva um longo tempo. O primeiro estágio, chamado iniciação, é o dano a alguma célula. Este defeito permanente é replicado em todas as outras células que irão surgindo. O desenvolvimento destes clones é controlado pelos agentes promotores, este estágio é chamado promoção. O estágio final, denominado progressão, é determinado pelas mudanças na aparência das células e na sua taxa de crescimento.

Como o material genético de cada indivíduo é único, podemos imaginar facilmente que a habilidade para controlar a proliferação celular varia de indivíduo para indivíduo. Em outras palavras, existe uma faixa para a susceptibilidade ao câncer.

Demonstrou-se que inúmeros fatores contribuem para o surgimento do câncer. Entre eles estão, álcool, cigarro, radiação ionizante, raios solares e muitos outros. Nos últimos anos vem se especulando também os campos elétricos e magnéticos.

2.3 Métodos de Identificação

São dois os principais métodos para se identificar o aparecimento do câncer: o estudo epidemiológico e os métodos experimentais.

A epidemiologia estuda a resposta da população humana à exposição a vários ambientes e fatores. Uma das limitações deste método é que entre a exposição e o aparecimento do câncer decorre um grande período de tempo. Estes resultados, por não serem experimentais, devem ser analisados cuidadosamente. Deve-se certificar antes de quaisquer conclusões dos seguintes fatores: intensidade da associação, presença de um gradiente entre a dose e a incidência da doença, consistência dos resultados perante outros estudos, grau de certeza que a exposição realmente ocorreu e ligação entre certo tipo de câncer e a exposição.

Os estudos experimentais são feitos *in vitro* e com pequenos animais. Estes têm a vantagem das variáveis poderem ser controladas, tais como: fatores ambientais, doses de exposição, dieta etc. As espécies mais freqüentemente usadas são ratos e macacos. Os agentes causadores de câncer em uma espécie, podem não o ser em outra. O tamanho, composição e forma do corpo influem principalmente na exposição a campos eletromagnéticos, não se podendo dizer que proporcionalmente ao nível e duração de campo, serão observados os mesmos efeitos em todas as espécies.

Nos testes *in vitro* são observadas as transformações das células após serem expostas a um agente iniciador e também a capacidade deste agente em interferir na comunicação de célula para célula (esta comunicação é essencial para a coordenação da proliferação e diferenciação celular).

A quantificação da exposição e o controle das variáveis, fatores ambientais e genéticos que afetam a saúde, tornam os estudos com seres humanos difíceis.

A vida não pode existir sem as células estarem se dividindo e multiplicando. Portanto, o melhor entendimento desta doença é necessário, pois, ela estará sempre presente.

2.4 A Exposição aos Campos Eletromagnéticos

Na década de 70, estudos sugeriram que altas intensidades de campos elétricos alternados de 60Hz poderiam afetar os sistemas biológicos, inclusive em nível molecular. A sensibilidade de organismos à certos níveis de campos elétricos pode explicar estes efeitos.

Em 1978, GRAVES et al publicou um artigo [07] onde foram feitos testes com pequenos pássaros para medir a sua perceptibilidade a campos elétricos intensos a 60Hz. O objetivo é detectar a presença do campo já que ao sentirem o campo, os pássaros esperam o choque e mudam seu comportamento.

Constatou-se que a taxa cardíaca dos pássaros aumenta quando eles são expostos a campos elétricos fortes. Pássaros expostos a 80kV/m tem taxa cardíaca maior que os expostos a 40kV/m.

Em 1979, Wertheimer e Leeper reportaram em [08], o aumento de leucemia e tumores no cérebro devido à exposição a campos eletromagnéticos intensos e de longa duração. Foi mostrado, através de dados, que crianças vivendo nas vizinhanças de linhas de transmissão tem duas vezes mais chance de contrair este tipo de doença que outras não expostas.

Este trabalho é considerado o precursor destas investigações. Surgiram críticas com o passar dos anos, uma vez que os campos magnéticos não foram medidos mas, somente estimados de acordo com a seção e número dos condutores e a distância da linha até as casas.

Um destes críticos é Zemmann et al. Ele explica em [09], que a corrente de carga, sua flutuação temporal, harmônicos, correntes de retorno, entre outros, não podem ser vistas somente por este *lay-out* dos cabos. Estes detalhes só podem ser conseguidos em medições.

Neste trabalho houve a preocupação em investigar até que ponto diferentes ambientes influem nas intensidades de **B**. Foram apresentados os resultados de medidas realizadas em 76 diferentes residências (27 apartamentos, 26 casas e 23 casas velhas). Em cada residência pesquisada, foram colocados 2 sensores: um na sala e outro próximo ao travesseiro das crianças. Os valores de campo foram gravados a cada 10 segundos durante 24 horas.

Estes mapeamentos mostraram uma clara distinção entre o dia e a noite. Os valores encontrados em casas isoladas são baixos quando comparados ao valor de 100nT, que foi o limite observado por muitos autores como o limite aproximado para ocorrência de leucemia em crianças. Este valor é muitas vezes menor que o admitido, por exemplo, pela IRPA (International Radiation Protection Association), que é de 100 μ T para casos de contínua exposição. A tabela a seguir mostra os valores medidos:

		B (nT)		
		Apartamentos	Casas	Casas velhas
Distribuição	média	96,7	53,7	136,3
Espacial	desvio	109,5	41,3	183,4
Distribuição	média	41,8	46,4	80,6
Temporal	desvio	70,8	58,8	81,8

Tabela 2.1 – Intensidade de **B** nas residências pesquisadas [09]

Pode-se observar que nas casas velhas encontram-se os maiores valores. Isto se deve ao fato de instalações antigas gerarem altas correntes extraviadas, por ser insuficiente o isolamento dos cabos e as tubulações de gás e canos de ferro. O **B** aumenta próximo a estas instalações e em casas próximas a subestações e/ou barramentos principais.

Zemann também afirma que a diferença fundamental entre os campos magnéticos encontrados em residências privadas e nos locais de trabalho é que no primeiro, estes são devido a muitas fontes superpostas e no segundo podem, muitas vezes, ser oriundos diretamente de uma única máquina.

Assim, na indústria deve ser aplicado um sistema modificado de medida, pois, a amplitude e distribuição dos campos magnéticos de baixa frequência variam fortemente. Estes dependem das correntes que fluem na máquina e de seus caminhos, o que faz com que a exposição dos trabalhadores dependa extremamente do lugar.

Ainda não se sabe se os efeitos nocivos causados por **H** dependem principalmente de uma alta intensidade num curto intervalo de tempo de exposição ou se de um valor médio. A tensão induzida no corpo é muitas vezes assumida como um critério de risco.

Cristescu et al realizou estudos com trabalhadores em subestações de 400-750kV na Romênia [10]. As medidas e cálculos dos campos elétricos e magnéticos foram realizadas em uma unidade de aproximadamente 60 pessoas.

Como regra, o tempo de exposição a campos elétricos de 10-30kV/m não pode ser maior que 2 horas por dia. Este é também o tempo máximo de exposição a **B** de 5mT. Para linhas de 750kV, o valor de **B** é de 17 μ T/kA debaixo da linha e de 5 μ T/kA a 15m da fase mais externa. Pessoas que trabalham em subestações de 400kV estão expostas a campos elétricos de até 14kV/m.

Não só os grupos de manutenção de subestações de 400-750kV, como os trabalhadores de alta tensão em geral, estão sobre um contínuo *stress* físico. Este *stress* aumenta sob condições adversas de clima, como as encontradas na Romênia, e por perigos de falhas técnicas.

Os parâmetros analisados foram: sintomas neurofisiológicos (dores de cabeça, irritabilidade), indicadores fisiológicos (investigação da habilidade funcional do sistema nervoso central, determinação da capacidade de concentração), pressão sanguínea, hemogramas, frequência cardíaca, distorções sexuais.

Os sintomas neurofisiológicos começam da segunda à quadragésima hora de trabalho e desaparecem de meia a duas horas após seu término.

Hemograma completo foi feito e não houve nenhuma anormalidade. Os valores de 145/95mmHg para a pressão sanguínea foram considerados altos.

Os sintomas constatados aparecem e desaparecem, sua duração é proporcional ao tempo de exposição, o que sugere a influência reversível do campo magnético no sistema nervoso central. Não pode ser descartada nestes casos a possibilidade de ser o *stress* o causador destes sintomas.

Nenhuma desordem sexual foi constatada, 69,23% das crianças foram concebidas após os pais já estarem trabalhando na subestação. Nenhuma destas crianças teve leucemia ou câncer. Um caso particular foi a mau formação do coração de um bebê que morreu com 2 meses de vida.

A incidência de redução da frequência cardíaca foi constatada em trabalhadores de subestações de 750 (83,3%) e 400kV (28,5%). Esta é uma constatação importante pois não pode ser atribuída ao *stress* que ao contrário causa aumento desta frequência.

Baraton et al afirma em [04] que geralmente, um campo magnético externo cria nos tecidos um outro de mesma intensidade. Isto se deve às características magnéticas do corpo humano. Um campo magnético variável no tempo cria um campo elétrico dentro do corpo. Foram feitos cálculos para a determinação dos campos elétricos e densidades de corrente associadas induzidas no corpo humano pelos campos magnéticos. Eles mostram que um ambiente de densidade de fluxo magnético (**B**) de 1mT não induz uma densidade de corrente maior que 10mA/m².

As variações de condutividade existentes em cada órgão do corpo humano torna o cálculo de **H** muito complexo.

Na Suécia foi investigada a possibilidade da exposição a campos magnéticos causar câncer em pessoas que residem próximo a linhas de transmissão [11].

Foram escolhidas para o estudo pessoas expostas, que moram a menos de 300m de linhas de 220 e 400kV e pessoas não expostas, entre 1960 e 1985.

Para crianças foram investigados todos os tipos de câncer, enquanto que para adultos ficou-se restrito à leucemia e tumores no cérebro.

Foram feitas medidas em 626 residências usando um medidor construído para este estudo. O campo magnético gerado pela linha foi calculado por um programa de computador que levou em consideração a distância e configuração da linha e a sua carga. Estes resultados foram comparados para uma avaliação da confiabilidade dos cálculos.

Os dados foram analisados pela estimativa do risco relativo (RR) comparando a incidência de câncer aos níveis de exposição a campos magnéticos. Foi determinado que os indivíduos analisados deveriam viver no "corredor" da linha antes do diagnóstico. Para os adultos o tempo exigido é de pelo menos um ano.

O instrumento utilizado para as medidas é composto de três bobinas perpendiculares e foi utilizado um filtro de 50Hz. O campo resultante é dado pela raiz da soma dos quadrados de cada uma das três medidas. As medidas foram gravadas a cada 10 segundos.

Os resultados obtidos reforçam a hipótese de que a exposição a campos magnéticos aumenta o risco, principalmente de leucemia em crianças.

Jacobs e Dietrich levam em consideração em [12], quanto a exposição prolongada a campos elétricos, o efeito de blindagem dos objetos ao redor.

Foram feitas medidas ao redor de uma casa de subúrbio na Flórida, localizada a 11,6 m do centro da linha de 230 kV. O procedimento usado é o especificado no padrão IEEE 644-1979. O método das imagens é utilizado para considerar a presença do plano de terra.

A conclusão encontrada é que casas, cercas vivas, árvores, arbustos e outros objetos próximos a LT's, reduzem o campo elétrico se comparado aos valores calculados.

Schwan sugere em [04], que densidades de correntes induzidas podem produzir mudanças na fisiologia da célula, quando a densidade de corrente na membrana for da ordem de $0,1\text{mA}/\text{cm}^2$. Ressalta que grandes densidades de corrente não são normalmente possíveis já campos elétricos muito altos só ocorrem quando acontece primeiro a disrupção do ar.

Nicolini em [13], faz um estudo geral dos níveis de E e H a que estão expostos trabalhadores e o público em geral. São medidos campos emitidos por linhas de transmissão, eletrodomésticos e equipamentos industriais.

Foram traçadas curvas, destes níveis encontrados, em função da distância para alguns eletrodomésticos (máquina de lavar, forno, ar condicionado, etc). O secador de cabelos apresentou um nível de densidade de fluxo magnético emitido de $600\mu\text{T}$. Para cada aplicação foram medidos três tipos diferentes de aparelhos. Constatou-se uma grande diferença dos níveis máximos estipulados pelas normas.

2.5 Conclusão

De acordo com as referências citadas acima, não se pode afirmar com certeza se a exposição aos campos eletromagnéticos é a causadora do aparecimento de males que prejudicam a saúde, principalmente o câncer. Quando algum pesquisador chega a uma conclusão afirmativa a este respeito, outros o criticam dizendo, por exemplo, que ele não levou em consideração a condição sócio-econômica das pessoas analisadas e/ou que a metodologia utilizada era falha. Assim, o mesmo estudo quando é feito por pesquisadores diferentes, pode chegar a resultados divergentes.

O número de fatores relevantes e a complexidade do organismo humano são obstáculos para se chegar a um consenso. Os resultados encontrados em estudos com cobaias, onde se tem o controle sobre todas as variáveis (tempo de exposição, intensidade de campos, dieta), não são válidos para os seres humanos. Isto por causa das diferenças no tamanho, forma, constituição biológica e até mesmo a posição do corpo no campo. Os resultados encontrados para uma espécie não são válidos para outra.

A princípio, pode-se dizer que estes tipo de preocupação é válida, uma vez que, como visto anteriormente, as ondas eletromagnéticas têm o poder de causar desde aquecimento no corpo até danos na constituição genética dos seres.

Capítulo 3

Técnicas de Medição e Instrumentação

3.1 Introdução

A medição de campos eletromagnéticos requer alguns cuidados básicos para que os dados obtidos sejam confiáveis, refletindo assim as verdadeiras características do ambiente ou aparelho. Estes cuidados, denominados "Técnicas de Medição" e também as características da instrumentação utilizada, são dados neste capítulo.

3.2 Técnicas de Medição

Os campos eletromagnéticos no espaço livre são raramente devido a uma só fonte, são geralmente resultado de muitos transmissores em diferentes direções. As medidas realizadas são assim não-direcionais e chamadas isotrópicas.

Para se conseguir medidas direcionais, procura-se isolar a fonte a ser medida em câmaras próprias (onde também se evita as múltiplas reflexões da onda), chamadas anecóica e semi-anecóica (Figura 3.1). Estas câmaras distinguem-se apenas por ser a primeira totalmente isolada (teto, paredes e chão) e a segunda parcialmente (teto e paredes).

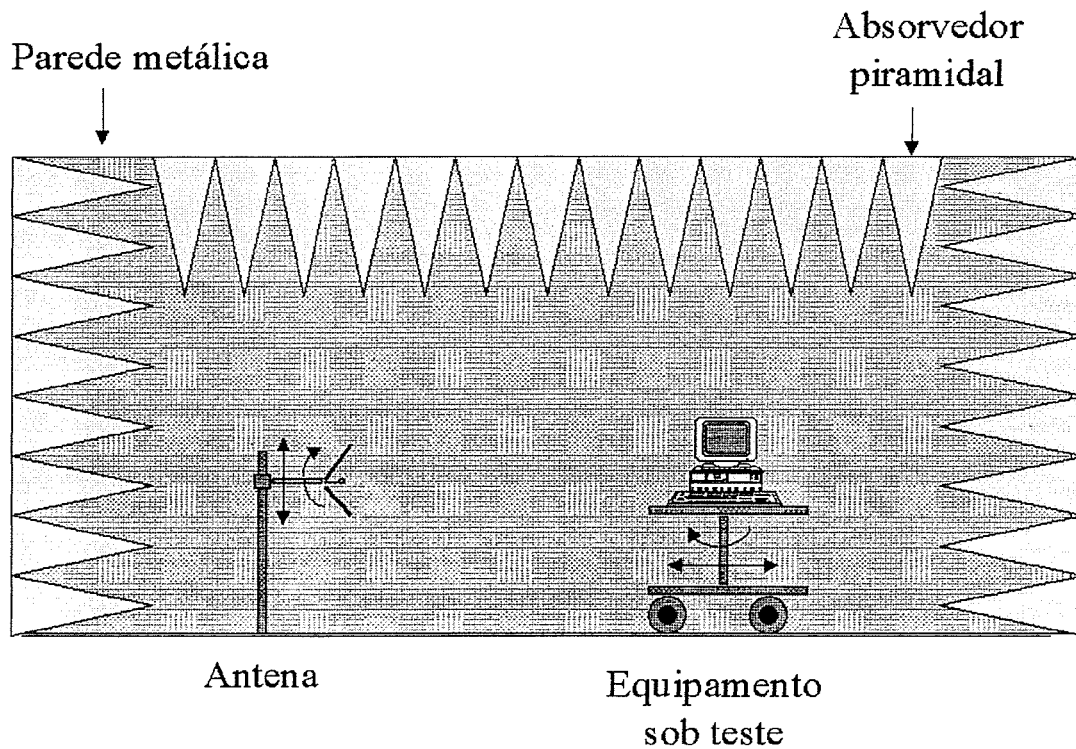


Figura 3.1: Câmara Semi-aneecóica

Como já foi dito no capítulo 1, o campo elétrico, em contraste com o campo magnético, é muito difícil de ser medido, já que seus valores sofrem distorção devido a objetos próximos. Os seguintes itens devem então ser observados [15]:

1. O instrumento principal e o operador devem ficar afastados do sensor para evitar interferências no campo (deve-se então usar um cabo de fibra ótica para fazer a ligação entre o sensor e o instrumento/operador);
2. O sensor deve ser colocado num tripé de material isolante.
3. Em ambientes úmidos, o acúmulo de partículas d'água no sensor afeta as medições, assim como qualquer outro tipo de aparelho em funcionamento próximo a ele.
4. A excelente característica isotrópica do sensor evita que seja necessária alguma orientação especial deste.

3.3 Instrumentação

3.3.1 Princípio Básico de Funcionamento

3.3.1.1 Sensor de Campo Elétrico

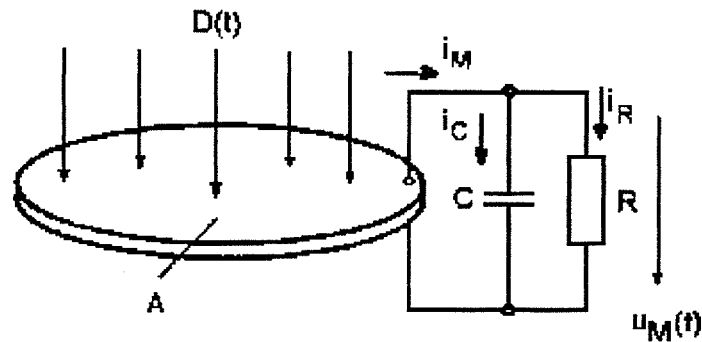


Figura 3.2: Sensor capacitivo [3]

A Figura 3.2 ilustra o princípio básico de funcionamento do sensor de campo elétrico. Devido à variação do campo elétrico em uma determinada área, $D(t)$ varia e uma corrente i_m é induzida:

$$i_m = A \cdot \left(\frac{dD(t)}{dt} \right) \quad (3.1)$$

onde: A = área do eletrodo medidor

D = densidade de campo elétrico ($D = \epsilon \cdot E$)

A tensão de saída u_m é proporcional ao campo elétrico:

$$u_m = \left(\frac{A}{C} \right) \cdot dt \quad (3.2)$$

3.3.1.2 Sensor de Campo Magnético

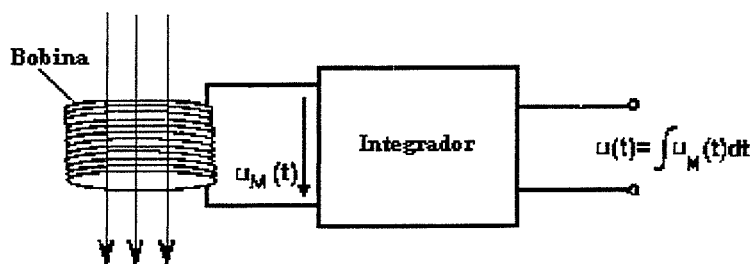


Figura 3.3: Sensor indutivo [3]

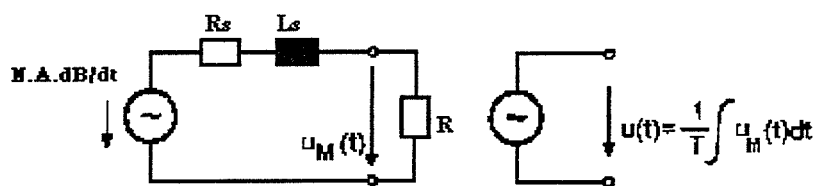


Figura 3.4: Circuito equivalente

A figura 3.3 ilustra o princípio básico de funcionamento do sensor; o circuito equivalente é mostrado na figura 3.4.

Sabemos que, de acordo com as leis de Faraday e Lenz, quando o campo magnético (**H**) sofre alteração, uma força eletromotriz (fem) é induzida e provoca uma corrente no circuito. Ambas estão na direção oposta à taxa de variação de **H**.

Vemos que a tensão de entrada do integrador u_m é proporcional a tensão induzida e à variação de $B(t)$:

$$u_m = \left(\frac{R}{R + R_s} \right) \cdot N \cdot A \cdot \left(\frac{dB}{dt} \right) \tag{3.3}$$

onde: R = resistência de entrada do integrador

R_s = resistência ôhmica da bobina

N = número de espiras da bobina

L_s = indutância da bobina

A = área da bobina

Assim, a tensão de saída (u) do integrador é proporcional ao B a ser medido.

Note pela equação 3.3 que a tensão de saída do aparelho depende da variação de B no tempo. Se este for estacionário, a tensão de saída será zero. Assim, para medir campos estacionários é necessário movimentar a bobina (Figura 3.5).

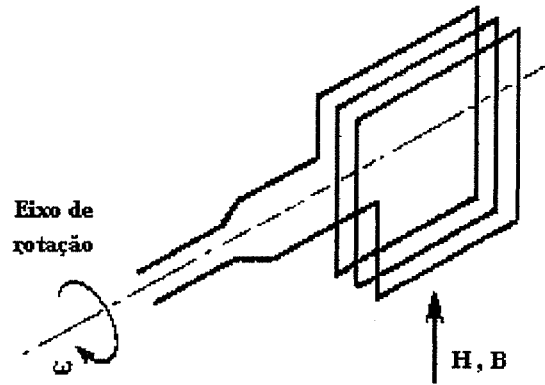


Figura 3.5: Medição de campos estacionários

Assim:

$$V_{rms} = \frac{(N \cdot A \cdot B \cdot \omega)}{\sqrt{2}} \Rightarrow B = \frac{V}{N \cdot A \cdot \omega} \quad (3.4)$$

onde: V_{rms} = Tensão eficaz

ω = velocidade angular de rotação

3.3.2 O Instrumento

Em termos práticos, para se medir campos eletromagnéticos é preciso que se tenha instrumento leve, portátil e com bateria recarregável.

O EFA-3 da Wandell & Goltermann é feito especificamente para esta aplicação. Este instrumento monitora os campos de baixa frequência na faixa de 5 Hz a 30 kHz. Algumas de suas características, melhor explicadas em [15], são dadas a seguir.

A frequência principal é dada, com uma resolução de 1 Hz pelo contador de frequência, durante as medidas em uma determinada faixa de frequência. Quando, por

exemplo, várias frequências estão presentes, o contador pode não conseguir determinar a frequência principal. Assim, se houver uma fonte principal a ser medida, a solução será aproximar dela o equipamento.

Para uma melhor análise do campo é necessário a correta escolha do filtro a ser usado. São eles:

Passa faixa: 5 Hz a 2 kHz; 30 Hz a 2 kHz; 5 Hz a 30 kHz; 30 Hz a 30 kHz

Seletivos: 16,7 Hz; 33,3 Hz; 50 Hz; 60 Hz; 100 Hz; 120 Hz; 150 Hz; 180 Hz; 400 Hz; 800 Hz; 1200 Hz com uma resolução de 1 Hz

Frequência variável: de 15 Hz a 2 kHz com uma resolução de 0,1 Hz

Os filtros seletivos de 16,7 a 180 Hz são usados para medir os campos magnéticos induzidos pelas frequências fundamentais e harmônicos de fontes públicas. Os filtros de 400 a 1200 Hz são usados para medir os campos induzidos pelas frequências fundamentais e harmônicos de fontes tais como aviões etc.

O instrumento vem com uma ponta interna que permite detectar e medir a densidade de fluxo magnético ou indução magnética (**B**) com um mínimo de trabalho. A precisão destas medidas é de aproximadamente 6%.

O padrão VDE 0848 prescreve o uso de uma ponta externa, acoplada ao instrumento, com seção de 100 cm². Pode-se ver pela Tabela 3.1, que a área maior melhora a precisão para 3%.

Faixa de frequência	Filtro	Intensidade de campo	Precisão
f = 50 a 400 Hz	5 Hz a 2 kHz (passa faixa e seletivos)	B ≥ 40 nT	± 3% ± 1 nT
f = 16,7 Hz	5 Hz a 2 kHz (passa faixa e seletivos)	B ≥ 40 nT	± 5% ± 1 nT
f = 400 Hz a 2 kHz	seletivos	B ≥ 40 nT	± 5% ± 1 nT
f = 50 Hz a 5 kHz	5 Hz a 30 kHz (passa faixa)	B ≥ 40 nT	± 3% ± 1 nT

Tabela 3.1 - EFA com ponta externa para medição de **B** (A = 100 cm²)

Para se obter os valores do campo magnético (**H**), é só utilizar a relação:

$$B = \mu \cdot H \tag{3.5}$$

onde: μ = permeabilidade do material

O campo elétrico **E** é medido separadamente e diretamente (V/m), por meio de um sensor especial, também isotrópico.

O EFA indica as componentes do campo nos três eixos espaciais, x, y e z (Figura 3.6), em porcentagem da densidade de fluxo equivalente. Isto torna fácil identificar a direção principal do campo. As três bobinas para as medidas triaxiais de **E** e **B** são dispostas mutuamente em ângulos retos.

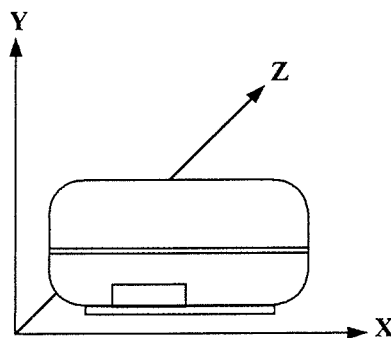


Figura 3.6: Medidas Tri-axiais

O aparelho pode ser selecionado para fazer também, medidas axiais (eixo x). Sua operação, em todas as circunstâncias, é fácil, usando chaves de função e menus para fazer os ajustes.

As porcentagens das componentes individuais do campo são referidas à taxa do

quadrado da componente pela soma dos quadrados de todas as componentes:

$$\frac{X\%}{100} = \frac{X^2}{(X^2 + Y^2 + Z^2)} \quad (3.6)$$

O seguinte método pode ser usado para determinar a amplitude da componente do *display* equivalente à intensidade de campo:

$$W = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \Rightarrow W^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 \quad (3.7)$$

$$\frac{X_k(\%) }{100} = \frac{X^2}{W^2} \quad (3.8)$$

onde X_k = componente X

A componente absoluta X, dada em Tesla, é:

$$X = \sqrt{\left(\frac{X_k(\%)}{100}\right)} \cdot W \quad (3.9)$$

Os sensores medem continuamente e estocam os resultados. Existem dois modos de detecção:

- RMS

$$B_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \left(\sum_{n=1}^N X_n^2 + \sum_{n=1}^N Y_n^2 + \sum_{n=1}^N Z_n^2 \right)} \quad (3.10)$$

- Pico

$$B_{\text{pico}} = \max(B_{\text{pico1}}, \dots, B_{\text{picoN}}) \quad (3.11)$$

$$\text{onde para } B_{\text{pico1...N}} = \sqrt{(X_{1...N}^2 + Y_{1...N}^2 + Z_{1...N}^2)} \quad (3.12)$$

Os valores das medidas no *display* podem ser dados em dois modos:

- Live: o *display* mostra o valor corrente
- Max Hold: o *display* mostra o mais alto valor medido desde que a função Max Hold foi ativada.

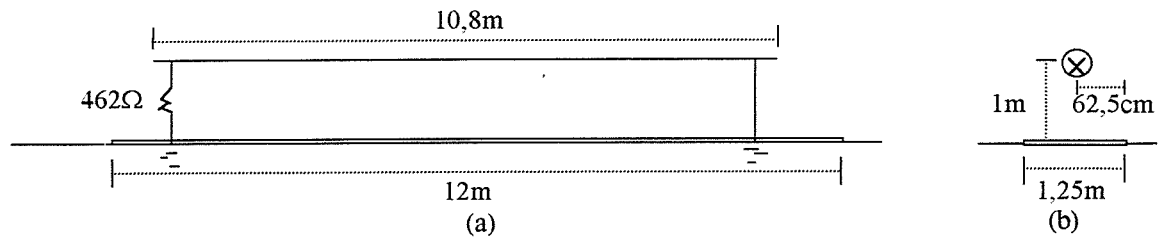
A gravação dos dados pode ser automática ou manual. Na primeira, os 2 sensores se tornam independentes, o que torna possível fazer as medições de **E** e **B** ao mesmo tempo. Quando a gravação automática dos dados é iniciada usando a chave PGMD START, o instrumento checa primeiro, de acordo com o tempo da medição e o passo estipulado, se o número de resultados a ser gravado caberá no espaço de memória disponível. Se o resultado for negativo, a mensagem NOT ENOUGH MEMORY aparece.

Uma interface simples, feita por fibra ótica, entre um PC e o instrumento possibilita que estes dados sejam posteriormente transmitidos diretamente para uma impressora ou manipulados.

3.3.3 Calibração

Antes de se começar a fazer as medições é essencial que o instrumento esteja devidamente calibrado, pois esta é a mais importante fontes de erro. Foram realizados testes no LEAT - UFMG (Laboratório de Extra Alta Tensão) e no Laboratório do Departamento de Engenharia Elétrica, com o intuito de confirmar estas calibrações (**E** e **B**), já que o EFA já vem calibrado de acordo com a ISO 10012-1, garantindo assim, confiabilidade às medidas.

O primeiro arranjo escolhido é mostrado na figura 3.7. Com um fio de 0,9mm de diâmetro, simulou-se uma linha monofásica a um fio. Com 4 placas de alumínio de 1,25m x 3m colocadas no chão (seguidas, logo abaixo e a 1m desta linha), simulou-se o plano de terra que no total mede aproximadamente 12m de comprimento (Figura 3.7.a). A linha se localiza exatamente no centro deste plano (Figura 3.7.b). Este arranjo pode ser usado para calibrar tanto **E** como **B**.

Figura 3.7: Arranjo para calibração de **E** e **H**

3.7.a: Vista lateral

3.7.b: Vista frontal

Ao dar início ao teste, foi verificada a presença de uma fonte externa de 15kHz cujas intensidades dos campos emitidos **E** e **H** são da mesma ordem de grandeza e superiores, respectivamente, aos campos emitidos pelo arranjo. Assim, dois novos arranjos, onde os valores de campo, utilizando a mesma fonte de sinal, são bem maiores, foram utilizados. Todo o procedimento é explicado a seguir.

3.3.3.1 - Calibração de Campo Elétrico

Para a calibração de campo elétrico é necessário um arranjo onde este seja uniforme e de intensidade conhecida. Algumas características desejáveis para este arranjo são [16]:

1. que as dimensões sejam suficientemente grandes de modo que a sonda não perturbe significativamente as distribuições de carga nas superfícies dos eletrodos produtores de campo;
2. que a região de uniformidade seja suficientemente grande para reduzir a incerteza no valor da intensidade de campo a um nível aceitável no local onde está localizada a sonda;
3. que o campo elétrico não seja significativamente perturbado por objetos próximos, planos de terra ou pela presença do operador que está executando a calibração.

Como mostrado por Köhler em [17], dos 3 arranjos (Tabela 3.2) utilizou-se o arranjo de placas metálicas retangulares paralelas. O *gap* não deve ser maior que a metade do diâmetro das placas, pois quanto maior esta distância, mais o campo elétrico no centro deste arranjo se afasta do valor de referência. Foram utilizadas duas das 4 placas do arranjo anterior, separadas uma da outra por 37cm. Uma placa foi aterrada e na outra aplicou-se $12V_{máx}$.

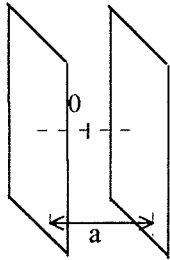
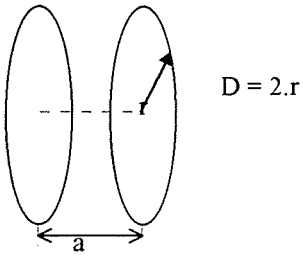
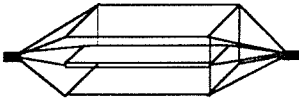
Arranjos para calibração de campo elétrico	Valores de referência de campo elétrico
 <p data-bbox="316 1025 587 1059">Placas planas quadradas</p>	$E = \frac{U}{a}$ <p data-bbox="820 857 1251 920">Fácil construção Boa homogeneidade de campo elétrico</p>
 <p data-bbox="336 1435 600 1469">Placas planas circulares</p>	$E = \frac{U}{a}$ <p data-bbox="852 1330 1283 1393">Construção mais difícil Boa homogeneidade de campo elétrico</p>
 <p data-bbox="400 1659 539 1693">Célula TEM</p>	$E = \frac{U}{a}$ $f < \frac{c}{4.a}$

Tabela 3.2: Arranjos para calibração de E [17].

O sensor foi colocado no centro do arranjo e o campo foi medido para diferentes frequências. Uma vez que a tensão e o *gap* não variam, o valor calculado, que deve ser medido, é 29,73V/m para todas as frequências. Os valores medidos são dados a seguir (Tabela 3.3) e (Figura 3.8):

f (Hz)	E _{medido} (V/m)	Erro (%)
60	34,77	16,7
400	32,25	8,5
800	32,12	8,24
1200	31,97	7,5
5000	35,84	20,5
10000	36,48	22,7
30000	25,66	14

Tabela 3.3: Calibração de E

Calibração E

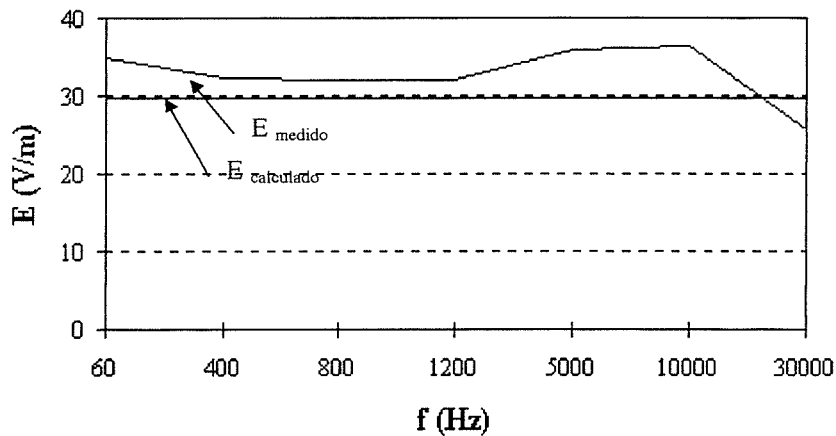


Figura 3.8 – Comparação entre E medido e calculado

A tabela de dados gerada pelo instrumento é dada a seguir:

```

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013
MEM# VALUE U X Y Z TIME FILTER DET. FREQU
0027: 3.2252E+01 V/m 0 100 0 16:31:12 400Hz PEAK ---
0028: 2.2724E+01 V/m 0 100 0 16:31:16 400Hz RMS ---
0029: 3.2122E+01 V/m 0 100 0 16:31:46 800Hz PEAK ---
0030: 2.2545E+01 V/m 0 100 0 16:31:51 800Hz RMS ---
0031: 3.4775E+01 V/m 0 100 0 16:32:53 60Hz PEAK ---
0032: 2.4546E+01 V/m 0 100 0 16:32:56 60Hz RMS ---
0033: 3.1967E+01 V/m 0 100 0 16:36:44 1200Hz PEAK ---
0034: 2.2464E+01 V/m 0 100 0 16:36:51 1200Hz RMS ---
0035: 3.5838E+01 V/m 2 97 1 16:38:45 30Hz..30kHz PEAK 5000Hz
0036: 2.2278E+01 V/m 0 99 1 16:38:49 30Hz..30kHz RMS 5000Hz
0037: 3.6483E+01 V/m 2 97 1 16:40:51 30Hz..30kHz PEAK 10000Hz
0038: 2.2398E+01 V/m 0 99 1 16:40:55 30Hz..30kHz RMS 10000Hz
0041: 1.5337E+01 V/m 1 99 0 16:45:14 30Hz..30kHz RMS 30004Hz
0042: 2.5662E+01 V/m 4 93 3 16:45:18 30Hz..30kHz PEAK 30002Hz
    
```

Tabela 3.4 – Dados obtidos na calibração de E

Análise dos Erros

Observa-se pela Tabela 3.3 que um menor erro foi encontrado para as frequências de 400, 800 e 1200 Hz, onde foram usados filtros seletivos. Em 60 Hz, apesar de também ter-se utilizado este mesmo tipo de filtro, um erro maior foi constatado, isto se deve a influência de fontes externas próximas. Já para as demais frequências, utilizou-se um único filtro (5Hz a 30kHz), onde se mede todas as fontes presentes no ambiente, observando-se assim, os maiores erros.

Algumas considerações devem ser feitas em relação ao arranjo utilizado que podem ser causa dos grandes erros encontrados:

As placas utilizadas são retangulares. O erro de calibração é menor que 1% se obedecida a regra que a distância entre elas for menor que a metade do diâmetro, o que se encaixa perfeitamente em placas quadradas e não retangulares.

A fonte de potência simétrica em relação ao potencial de terra garante uma homogeneidade do campo muito maior que no caso da fonte assimétrica utilizada. Se este tipo de fonte tivesse sido utilizada, a calibração seria muito mais precisa.

3.3.3.2 Calibração de Campo Magnético

Também em [17], Köhler explica que para a calibração de sensores de campo magnético, devem ser utilizados arranjos condutores carregados com uma corrente bem definida (Tabela 3.5). Dentre os 4, utilizou-se o segundo, uma vez que a sua construção é mais simples e barata. A bobina construída possui 50 espiras (N) e raio de 0,5m (a).

Devido ao conhecimento preciso da corrente no sistema de calibração e as dimensões bem definidas, estes campos podem ser calculados com alta precisão.

Deve-se observar que as fórmulas dadas para os valores de referência de campo não consideram o tamanho geométrico dos condutores assim, uma calibração precisa é

possível somente quando estes são pequenos se comparados à dimensão geométrica total do arranjo e quando o sensor é colocado no seu centro.

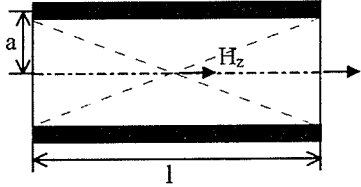
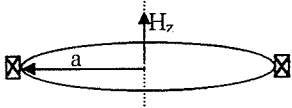
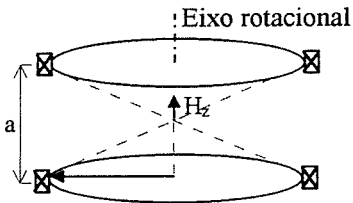
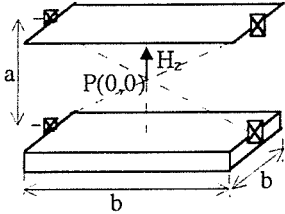
Arranjos para calibração de campo magnético	Valores de referência do campo magnético
	$H_z(0,0) = \frac{N.I.}{l} \cdot \frac{1}{1+(2.a/l)^2}$ <p>(no centro)</p>
 <p>Condutor cilíndrico simples</p>	$H_z(0,0) = \frac{N.I.}{2.a}$ <p>(no centro)</p>
 <p>Bobina Helmholtz padrão</p>	$H_z(0,0) = 0,716 \cdot \frac{N.I.}{A}$ <p>(no centro)</p>
 <p>Bobina Helmholtz quadrada</p>	$H_z(0,0) = 1,629 \cdot \frac{N.I.}{A}$ <p>(no centro)</p>

Tabela 3.5: Arranjos para calibração de **H**

Os resultados obtidos são dados pela tabela 3.6 e por seu respectivo gráfico (Figura 3.9).

Frequência (Hz)	B medido(μ T)	B calculado	Erro (%)
60	8,994	8,2	9,7
400	8,734	7,8	11
800	7,983	7,2	10,8
1200	7,066	6,4	10,4
5000	2,721	2,6	4,7
10000	1,462	1,4	4,4
30000	0,45	0,75	66

Tabela 3.6: Calibração de **B**

Calibração **B**

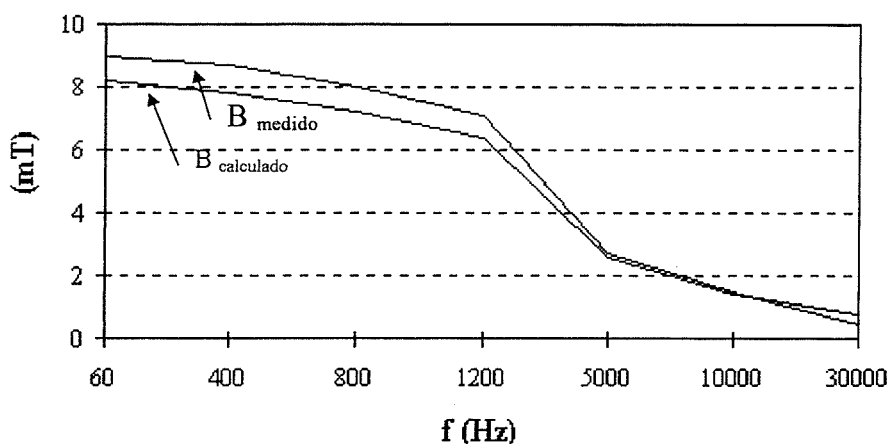


Figura 3.9: Comparação entre **B** medido e calculado

A tabela de dados gerada pelo instrumento é dada a seguir:

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043

MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET.	FREQU
0008:	8.9938E-06	T	1	99	0	15:51:56	17.09.98	60Hz	PEAK	62Hz
0009:	6.3825E-06	T	0	99	1	15:52:01	17.09.98	60Hz	RMS	62Hz
0016:	2.7210E-06	T	1	99	0	15:59:39	17.09.98	30Hz..30kHz	PEAK	5000Hz
0017:	1.8371E-06	T	1	99	0	15:59:45	17.09.98	30Hz..30kHz	RMS	5000Hz
0018:	1.4619E-06	T	1	98	1	16:03:31	17.09.98	30Hz..30kHz	PEAK	10001Hz
0019:	9.4749E-07	T	1	99	0	16:03:42	17.09.98	30Hz..30kHz	RMS	10001Hz
0020:	8.7336E-06	T	1	99	0	16:08:15	17.09.98	400Hz	PEAK	----
0021:	6.1727E-06	T	1	99	0	16:08:18	17.09.98	400Hz	RMS	----
0022:	7.9834E-06	T	1	99	0	16:08:44	17.09.98	800Hz	PEAK	----
0023:	5.6441E-06	T	1	99	0	16:08:46	17.09.98	800Hz	RMS	----
0024:	7.0662E-06	T	1	99	0	16:09:52	17.09.98	1200Hz	PEAK	----
0025:	4.9940E-06	T	1	99	0	16:09:55	17.09.98	1200Hz	RMS	----
0026:	4.4849E-07	T	2	89	9	16:13:56	17.09.98	30Hz..30kHz	PEAK	29993Hz
0027:	2.4556E-07	T	1	94	5	16:14:05	17.09.98	30Hz..30kHz	RMS	29993Hz

Tabela 3.5: Dados da calibração de **B**

Capítulo 4

Medições e Resultados

4.1 Introdução

Uma grande preocupação se demonstra nos dias de hoje com os níveis de campo eletromagnético, seus efeitos ou não na saúde. Os casos estudados são sempre direcionados, onde, por exemplo, há uma proximidade a linhas de transmissão. No entanto, toda a população está exposta aos campos emitidos pelos aparelhos eletrodomésticos e não há, até agora, no Brasil, nenhum mapeamento destes.

Quais serão os níveis a que estamos expostos dentro de nossas próprias casas? Esta é uma pergunta que agora começará a ser respondida.

4.2 Medições

Deve-se deixar claro, que o preciso mapeamento destes campos só pode ser feito em câmaras próprias, chamadas anecóica ou semi-anecóica, como já dito anteriormente. Como não foi possível ter acesso a este tipo de tecnologia, a seguir é descrito o procedimento utilizado:

1. Inicialmente todos os equipamentos presentes no local de medição foram desligados (inclusive da tomada), medindo-se assim, os campos eletromagnéticos ambientes;
2. Em seguida somente o equipamento a ser medido foi ligado evitando-se, assim, interferências dos outros;

3. Utilizando-se o instrumento EFA-3 da Wandel & Goltermann foram feitas medidas a 10, 25, 50, 75 e 100cm de cada equipamento, tanto do **E** como do **B**, sendo estes valores, então, a soma dos campos emitidos pelo equipamento com o campo ambiente).

A partir das tabelas de dados gerados pelos sensores foram elaborados os gráficos que são mostrados neste capítulo. Ao analisá-los tem-se uma melhor idéia das intensidades de **E** e **B** e suas variações com a distância.

Os valores padrões estabelecidos para a exposição a campo elétrico e densidade de fluxo magnético de 50/60Hz (valores rms) por algumas das principais normas internacionais são dados a seguir [13]:

Trabalhadores	E (kV/m)	B (mT)
INIRC/IRPA *	30 (a)	0.5 (b) 5 (c)
CENELEC*	30 (a)	1,6 (d)
Público Geral	E (kV/m)	B (mT)
INIRC/IRPA *	5 (e) 10 (f)	0,1 (e) 1 (f)
CENELEC*	10	0,64

- * INIRC - International Non-Ionizing Radiation Committee
 IRPA - International Radiation Protection Association
 CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardization

- (a) Tempo máximo de exposição (**E** entre 10 e 30kV/m) $\Rightarrow t_{\text{máx exp}} = 80/E \Rightarrow$
 (b) Para um dia de trabalho
 (c) $t_{\text{máx exp}} = 2\text{h/dia}$
 (d) Independente da duração da exposição
 (e) Até 24h/dia em espaços abertos
 (f) Poucas horas por dia

4.2.1 Ar Condicionado

O ar condicionado medido é um Springer Mundial 1500 BTU. As curvas obtidas através das tabelas de dados geradas pelos sensores (Tabelas 4.1 e 4.2) são mostradas nas figuras 4.1 e 4.2. Observa-se nestes dois primeiros gráficos a característica de decaimento rápido dos campos com a distância.

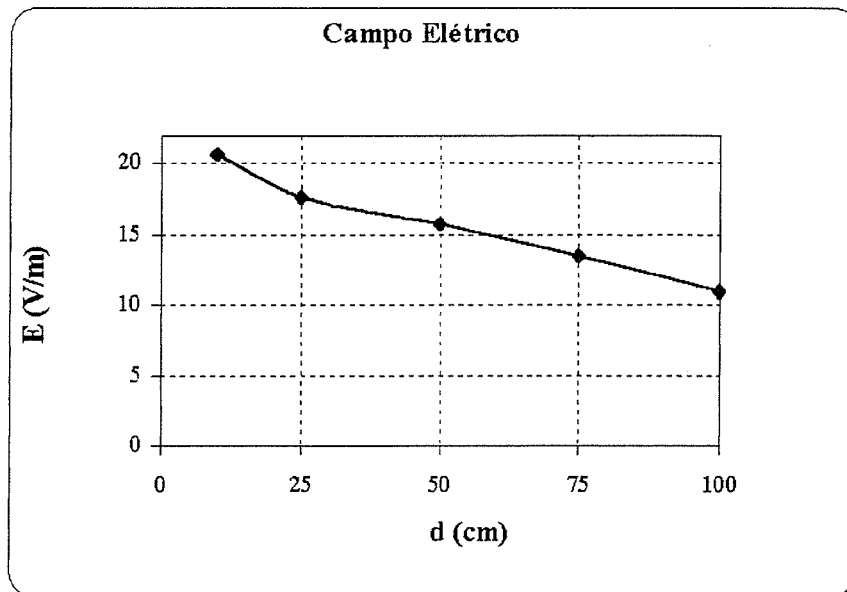


Figura 4.1: Campo Elétrico – Ar Condicionado

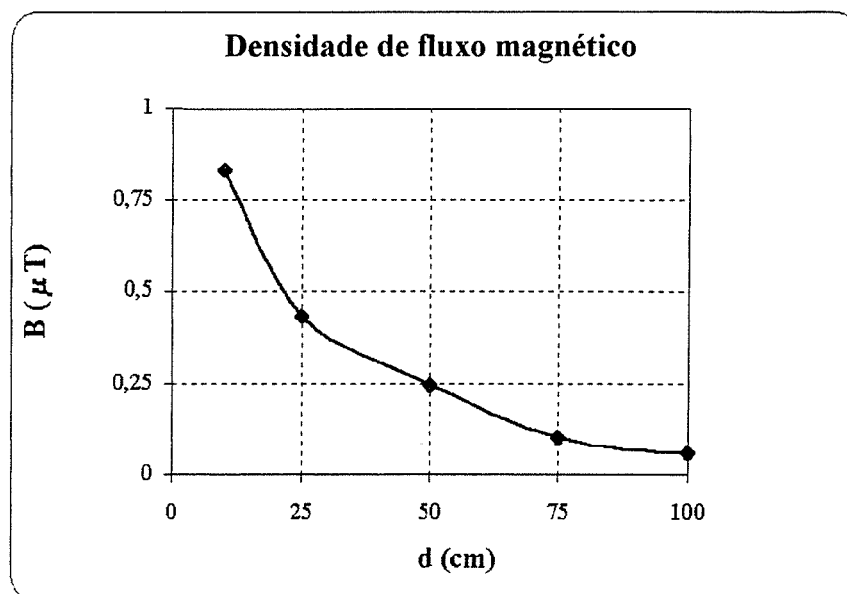


Figura 4.2: Densidade de Fluxo Magnético – Ar Condicionado

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013										
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET.	FREQU	
0029:	2.0963E+01	V/m	60	18	22	10:51:50	30Hz..30kHz	PEAK	98Hz	
0030:	1.8224E+01	V/m	18	60	22	10:53:45	30Hz..30kHz	PEAK	329Hz	
0031:	1.5153E+01	V/m	11	67	22	10:55:02	30Hz..30kHz	PEAK	456Hz	
0032:	1.3906E+01	V/m	26	61	13	10:56:26	30Hz..30kHz	PEAK	1014Hz	
0033:	1.1015E+01	V/m	31	51	18	10:58:32	30Hz..30kHz	PEAK	2695Hz	
0034:	2.0702E+01	V/m	70	15	15	11:01:08	30Hz..30kHz	PEAK	74Hz	
0035:	1.7711E+01	V/m	23	57	20	11:02:09	30Hz..30kHz	PEAK	387Hz	
0036:	1.5735E+01	V/m	10	69	21	11:02:59	30Hz..30kHz	PEAK	419Hz	
0037:	1.3534E+01	V/m	19	67	14	11:04:41	30Hz..30kHz	PEAK	----	
0038:	1.0930E+01	V/m	30	47	23	11:05:54	30Hz..30kHz	PEAK	----	
0039:	1.1071E+01	V/m	31	56	13	11:09:52	30Hz..30kHz	PEAK	----	
0040:	1.0550E+01	V/m	25	61	14	11:11:10	30Hz..30kHz	PEAK	2299Hz	

Tabela 4.1: Dados da medição de **E**

Onde: Mem 29 a 33 \Rightarrow desligado / Mem 34 a 38 \Rightarrow ligado máximo
 Mem 39 e 40 \Rightarrow desligado da tomada = ambiente

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043										
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET.	FREQU
0017:	8.3060E-07	T	67	3	30	10:13:57	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz
0018:	4.3485E-07	T	63	2	35	10:14:14	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0019:	2.3728E-07	T	44	3	53	10:16:43	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz
0020:	9.7153E-08	T	26	6	68	10:18:06	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz
0021:	5.9733E-08	T	36	7	57	10:18:54	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	95Hz

Tabela 4.2: Dados da medição de **B**

Onde: Mem 17 a 21 \Rightarrow ligado máximo

4.2.2 Forno

Foram realizadas medidas em um forno Layr de 2400W (as duas resistências das quais é composto este forno são ligadas no máximo e a temperatura é de 200°C). Os gráficos obtidos são mostrados nas figuras 4.3 e 4.4; as tabelas 4.3 e 4.4 são geradas pelos sensores. Observa-se na figura 4.4, que para 75 e 100cm, os valores obtidos são menores do que o campo ambiente medido(Tabela 4.3), o que é explicado pela pequena variação que estes sofrem no tempo, já que os sensores são constantemente “bombardeados” por campos emitidos de várias fontes.

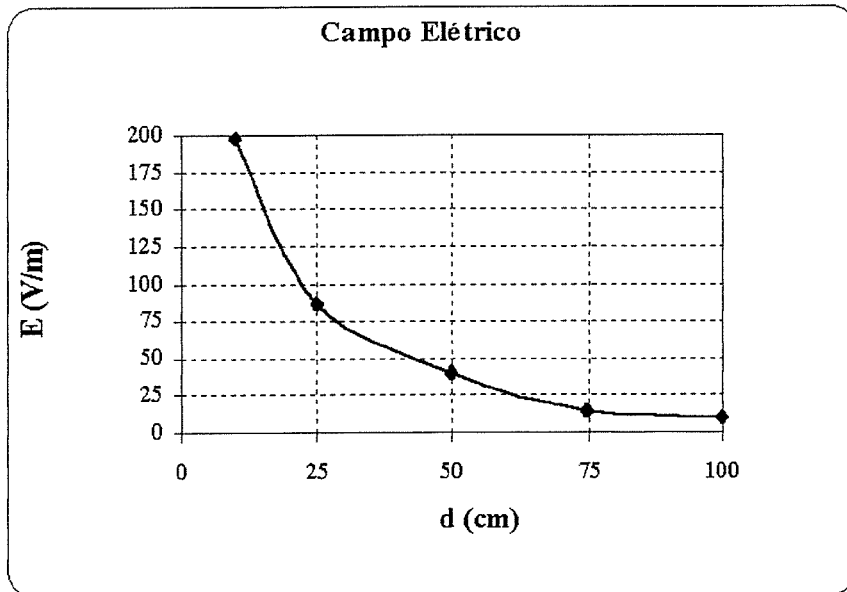


Figura 4.3: Campo Elétrico – Forno

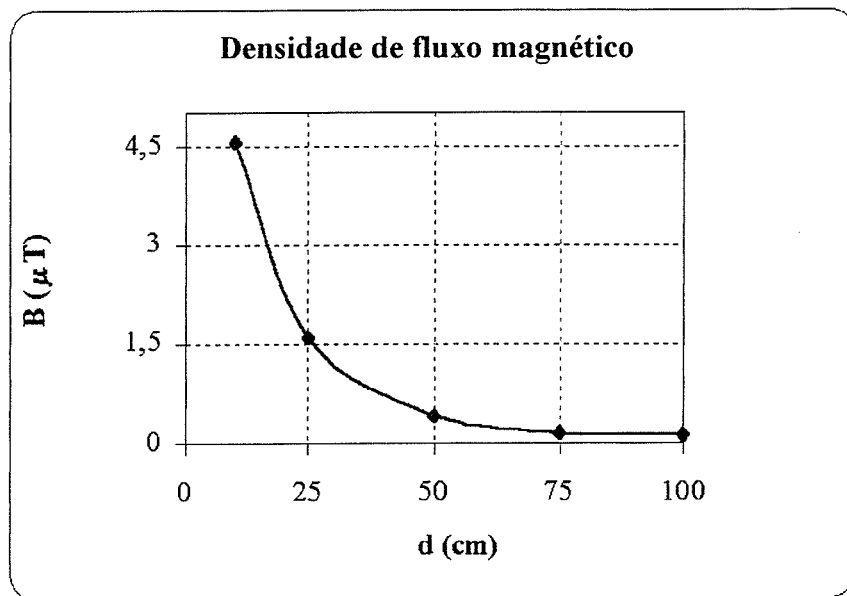


Figura 4.4: Densidade de Fluxo Magnético – Forno

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET.	FREQU
0123:	1.9653E+02 V/m	95	5	0	11:59:05	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz	
0124:	8.5905E+01 V/m	80	18	2	12:00:51	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz	
0125:	3.9198E+01 V/m	77	21	2	12:01:45	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz	
0126:	1.3948E+01 V/m	59	25	16	12:02:40	30Hz..30kHz	PEAK	----	
0127:	9.8766E+00 V/m	49	26	25	12:04:18	30Hz..30kHz	PEAK	255Hz	
0129:	2.0026E+01 V/m	7	37	56	12:20:18	30Hz..30kHz	PEAK	95Hz	

Tabela 4.3: Dados da medição de E

Onde: Mem 123 a 127 ⇒ ligado máximo
 Mem 129 ⇒ desligado = ambiente

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043										
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET.	FREQU
0134:	4.5507E-06	T	5	63	32	12:13:01	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz
0135:	1.6043E-06	T	0	53	47	12:13:08	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0136:	4.0913E-07	T	10	56	34	12:13:27	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz
0137:	1.5209E-07	T	37	45	18	12:13:44	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz
0138:	1.3261E-07	T	31	46	23	12:14:05	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz

Tabela 4.4: Dados da medição de **B**

Onde: Mem 134a 138 ⇒ ligado máximo

4.2.3 Grill

Observa-se na figura 4.5 que o valor máximo obtido para **E** é elevado, mas ainda muitas vezes menor que os estabelecidos pelas normas internacionais. Na curva **B** x **d** (Figura 4.6), observa-se que a 50 e 75cm há uma pequena elevação dos valores medidos em relação ao ponto anterior. Este fato pode ser explicado por pequenas variações no tempo e/ou alguma interferência externa. As tabelas 4.5 e 4.6 foram geradas pelos sensores.

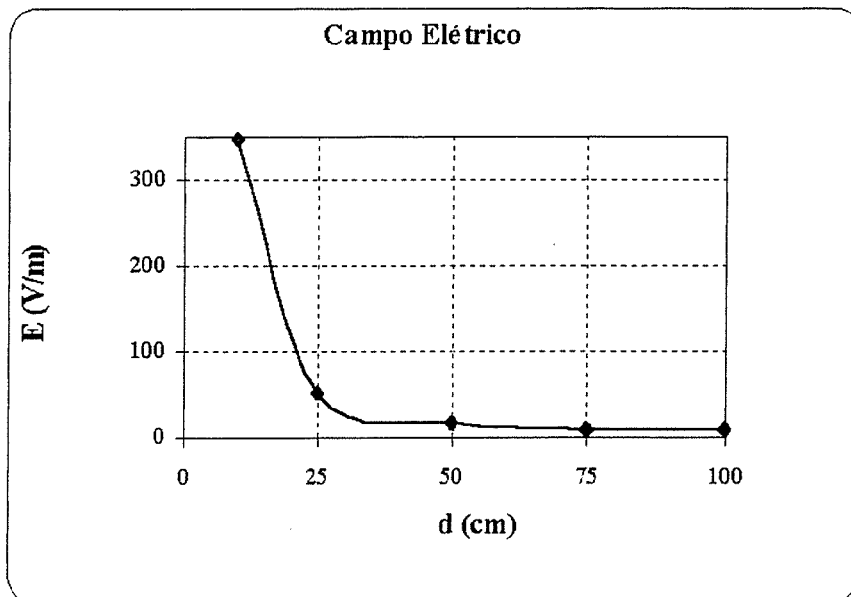


Figura 4.5: Campo Elétrico – Grill

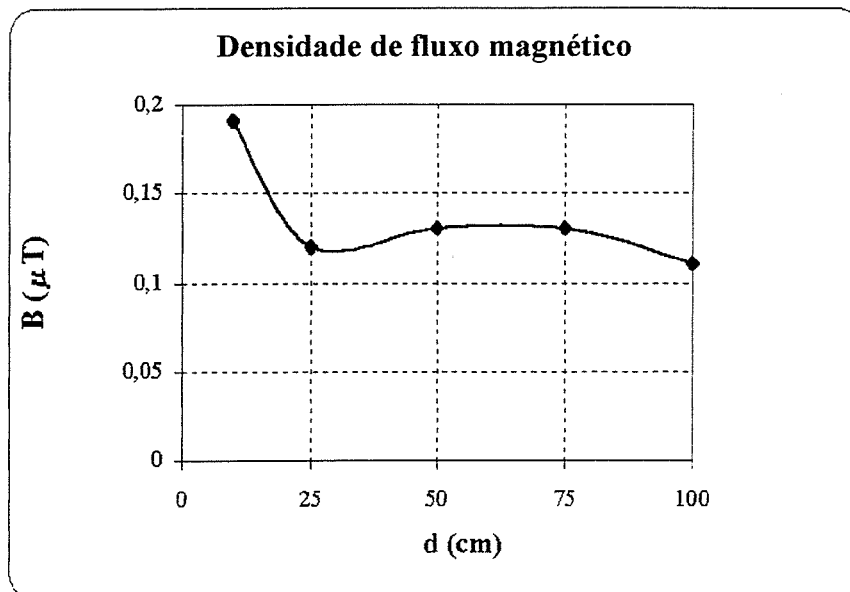


Figura 4.6: Densidade de Fluxo Magnético – Grill

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET.	FREQU
0131:	3.4873E+02 V/m	1	6	93	12:27:27	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz	
0132:	5.0854E+01 V/m	2	13	85	12:28:16	30Hz..30kHz	PEAK	----	
0133:	1.7037E+01 V/m	8	21	71	12:28:55	30Hz..30kHz	PEAK	----	
0134:	9.8281E+00 V/m	22	29	49	12:29:37	30Hz..30kHz	PEAK	----	
0135:	9.4779E+00 V/m	24	37	39	12:30:48	30Hz..30kHz	PEAK	----	

Tabela 4.5: Dados da medição de E

Onde: Mem 131a 135 ⇒ ligado máximo

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET. FREQU
0140:	1.9244E-07 T	6	43	51	12:32:15	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz
0141:	1.1703E-07 T	15	60	25	12:32:23	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0142:	1.2970E-07 T	9	75	16	12:32:30	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0143:	1.3033E-07 T	20	63	17	12:32:46	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0144:	1.1332E-07 T	24	61	15	12:32:57	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0145:	1.0614E-07 T	4	66	30	12:33:42	14.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz

Tabela 4.6: Dados da medição de B

Onde: Mem 140 a 144 ⇒ ligado máximo
 Mem 145 ⇒ desligado = ambiente

4.2.4 Microcomputador

O microcomputador é hoje um aparelho de extrema utilização, as pessoas passam muitas horas de seu dia, seja no trabalho ou em casa, em frente a ele. O mapeamento do micro Zeos 486, foi feito em 2 posições diferentes, de frente e por trás, alternando UCP e monitor ligados. Os resultados são mostrados nas figuras 4.7 e 4.8 (de acordo com as tabelas 4.7 e 4.8). Observa-se que o monitor é a maior fonte de E e B.

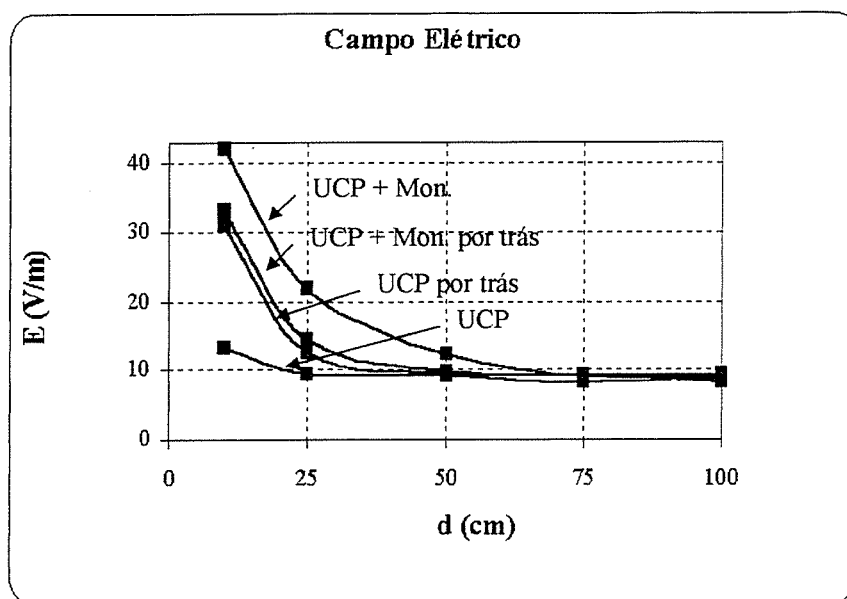


Figura 4.7: Campo Elétrico - Microcomputador

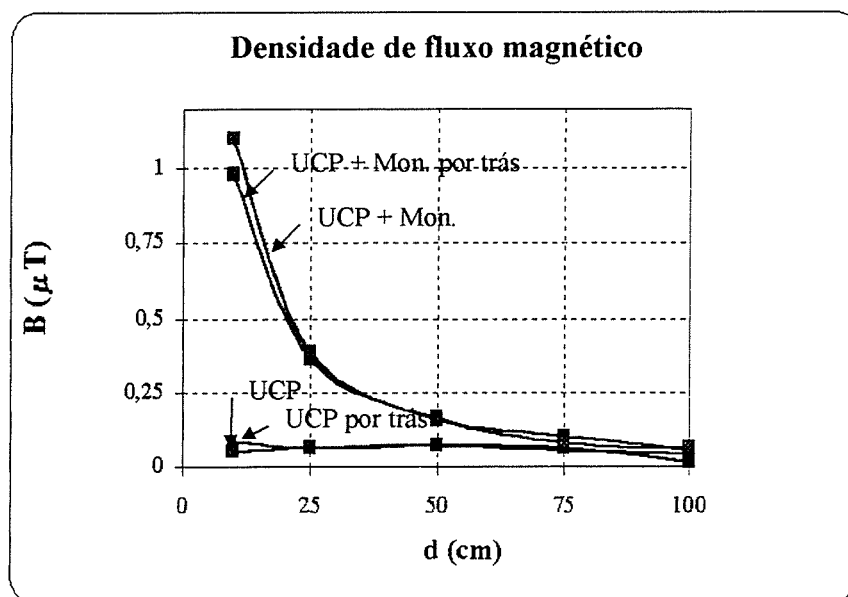


Figura 4.8: Densidade de Fluxo Magnético – Microcomputador

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET.	FREQU
0045:	1.3148E+01	V/m	50	38	12	11:24:53	30Hz..30kHz	PEAK	1873Hz
0046:	9.6532E+00	V/m	34	46	20	11:25:34	30Hz..30kHz	PEAK	4226Hz
0047:	9.1038E+00	V/m	26	46	28	11:25:57	30Hz..30kHz	PEAK	----
0048:	8.2486E+00	V/m	30	40	30	11:30:29	30Hz..30kHz	PEAK	13463Hz
0049:	9.0432E+00	V/m	29	41	30	11:31:09	30Hz..30kHz	PEAK	14745Hz
0050:	4.2023E+01	V/m	6	90	4	11:32:12	30Hz..30kHz	PEAK	76Hz
0051:	2.1846E+01	V/m	10	85	5	11:32:35	30Hz..30kHz	PEAK	----
0052:	1.2319E+01	V/m	24	65	11	11:32:53	30Hz..30kHz	PEAK	----
0053:	9.2030E+00	V/m	31	47	22	11:33:16	30Hz..30kHz	PEAK	----
0054:	9.1632E+00	V/m	37	37	26	11:33:41	30Hz..30kHz	PEAK	11991Hz
0055:	3.3144E+01	V/m	43	21	36	11:36:14	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0056:	1.4546E+01	V/m	27	59	14	11:37:11	30Hz..30kHz	PEAK	----
0060:	3.1076E+01	V/m	41	7	52	11:39:50	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0061:	1.2660E+01	V/m	44	27	29	11:41:08	30Hz..30kHz	PEAK	2004Hz
0062:	9.3878E+00	V/m	42	35	23	11:41:22	30Hz..30kHz	PEAK	5393Hz
0063:	9.3565E+00	V/m	31	37	32	11:41:44	30Hz..30kHz	PEAK	11369Hz
0064:	8.1924E+00	V/m	30	43	27	11:42:11	30Hz..30kHz	PEAK	11238Hz

Tabela 4.7: Dados da medição de E

Onde: Mem 045 a 049 ⇒ UCP ligada / Mem 050 a 054 ⇒ UCP + Monitor

Mem 055 a 059 ⇒ UCP por trás / Mem 060 a 064 ⇒ UCP + Monitor por trás

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET. FREQU
0022:	5.2975E-08	T	28	29	43	10:24:04	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 396Hz
0023:	6.2176E-08	T	29	29	42	10:24:46	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 129Hz
0024:	6.9141E-08	T	63	27	10	10:26:01	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 65Hz
0025:	6.5101E-08	T	67	20	13	10:26:38	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0026:	1.5127E-08	T	68	15	17	10:27:20	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 1071Hz
0027:	9.7811E-07	T	97	0	3	10:29:26	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 71Hz
0028:	3.6484E-07	T	88	3	9	10:29:39	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 71Hz
0029:	1.5950E-07	T	85	9	6	10:29:52	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 80Hz
0030:	9.5713E-08	T	81	12	7	10:30:16	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 94Hz
0031:	6.0204E-08	T	71	17	12	10:30:28	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 174Hz
0032:	8.6078E-08	T	24	57	19	10:33:08	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0036:	4.0927E-08	T	10	8	82	10:33:57	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 171Hz
0037:	1.0956E-06	T	79	6	15	10:35:44	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0038:	3.8110E-07	T	88	6	6	10:35:56	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 228Hz
0039:	1.5649E-07	T	86	5	9	10:36:11	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 130Hz
0040:	8.1098E-08	T	46	3	51	10:36:28	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 65Hz
0041:	6.5481E-08	T	57	5	38	10:36:50	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 99Hz
0042:	5.5613E-08	T	41	27	32	10:43:16	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 629Hz
0043:	5.7345E-08	T	28	47	25	10:43:34	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0044:	6.9730E-08	T	40	53	7	10:43:43	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0045:	6.1868E-08	T	26	63	11	10:44:01	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz

Tabela 4.8: Dados da medição de B

Onde: Mem 022 a 026 ⇒ UCP ligada / Mem 027 a 031 ⇒ UCP + Monitor

Mem 032 a 036 ⇒ UCP por trás / Mem 037 a 041 ⇒ UCP + Monitor por trás

Mem 042 a 045 ⇒ desligado

4.2.5 Secadora de Roupas

A secadora Brastemp Linea Verona, pode funcionar com ar quente ou frio. O mapeamento do campo elétrico (Figura 4.9) revelou uma situação no mínimo curiosa. Ao ser ligada, o campo que deveria aumentar em relação ao ambiente (Tabela 4.9), diminuiu. Este fato só pode ser explicado se os sentidos destes campos forem contrários e um estiver anulando o outro. A figura 4.10 mostra a diferença nos níveis de **B** para os dois modos de funcionamento (Tabela 4.10).

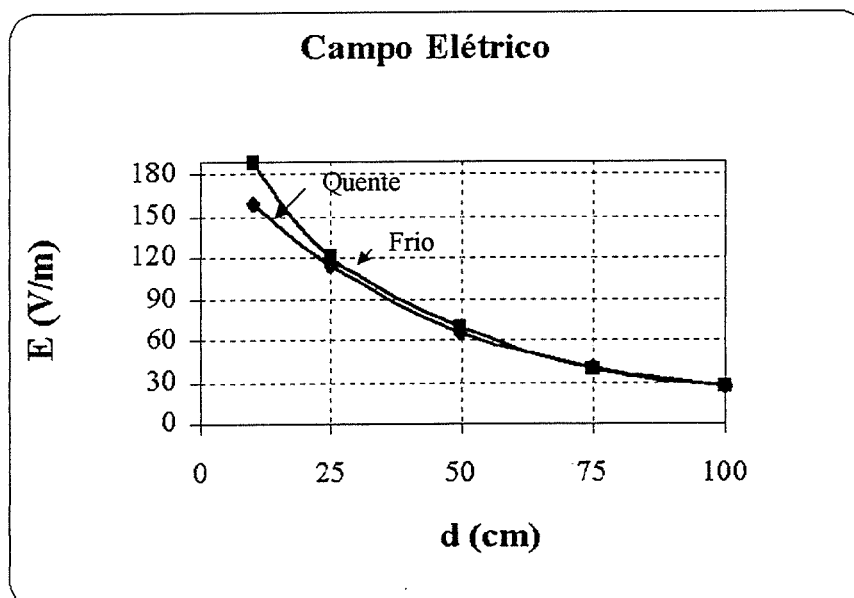


Figura 4.9: Campo Elétrico – Secadora de Roupas

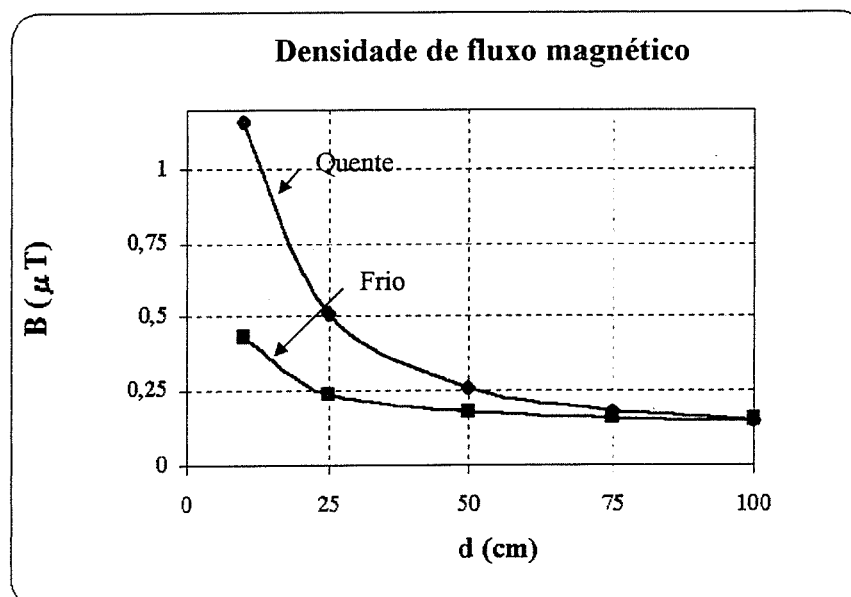


Figura 4.10: Densidade de Fluxo Magnético – Secadora de Roupas

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET.	FREQU
0099:	1.5877E+02	V/m	98	2	0	15:06:47	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0100:	1.1382E+02	V/m	77	22	1	15:07:58	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz
0101:	6.5551E+01	V/m	58	41	1	15:08:19	30Hz..30kHz	PEAK	----
0102:	4.0822E+01	V/m	46	52	2	15:08:43	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0103:	2.6567E+01	V/m	39	58	3	15:09:03	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0104:	1.8780E+02	V/m	97	2	1	15:10:25	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz
0105:	1.2068E+02	V/m	76	22	2	15:10:56	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz
0106:	3.9348E+01	V/m	45	52	3	15:11:29	30Hz..30kHz	PEAK	----
0107:	2.6776E+01	V/m	39	56	5	15:11:51	30Hz..30kHz	PEA	----
0108:	2.5133E+02	V/m	0	12	88	15:26:47	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz

Tabela 4.9: Dados da medição de **E**

Onde: Mem 099 a 103 \Rightarrow quente / Mem 104 a 107 \Rightarrow frio
 Mem 108 \Rightarrow desligado = ambiente

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET. FREQU
0082:	1.1632E-06	T	82	8	10	15:13:08	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0083:	5.1461E-07	T	52	10	38	15:13:15	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0084:	2.6254E-07	T	34	16	50	15:13:29	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0085:	1.8127E-07	T	28	22	50	15:13:37	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0086:	1.4697E-07	T	31	24	45	15:13:43	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0087:	4.2826E-07	T	45	6	49	15:14:02	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0088:	2.3559E-07	T	26	17	57	15:14:07	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0089:	1.7559E-07	T	21	37	42	15:14:12	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0090:	1.6007E-07	T	16	45	39	15:14:19	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0091:	1.4953E-07	T	14	52	34	15:14:24	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz

Tabela 4.10: Dados da medição de **B**

Onde: Mem 082 a 086 \Rightarrow quente / Mem 087 a 091 \Rightarrow frio

4.2.6 Máquina de Lavar

As curvas obtidas para a máquina de lavar modelo Prosdócimo Luxo são dadas nas figuras 4.11 e 4.12 (de acordo com os dados das tabelas 4.11 e 4.12). Observa-se que um maior **E** resulta em um menor **B** para o mesmo processo; isto se deve ao fato que para uma mesma potência, uma maior tensão resulta em uma menor corrente, respectivamente relacionados com **E** e **B**.

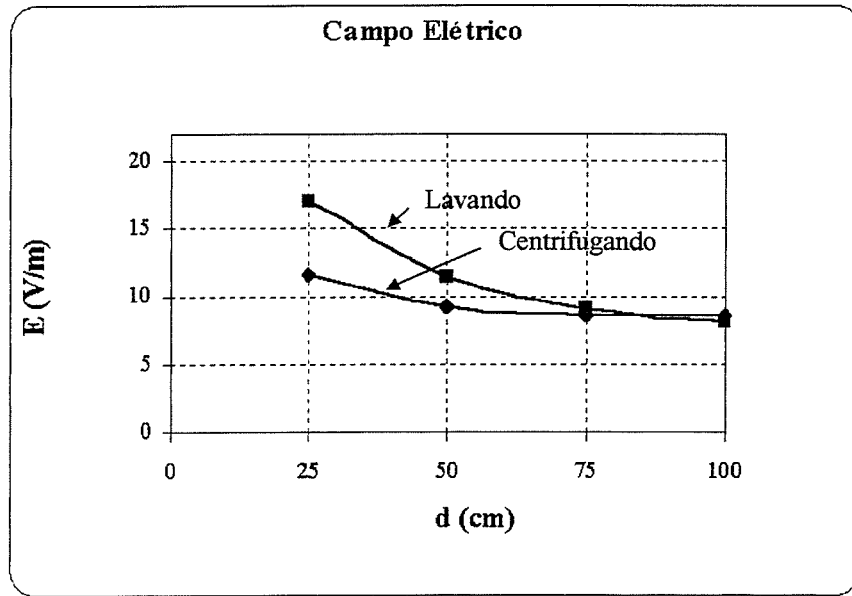


Figura 4.11: Campo Elétrico – Máquina de Lavar

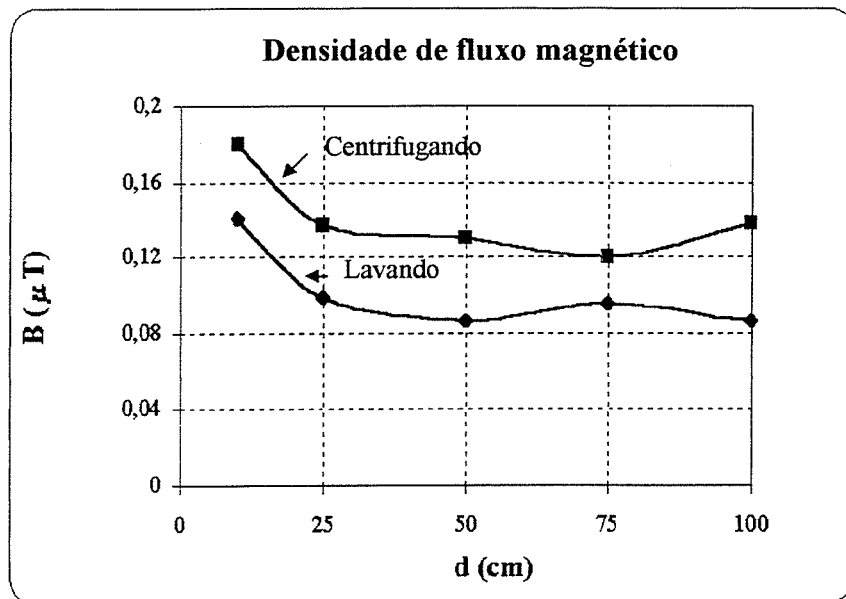


Figura 4.12: Densidade de Fluxo Magnético – Máquina de Lavar

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET.	FREQU
0109:	9.8081E+00	V/m	26	39	35	15:27:36	30Hz..30kHz	PEAK	3773Hz
0110:	1.1618E+01	V/m	15	32	53	15:28:30	30Hz..30kHz	PEAK	1418Hz
0111:	9.1771E+00	V/m	26	29	45	15:29:01	30Hz..30kHz	PEAK	5038Hz
0112:	8.5452E+00	V/m	37	29	34	15:29:28	30Hz..30kHz	PEAK	10484Hz
0113:	8.5387E+00	V/m	35	30	35	15:29:53	30Hz..30kHz	PEAK	16098Hz
0114:	1.6962E+01	V/m	54	39	7	15:35:24	30Hz..30kHz	PEAK	----
0115:	1.1438E+01	V/m	50	37	13	15:35:39	30Hz..30kHz	PEAK	2130Hz
0116:	9.0074E+00	V/m	43	30	27	15:35:51	30Hz..30kHz	PEAK	7962Hz
0117:	8.1593E+00	V/m	38	29	33	15:36:06	30Hz..30kHz	PEAK	----

Tabela 4.11: Dados da medição de E

Onde: Mem 109 \Rightarrow desligado = ambiente / Mem 110 a 113 \Rightarrow lavando
 Mem 114 a 117 \Rightarrow centrifugando

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET. FREQU
0092:	1.4400E-07	T	47	35	18	15:30:36	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK ----
0093:	9.9368E-08	T	33	20	47	15:30:43	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK ----
0094:	7.6198E-08	T	66	12	22	15:30:50	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK ----
0095:	9.5908E-08	T	30	36	34	15:31:01	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 123Hz
0096:	8.5667E-08	T	28	14	58	15:31:07	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 10Hz
0097:	8.0823E-08	T	22	34	44	15:31:46	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK ----
0098:	1.7999E-07	T	20	16	64	15:36:42	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK ----
0099:	1.3711E-07	T	23	25	52	15:36:46	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK ----
0100:	1.3056E-07	T	26	44	30	15:36:51	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0101:	1.1975E-07	T	31	57	12	15:36:58	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0102:	1.3771E-07	T	26	38	36	15:37:05	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz

Tabela 4.12: Dados da medição de B

Onde: Mem 092 a 096 \Rightarrow lavando / Mem 097 \Rightarrow desligado = ambiente
 Mem 098 a 102 \Rightarrow centrifugando

4.2.7 Secador de Cabelos

Por ser um aparelho onde o seu uso se faz muito próximo do corpo, principalmente da cabeça, o conhecimento dos níveis de campos eletromagnéticos emitidos por ele são muito importantes.

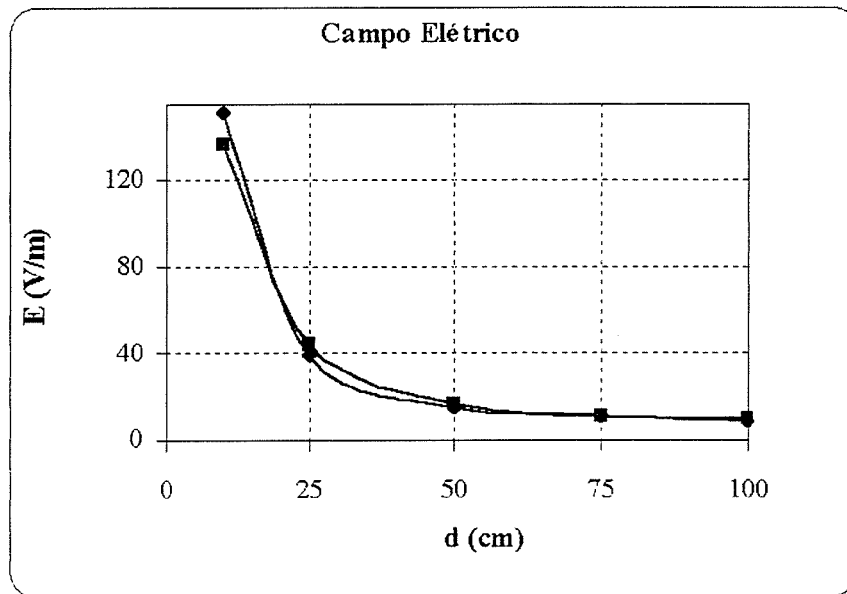


Figura 4.13: Campo Elétrico – Secador de Cabelos

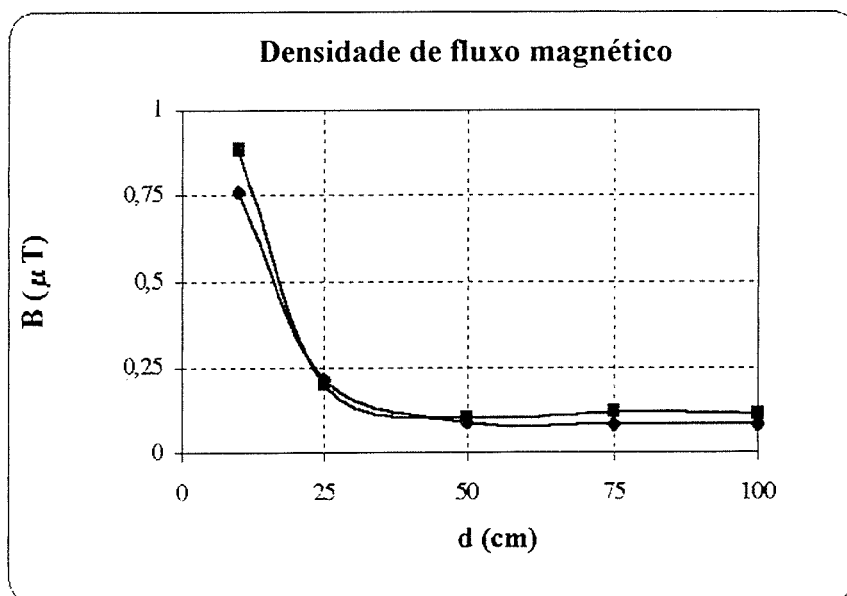


Figura 4.14: Densidade de Fluxo Magnético – Secador de Cabelos

4.2.8 Luminária de Mesa

Utilizada para iluminação direta das mesas, este tipo de lâmpada é geralmente fluorescente e fica muito próxima do usuário. O modelo é uma Ilutec com lâmpada Sylvania 15W. Os gráficos são mostrados nas figuras 4.15 e 4.16, de acordo com as tabelas 4.13 e 4.14.

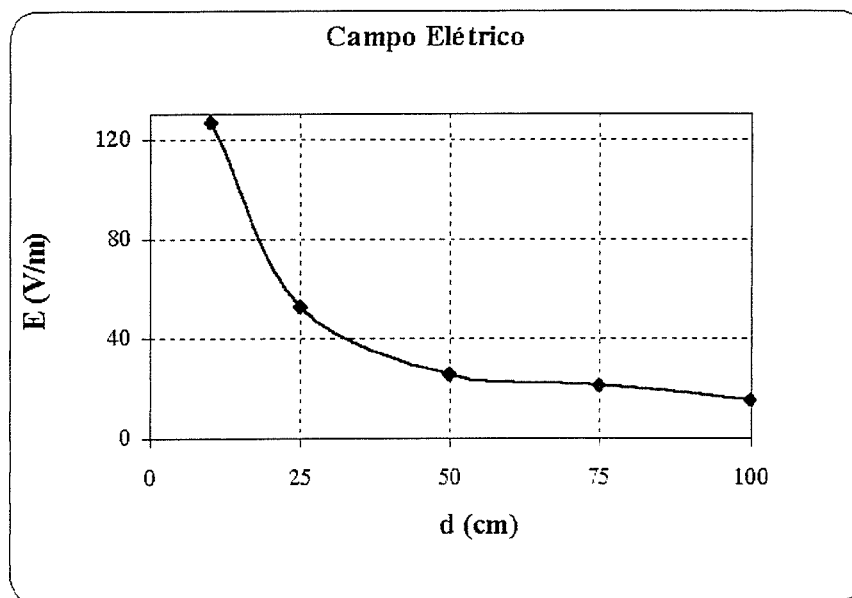


Figura 4.15: Campo Elétrico – Luminária de Mesa

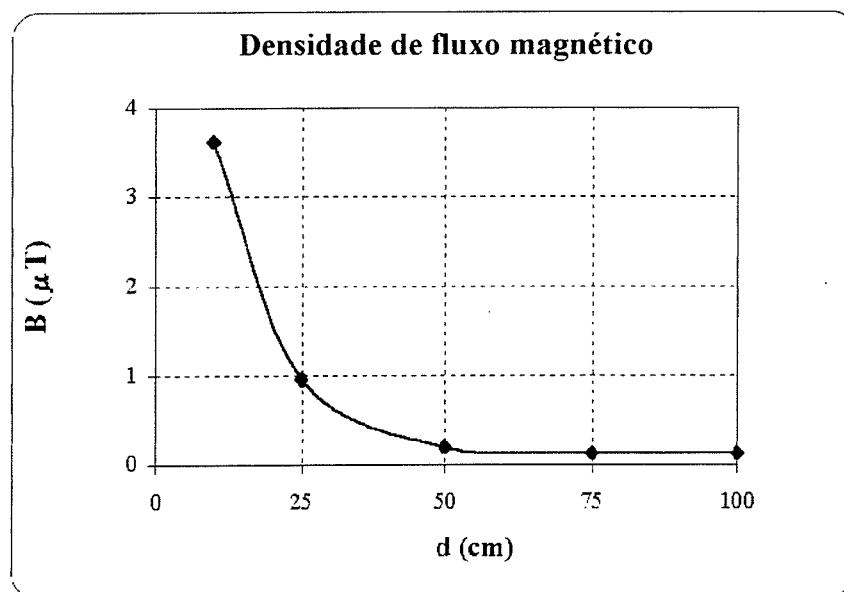


Figura 4.16: Densidade de Fluxo Magnético – Luminária de mesa

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET.	FREQU
0197:	1.2691E+02	V/m	3	8	89	12:13:12	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz
0198:	5.2584E+01	V/m	9	8	83	12:13:29	30Hz..30kHz	PEAK	----
0199:	2.5091E+01	V/m	36	26	38	12:13:45	30Hz..30kHz	PEAK	397Hz
0200:	2.1118E+01	V/m	41	24	35	12:15:17	30Hz..30kHz	PEAK	182Hz
0201:	1.5003E+01	V/m	35	16	49	12:16:14	30Hz..30kHz	PEAK	----
0202:	7.0984E+00	V/m	39	32	29	12:17:16	30Hz..30kHz	PEAK	----

Tabela 4.13: Dados da medição de E

Onde: Mem 197 a 201 \Rightarrow ligada / Mem 202 \Rightarrow desligada = ambiente

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET. FREQU
0194:	3.6339E-06	T	2	50	48	12:09:07	18.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0195:	9.4041E-07	T	2	19	79	12:09:14	18.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0196:	1.8477E-07	T	6	9	85	12:09:19	18.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0197:	1.2256E-07	T	8	70	22	12:09:48	18.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0198:	1.2425E-07	T	7	86	7	12:09:54	18.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz

Tabela 4.14: Dados da medição de B

Onde: Mem 194 a 198 \Rightarrow ligada

4.2.9 Microondas

A praticidade em preparar alimentos, bem como a economia de eletricidade se comparado a um forno convencional torna este equipamento muito comum nos dias de hoje. Durante seu funcionamento são emitidos campos de baixa e alta frequências. As Figuras 4.17 e 4.18 mostram, de acordo com as tabelas 4.15 e 4.16 que, a baixas frequências, os campos emitidos pelo microondas medido, Sharp Carrossel 2, são fracos.

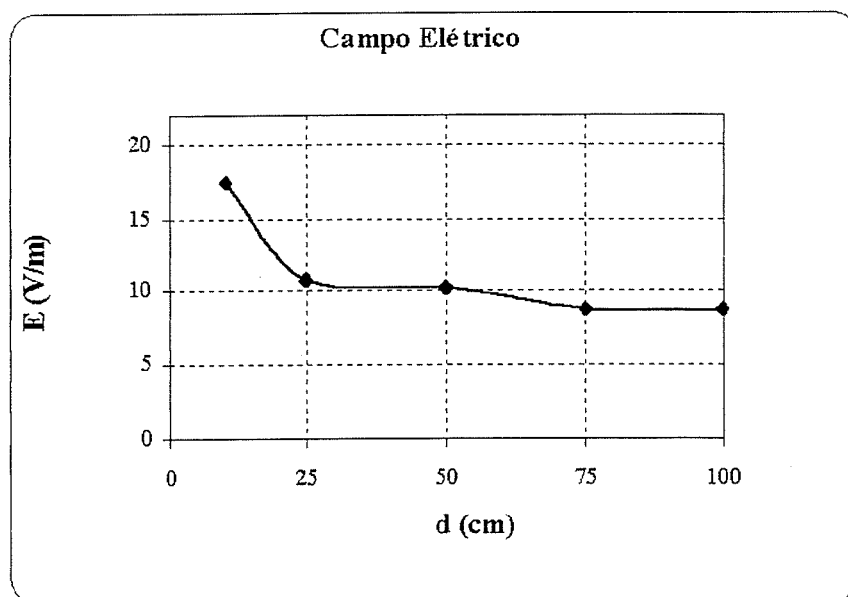


Figura 4.17: Campo Elétrico - Microondas

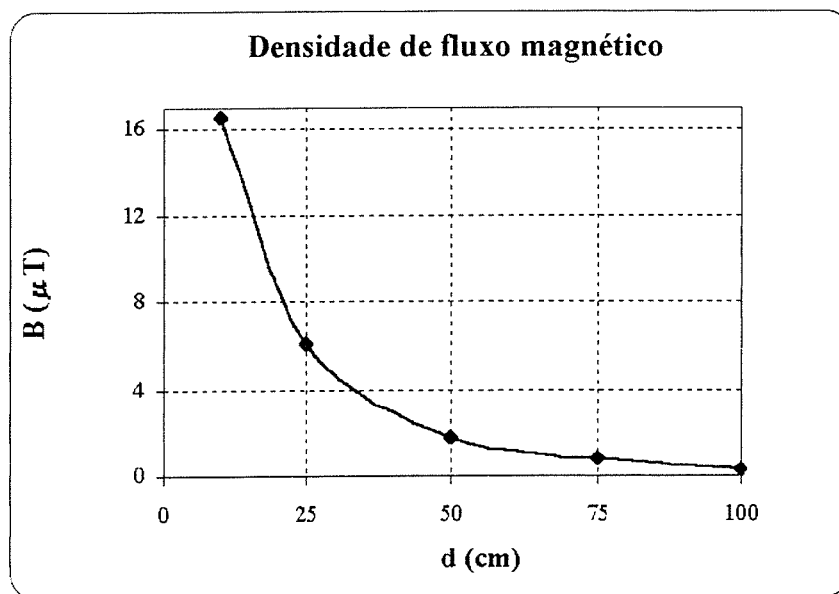


Figura 4.18: Densidade de Fluxo Magnético - Microondas

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET.	FREQU
0228:	1.7469E+01	V/m	75	15	10	14:12:16	30Hz..30kHz	PEAK	667Hz
0229:	1.0804E+01	V/m	54	25	21	14:12:30	30Hz..30kHz	PEAK	4418Hz
0230:	1.0178E+01	V/m	44	30	26	14:12:52	30Hz..30kHz	PEAK	----
0231:	8.7438E+00	V/m	40	36	24	14:13:22	30Hz..30kHz	PEAK	----
0232:	8.5193E+00	V/m	41	29	30	14:16:21	30Hz..30kHz	PEAK	----

Tabela 4.15: Dados da medição de E

Onde: Mem 228 a 232 ⇒ ligado

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET. FREQU
0235:	1.6513E-05	T	4	79	17	14:14:39	19.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0236:	6.0861E-06	T	7	78	15	14:14:43	19.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0237:	1.7816E-06	T	11	78	11	14:14:46	19.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0238:	7.6739E-07	T	15	75	10	14:14:49	19.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0239:	3.3393E-07	T	18	71	11	14:14:55	19.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0240:	9.6748E-07	T	30	2	68	14:19:05	19.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz

Tabela 4.16: Dados da medição de **B**

Onde: Mem 235 a 239 ⇒ ligado / Mem 240 ⇒ desligado = ambiente

4.2.10 Furadeira

A furadeira Bosch GSB10-2, 400W, 1700rpm, 110V é comumente usada tanto em locais de trabalho como em residências. **E** e **B** foram medidos em regime de trabalho com e sem carga (Figuras 4.19 e 4.20). Neste tipo de furadeira observa-se um grande aumento no nível de campo a pequenas distâncias.

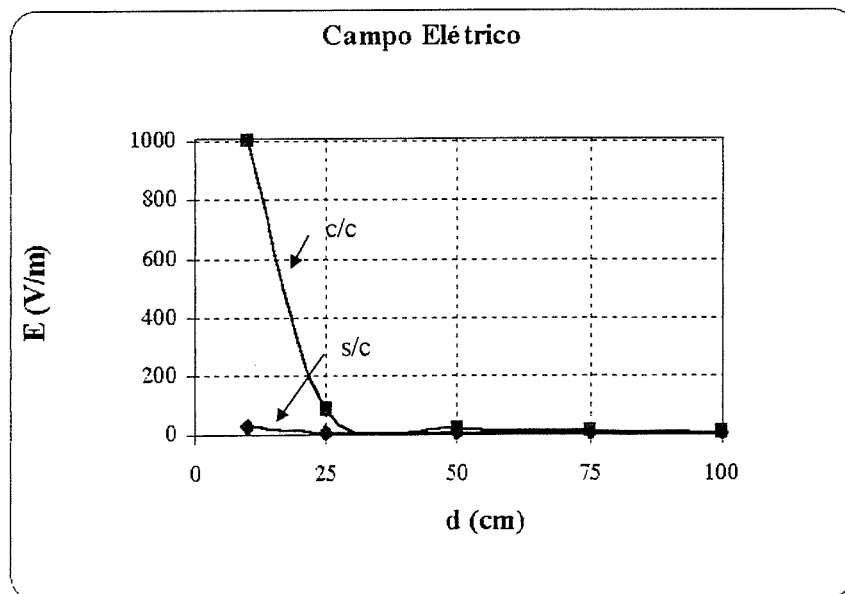


Figura 4.19: Campo Elétrico – Furadeira

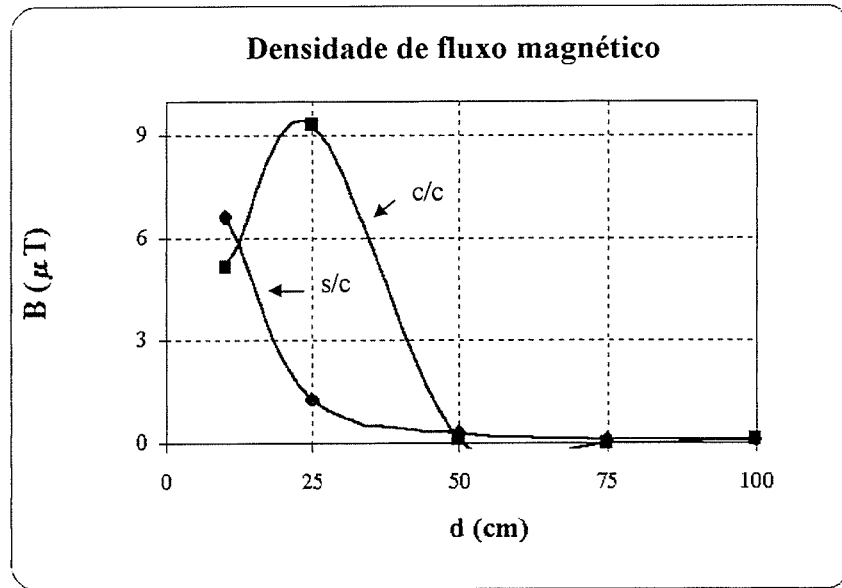


Figura 4.20: Densidade de Fluxo Magnético – Furadeira

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013								
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET. FREQU
0065:	3.2435E+01	V/m	36	39	25	14:43:41	30Hz..30kHz	PEAK 188Hz
0066:	9.0872E+00	V/m	30	36	34	14:43:53	30Hz..30kHz	PEAK ----
0067:	9.5651E+00	V/m	25	49	26	14:44:02	30Hz..30kHz	PEAK 10828Hz
0068:	9.7924E+00	V/m	30	43	27	14:44:14	30Hz..30kHz	PEAK ----
0069:	8.9295E+00	V/m	27	40	33	14:44:50	30Hz..30kHz	PEAK ----
0070:	1.0027E+03	V/m	29	15	56	14:45:24	30Hz..30kHz	PEAK 335Hz
0071:	8.7727E+01	V/m	60	28	12	14:45:49	30Hz..30kHz	PEAK ----
0072:	2.2706E+01	V/m	51	43	6	14:46:07	30Hz..30kHz	PEAK 2264Hz
0073:	1.1448E+01	V/m	48	38	14	14:46:30	30Hz..30kHz	PEAK ----
0074:	8.8684E+00	V/m	31	41	28	14:47:03	30Hz..30kHz	PEAK 13024Hz
0090:	2.2333E+01	V/m	13	62	25	15:20:03	30Hz..30kHz	PEAK 76Hz
0091:	1.3374E+01	V/m	29	43	28	15:20:15	30Hz..30kHz	PEAK 787Hz
0092:	9.2321E+00	V/m	37	36	27	15:20:29	30Hz..30kHz	PEAK ----
0093:	9.4102E+00	V/m	32	47	21	15:20:43	30Hz..30kHz	PEAK ----
0094:	8.2578E+00	V/m	31	43	26	15:21:00	30Hz..30kHz	PEAK 10910Hz

Tabela 4.17: Dados da medição de E

Onde: Mem 065 a 069 ⇒ sem carga / Mem 070 a 074 ⇒ com carga
 Mem 090 a 094 ⇒ desligada

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET. FREQU
0064:	6.6229E-06	T	57	6	37	14:39:37	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0065:	1.2706E-06	T	30	23	47	14:39:44	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0066:	2.9045E-07	T	15	21	64	14:39:52	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0067:	1.3504E-07	T	19	36	45	14:39:59	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 68Hz
0068:	9.9788E-08	T	26	33	41	14:40:07	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 71Hz
0069:	5.1328E-06	T	77	22	1	14:40:22	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0070:	9.3438E-06	T	33	33	34	14:40:29	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0071:	1.2746E-07	T	59	18	23	14:40:37	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 57Hz
0072:	3.3079E-08	T	25	34	41	14:40:45	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 40Hz
0073:	1.1375E-07	T	44	22	34	14:40:53	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0074:	1.1895E-07	T	43	33	24	15:22:39	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 62Hz

Tabela 4.18: Dados da medição de **B**

Onde: Mem 064 a 068 \Rightarrow sem carga / Mem 069 a 073 \Rightarrow com carga
 Mem 074 \Rightarrow desligada

4.2.11 Furadeira de Bancada

Furadeira de grande porte (para cargas mais pesadas) Schulz FSB 5/8, 368W, 1730rpm, 220V. Nas figuras 4.21 e 4.22 observa-se que não há praticamente nenhuma diferença nos valores de campo para os dois regimes de trabalho.

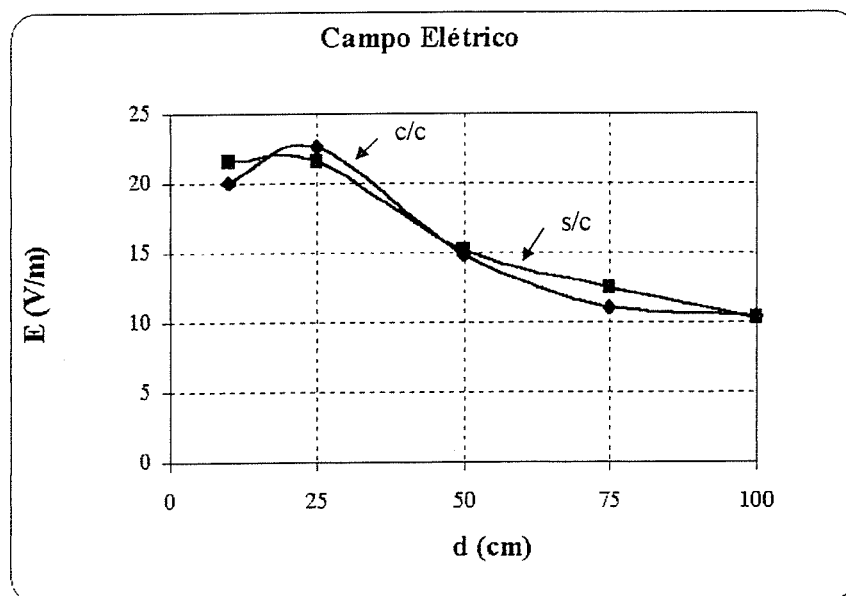


Figura 4.21: Campo Elétrico – Furadeira de Bancada

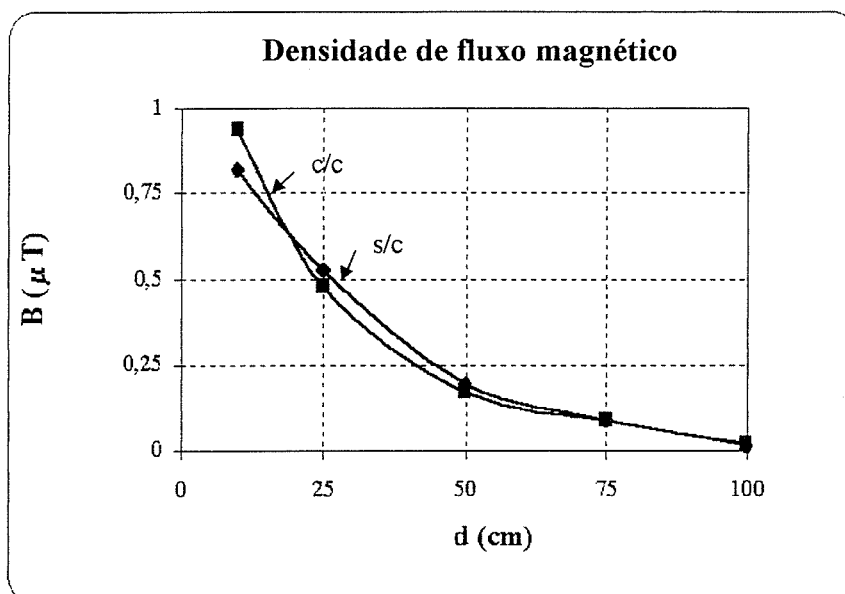


Figura 4.22: Densidade de Fluxo Magnético – Furadeira de Bancada

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET.	FREQU
0075:	2.0073E+01	V/m	18	58	24	15:03:51	30Hz..30kHz	PEAK	215Hz
0076:	2.2582E+01	V/m	20	76	4	15:04:54	30Hz..30kHz	PEAK	----
0077:	1.4793E+01	V/m	20	67	13	15:05:12	30Hz..30kHz	PEAK	483Hz
0078:	1.1032E+01	V/m	20	65	15	15:05:27	30Hz..30kHz	PEAK	1977Hz
0079:	1.0513E+01	V/m	24	58	18	15:05:44	30Hz..30kHz	PEAK	3194Hz
0080:	2.1483E+01	V/m	20	44	36	15:06:52	30Hz..30kHz	PEAK	201Hz
0081:	2.1460E+01	V/m	22	74	4	15:07:15	30Hz..30kHz	PEAK	72Hz
0082:	1.5207E+01	V/m	14	73	13	15:07:34	30Hz..30kHz	PEAK	498Hz
0083:	1.2394E+01	V/m	25	61	14	15:07:53	30Hz..30kHz	PEAK	2204Hz
0084:	1.0357E+01	V/m	20	54	26	15:08:13	30Hz..30kHz	PEAK	2790Hz
0085:	1.4852E+01	V/m	25	47	28	15:08:52	30Hz..30kHz	PEAK	1130Hz

Tabela 4.19: Dados da medição de E

Onde: Mem 075 a 079 ⇒ sem carga / Mem 080 a 084 ⇒ com carga
 Mem 085 ⇒ desligada

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043									
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET. FREQU
0048:	9.4036E-07	T	11	50	39	14:29:00	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0049:	4.8042E-07	T	14	32	54	14:29:30	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 60Hz
0050:	1.7360E-07	T	38	10	52	14:29:49	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 43Hz
0051:	8.5127E-08	T	59	3	38	14:30:09	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 65Hz
0052:	1.9595E-08	T	64	7	29	14:30:33	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 1091Hz
0053:	8.1545E-07	T	11	53	36	14:31:26	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 61Hz
0054:	5.3311E-07	T	12	23	65	14:31:47	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 14Hz
0055:	1.8697E-07	T	33	8	59	14:32:01	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 45Hz
0056:	8.8810E-08	T	45	5	50	14:32:16	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 69Hz
0057:	1.8563E-08	T	52	5	43	14:32:30	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 256Hz
0058:	5.7465E-08	T	44	6	50	14:32:39	10.11.98	30Hz..30kHz	PEAK 71Hz

Tabela 4.20: Dados da medição de B

Onde: Mem 048 a 052 \Rightarrow sem carga / Mem 053 a 057 \Rightarrow com carga
Mem 058 \Rightarrow desligada

4.2.12 Carro

O carro é um ambiente particular onde num pequeno espaço há um grande acúmulo de circuitos, equipamentos e motores elétricos, o que o torna um excelente local para a medição de campos. O sensor de densidade de fluxo magnético foi colocado no banco da frente (ao lado do motorista) e o de campo elétrico no banco de trás de um Corsa.

A figura 4.23 mostra a variação do campo magnético no tempo. Nos tempos 1, 2 e 3 o carro está parado e desligado. Em 4, ligado. De 5 a 13, encontra-se em movimento (esta variação de valores não pôde ser associada a marchas ou velocidade). Em 14, novamente parado e desligado. Os valores encontrados podem ser comparados aos maiores valores encontrados nos eletrodomésticos.

Para **E** não houve variação dentro ou fora do carro. O valor permaneceu sempre por volta de 8V/m.

Fazendo-se uma comparação entre este carro, mais moderno, que possui bateria na frente e injeção eletrônica e um antigo, Fusca, onde a bateria fica debaixo do banco de trás, o valor máximo encontrado para o campo magnético no Fusca, quando este está ligado, é da ordem de $2\mu\text{T}$, ficando bem abaixo dos valores mostrados na Figura 4.23.

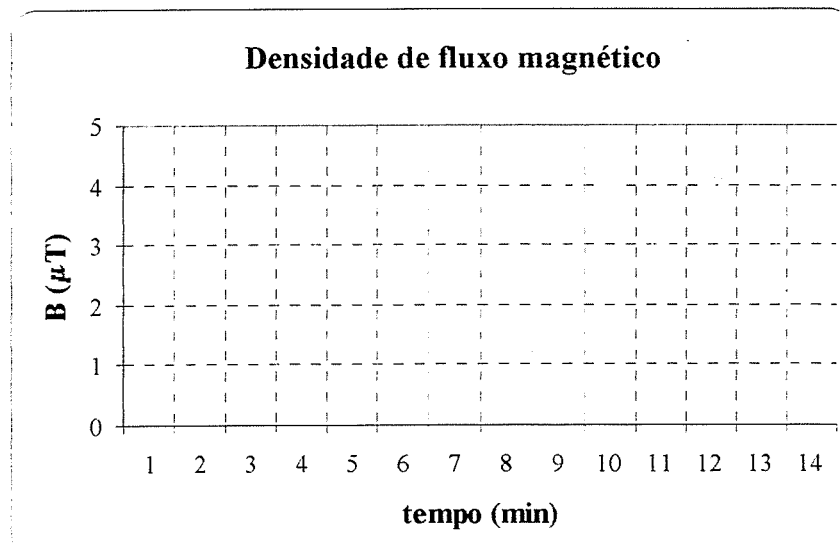


Figura 4.23: Densidade de Fluxo Magnético – Carro

4.2.13 Ambiente (24 horas)

Esta é a única medição feita durante 24 horas seguidas. Foi realizada na sala 203 do CPDEE, onde ficam ligados durante o dia 8 computadores. Os sensores foram colocados em um dos cantos da sala. Os valores de campo elétrico são apresentados na figura 4.24. Na figura 4.25, nota-se uma clara distinção entre o dia e a noite.

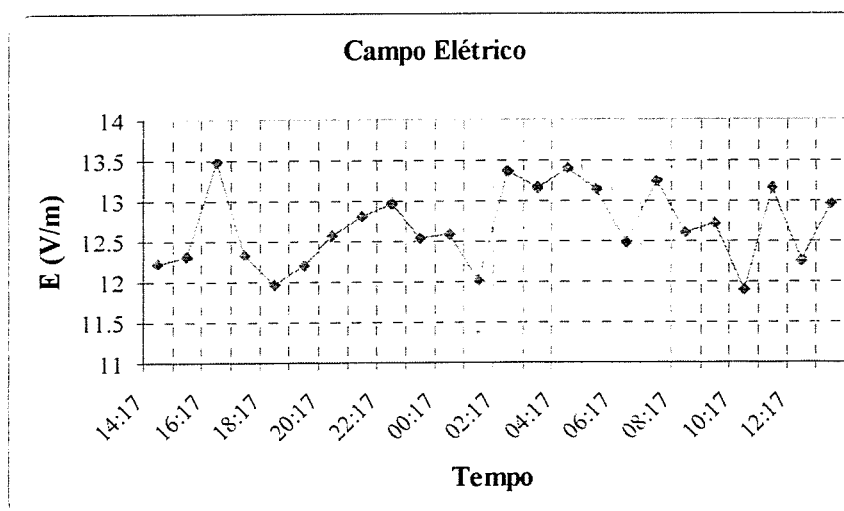


Figura 4.24: Campo Elétrico - Ambiente

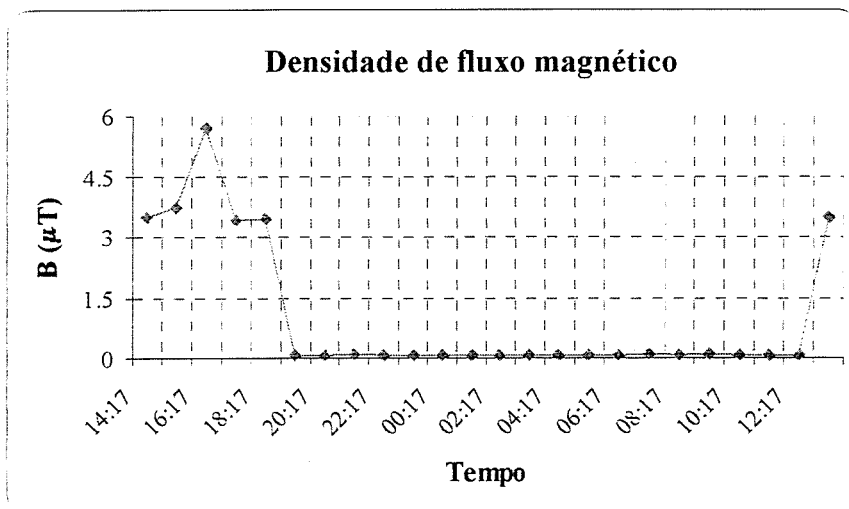


Figura 4.25: Densidade de Fluxo Magnético - Ambiente

4.3 Comparação

Este item tem como objetivo, a comparação dos níveis de **E** e **B** emitidos pelo mesmo tipo de equipamento só que de fabricantes diferentes.

4.3.1 Microondas

Microondas1: Samsung

Microondas2: Sharp

A comparação dos níveis de **E** é mostrada na figura 4.26 e de **B** na figura 4.27.

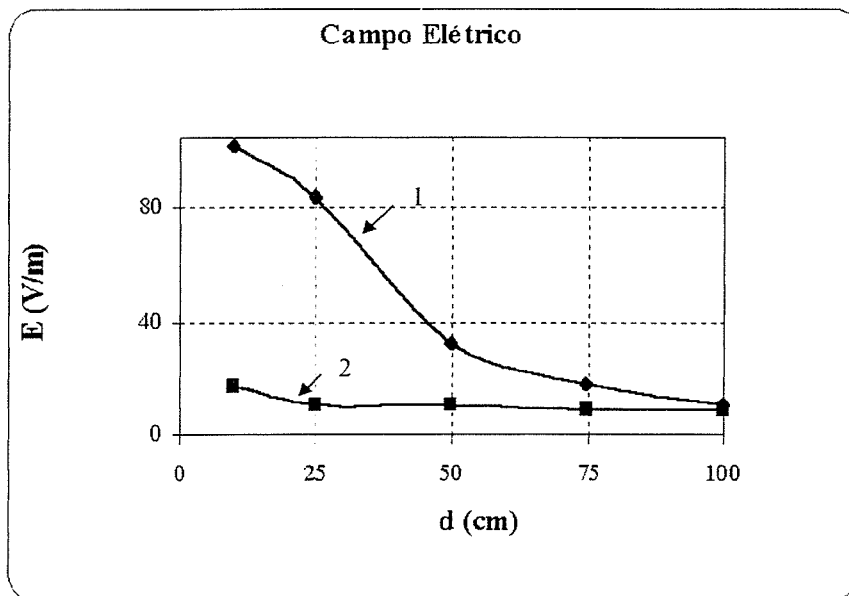


Figura 4-26: Campo elétrico – comparação de microondas

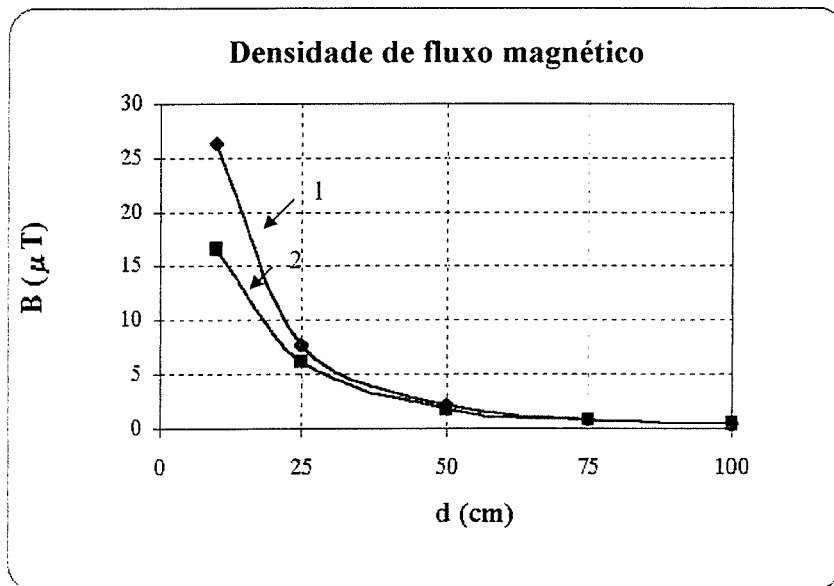


Figura 4-27: Densidade de Fluxo Magnético – comparação de microondas

4.3.2 Luminárias

Luminária1: Ilutec com lâmpada Sylvânia 15W

Luminária2: Ilutec com lâmpada Osram 15W

Luminária3: : Ilutec com lâmpada compacta Chang 9W.

As figuras 4.28 e 4.29 mostram variações significativas dos níveis de campo entre as luminárias. Este aspecto merece atenção especial, uma vez que a marca das luminárias é a mesma, o que muda são seus modelos e também as marcas e potências das lâmpadas (todas as lâmpadas são fluorescentes).

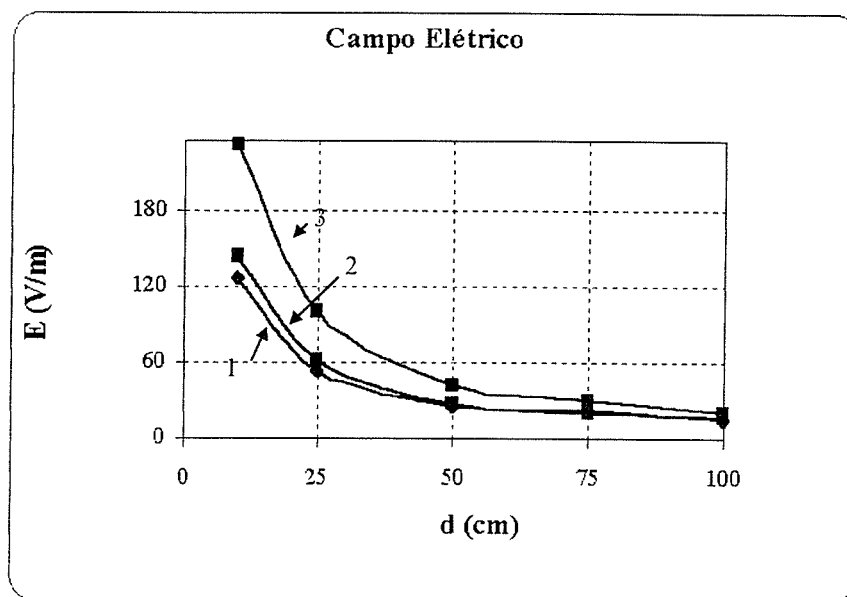


Figura 4-28: Campo elétrico – comparação de lâmpadas fluorescentes

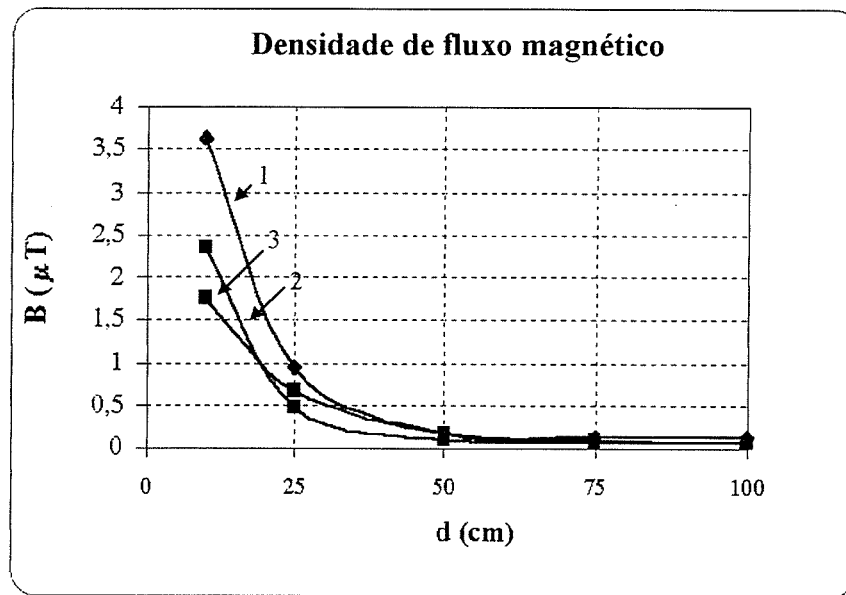


Figura 4-29: Densidade de Fluxo Magnético – comparação de lâmpadas fluorescentes

4.3.3 Televisão

Televisão1: TV 20" Toshiba

Televisão2: TV 29" Gradiente

A figura 4.30 mostra uma variação não muito significativa do E . Na figura 4.31, observamos que B é praticamente o mesmo para os diferentes modelos analisados.

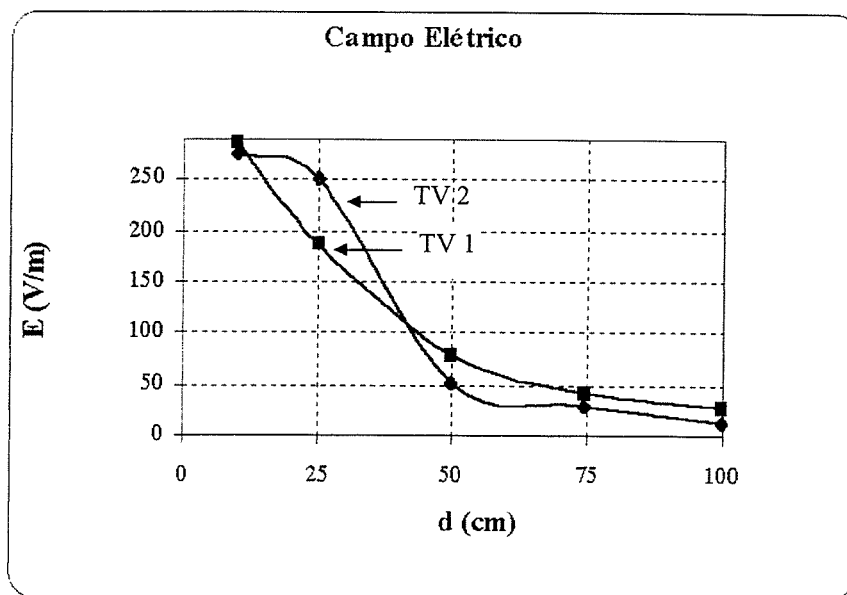


Figura 4-30: Campo elétrico – comparação de televisores

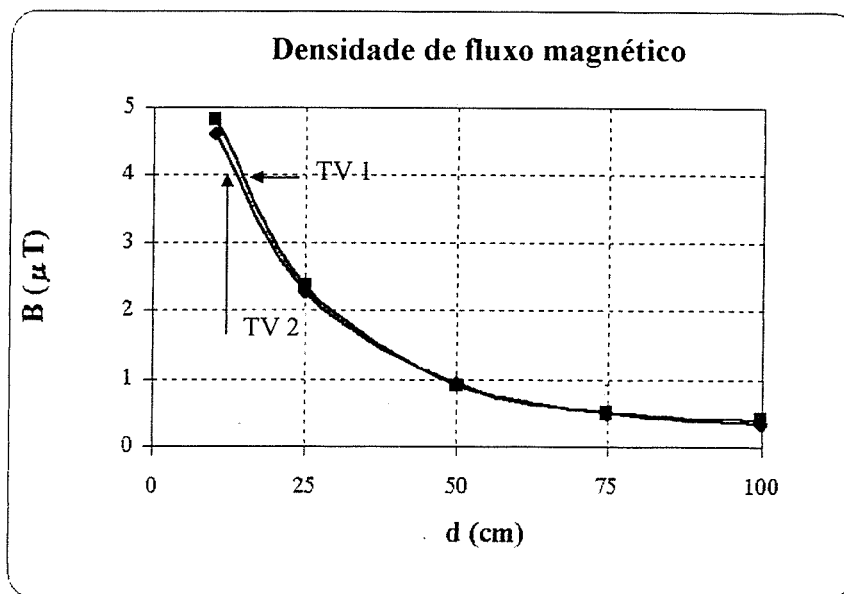


Figura 4-31: Densidade de Fluxo Magnético – comparação de televisores

4.3.4 Linha de Distribuição

Uma medição extremamente simples foi feita com o objetivo de verificar a influência da configuração dos cabos de uma linha nos níveis de campos resultantes emitidos por esta. A linha em questão é trifásica de 13,8kV, subdividida em duas partes, a primeira apresenta os cabos isolados e trançados, enquanto a segunda apresenta os cabos da forma habitual, nus e separados.

Os valores encontrados para os campos elétrico e magnético, logo abaixo de ambas as partes da linha, são dados a seguir:

- Campo Elétrico

Parte 1: 63,5V/m

Parte 2: 92,84V/m

- Densidade de Fluxo Magnético

Parte 1: 0,075 μ T

Parte 2: 0,157 μ T

Estes valores demonstram que a configuração da parte 1 da linha reduz os níveis de campo emitidos em relação à configuração da parte 2.

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / G-0013										
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	FILTER	DET.	FREQU	
0095:	9.2836E+00	V/m	26	48	26	13:22:30	30Hz..30kHz	PEAK	4920Hz	
0096:	6.3522E+01	V/m	2	90	8	13:30:49	30Hz..30kHz	PEAK	60Hz	

Tabela 4.21: Dados da medição de **E**

Onde: Mem 095 \Rightarrow cabos não trançados / Mem 096 \Rightarrow cabos trançados

WANDEL & GOLTERMANN EFA-3 / E-0043										
MEM#	VALUE	U	X	Y	Z	TIME	DATE	FILTER	DET.	FREQU
0079:	7.5164E-08	T	74	11	15	13:24:01	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	----
0080:	1.5699E-07	T	40	39	21	13:28:56	12.11.98	30Hz..30kHz	PEAK	61Hz

Tabela 4.22: Dados da medição de **B**

Onde: Mem 079 \Rightarrow cabos trançados / Mem 080 \Rightarrow cabos não trançados

4.4 Conclusões

Os valores de campo eletromagnéticos encontrados em todos os equipamentos medidos estão bem abaixo dos níveis estabelecidos pelas normas internacionais. Estes níveis baixos encontrados, em conjunto com o baixo tempo de exposição, não constituem, então, preocupação quanto a efeitos prejudiciais à saúde. Apesar disso, sabemos que a densidade de fluxo magnético de $0,5\mu\text{T}$ já causa oscilações na tela de um microcomputador. Vamos supor, por exemplo, que em uma lanchonete, o micro seja colocado a menos de 50cm do forno, irão aparecer, então, oscilações em sua tela.

Dentre os dois tipos de furadeira, era esperado que a furadeira de bancada, por ser de maior porte e funcionar em maior tensão, apresentasse um campo elétrico mais elevado, o que não aconteceu. Isto porque o motor da furadeira de mão é composto de escova/comutador, ocorrendo, assim, faiscamento. Já na furadeira de bancada, isto não ocorre, já que o motor é de indução.

Durante essas medições observou-se que em quase todos os equipamentos, uma grande variação na intensidade de campo elétrico ambiente ocorre mesmo quando este só está ligado à tomada. Uma correta medição de **E** é feita, então, desligando-se os aparelhos próximos para evitar interferência. Este cuidado não é necessário para a medição de **B**, uma vez que o fluxo de corrente só acontece com o equipamento em funcionamento.

Uma constatação muito importante é o decréscimo rápido dos campos com a distância; a 1m eles praticamente desaparecem.

Entre os eletrodomésticos, o maior nível de campo encontrado foi no Grill, um aparelho simples, presente em muitas cozinhas e de uso constante.

Capítulo 5

Conclusões e Sugestões para Próximos Trabalhos

5.1 Conclusões

Os equipamentos eletroeletrônicos, devido às facilidades que proporcionam, vêm ocupando, a cada dia, mais espaço nos ambientes domésticos, comerciais e industriais. Estes, além das ondas de rádio, telefonia celular, comunicação via satélite, etc., estão fazendo com que o ambiente fique a cada dia mais poluído eletromagneticamente. Isto se verifica nas proximidades destes equipamentos e/ou como um todo.

Os possíveis danos provocados à saúde por esta exposição cada vez maior a campos eletromagnéticos são objeto de estudo pela comunidade científica a vários anos. Já é aceito que, de alguma forma, estes campos influenciam o organismo humano. A divulgação de algumas notícias deste cunho, pela imprensa, vem alertando e preocupando também a população.

Este consenso fez surgir normas internacionais que estabelecem a intensidade e o tempo máximo de exposição (devido às dificuldades na obtenção direta dos valores da densidade de corrente induzida) a estes campos de acordo com a frequência da fonte. Isto porque quanto maior a energia que a partícula carrega, mais graves os danos provocados (radiação ionizante e não-ionizante). As normas estabelecem como parâmetros as intensidades dos campos elétricos e magnéticos externos e a densidade de potência.

Cogita-se efeitos que vão desde vertigens e redução da taxa cardíaca até esterilidade e câncer, entre outros.

Alguns destes efeitos, quando constatados por algum pesquisador, são colocados em dúvida, já que os resultados são obtidos por estatísticas e podem ter, como causas prováveis, outros fatores tais como stress, pré disposição genética ou fatores sócio-econômicos. Não se pode concluir então, através apenas de dados superficiais, por exemplo, que os campos emitidos por uma linha de transmissão, sejam os responsáveis pelo aparecimento de câncer nos moradores de suas proximidades. Para isto, é necessário, um profundo conhecimento do interior do corpo humano e de como estes campos interagem nele.

Antes de dar início às medições, deve-se ter em mente, que o campo elétrico é função direta da tensão. Por isto o equipamento precisa somente estar energizado (conectado à tomada) para emitir E . Este fato foi também constatado durante as medições realizadas, ao observar que o campo elétrico ambiente próximo a qualquer aparelho sofre alteração ao se desligar a tomada. Então, mesmo que os aparelhos não estejam em funcionamento, para uma correta medição de E ambiente ou de um equipamento específico, deve-se desconectar da tomada todos os outros da proximidade para que não haja interferência.

Já o campo magnético é uma função direta da corrente, não importando quantos ou quais equipamentos estão energizados nas proximidades. Ao se ligar o equipamento que se deseja medir, o campo registrado será somente dele e do ambiente. Fazer a subtração do valor deste campo ambiente é suficiente para se obter o campo do equipamento, uma vez que os valores dados pelo sensor já são resultado de todas as direções.

Os valores de E e B encontrados nas medições estão muito abaixo dos valores pré-estabelecidos pelas normas internacionais, assim, pode-se dizer que os aparelhos eletrodomésticos pesquisados não podem ser caracterizados como possíveis causadores de danos à saúde. Resta-nos, então, saber até que ponto estas normas são confiáveis, uma vez que alguns autores contestam estes valores.

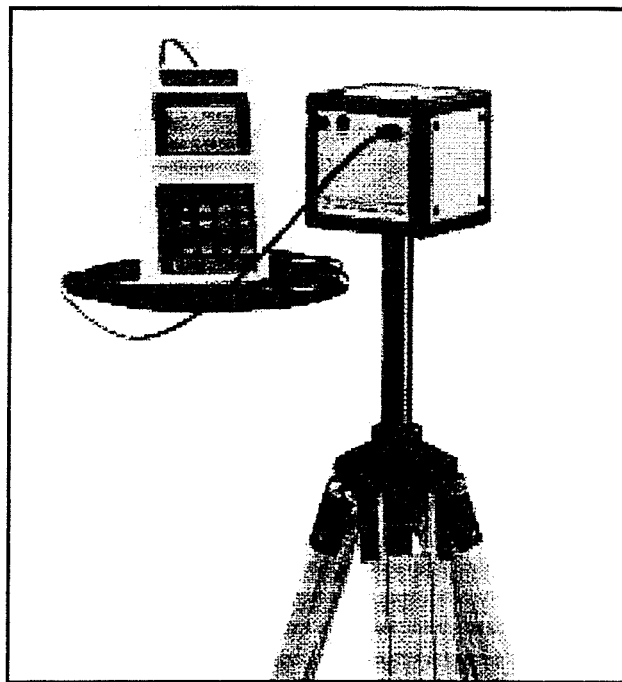
5.2 Sugestões para Próximos Trabalhos

Este trabalho procurou dar uma visão geral de todos os aspectos que englobam os campos eletromagnéticos emitidos que estão presentes no ambiente. Os procedimentos necessários para uma correta calibração devem ser estudados para que se tenha o domínio desta técnica e se possa calibrar os equipamentos de baixa frequência.

O mapeamento dos campos eletromagnéticos emitidos por aparelhos eletrodomésticos deve ser feito se possível, dentro de uma câmara semi-anecóica e em diferentes direções para se obter com precisão estes níveis de campo.

O campo ambiente nas residências deve ser mapeado 24 horas para se observar as mudanças durante todo o dia. Devem ser analisados apartamentos e casas para se observar qualquer tipo de mudança.

Apêndice



A figura acima mostra o EFA-3, da Wandel & Goltermann. À esquerda temos o instrumento principal (que também é o sensor de **B**) e à direita, no tripé, o sensor de **E**.

O instrumento principal vem com ponta interna para medição de **B**; nas medições realizadas neste trabalho, usou-se uma ponta externa, de área = 100 cm^2 , acoplada a ele para aumentar a precisão das medidas.

O acoplamento entre o instrumento principal e o sensor de **E**, como mostrado na figura, através de fibra ótica, só se faz necessário para visualização dos valores medidos de **E**.

Bibliografia

[01] http://www.mcw.edu/gcrc/cop/static-fields-cancer-FAQ_toc.html. "Static Electric and Magnetic Fields and Cancer".

[02] http://www.mcw.edu/gcrc/cop/static-fields-cancer-FAQ_toc.html. "Powerlines & Cancer FAQs".

[03] "Precision Measurement Technology for Safety in Electromagnetic Fields". *Revista. Wandel & Goltermann*.

[04] (1984) "Extremely Low Frequency (ELF) Fields". *Relatório Técnico*. World Healthy Organization. Geneva.

[05] Zipse, D. W. (1993) "Health Effects of Extremely Low-frequency (50- and 60-Hz) Electric and Magnetic Fields". *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 29, no 2, pp.447-458, March/April.

[06] Plante M. (1994) "Cancer and Carcinogenicity Assessment". Cigré Panel 1-02, 28 August – 3 September, Paris.

[07] Graves, H. B.; Carter, J. H.; Kellmel D.; Coopre, L. (1978) "Perceptibility and Eletrophysiological Response of Small Birds to Intense 60Hz Electric Fields". *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, vol PAS-97, no 2.

[08] Wertheimer, N.; Leeper, E. (1979) "Electrical Wiring Configurations and Childhood Cancer". *American Journal of Epidemiology*, vol 109, pp.273-284.

[09] Zemann, E.; Frei, S.; Jank, S.; Kalkner, W. (1995) "Investigations of Exposition to Low Frequency Magnetic Fields". *Ninth International Symposium on High Voltage Engeneering*.

- [10] Cristescu, D.; Conecini, I.; Munteanu, D. J.; Gary, C. (1996) "Survey on the Health of Workers in Romanian 400-750kV Substations and Lines Exposed to Electric and Magnetic Fields". Cigré Report 36-102.
- [11] "Magnetic Fields and Cancer in People Residing Near Swedish High Voltage Power Lines". Gotab tryckeri, Stockholm.
- [12] Jacobs, P. D.; Dietrich, F. M. (1994) "Measurements of Transmission Line Electric Fields in a Residential Environment". IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-103, no 8, August.
- [13] Nicolini, P. (1996) "Checking Compliance of Occupational and Residential Exposure to 50Hz Electric and Magnetic Fields with European Standards". *International Symposium on Electromagnetic Compatibility, September 17-20, Rome, Italy.*
- [14] Köhler, W. (1995) "Measurement and Calculation of Low Frequency Electric and Magnetic Fields". *Ninth International Symposium on High Voltage Engineering.*
- [15] Manual de Operação do Sensor EFA-3. Wandel & Goltermann.
- [16] (1996) "Medição de Campo Elétrico a Frequência Industrial". *Primeiro Projeto de Norma (NBR IEC 833)*. Comissão de Estudo de Técnicas de Ensaios Elétricos de Alta Tensão, Agosto.
- [17] Köhler, W. (1996) "Calibration of Low Frequency Electric and Magnetic Fields Probes". *International Symposium on Electromagnetic Compatibility, September 17-20, Rome, Italy.*
- *[18] Pretorius, P. H. (1996) "An Attempt to Quantify the suggested Risk Associated with Power Frequency Magnetic Field Exposure". Cigré.
- *[19] Sussman, S. S. (1994) "EMF Exposure Assessment". Cigré Panel 1-04, 28 August – 3 September, Paris.
- *[20] Conti, R; D'ajello, L.; Nicolini, P. (1996) "Enel's Experience in Assessing Occupational and Residential Exposure to Power Frequency Electric and Magnetic Fields". Cigré Report 36-104, Rome, Italy.

*[21] Tsanakas, D.; Tsalemis, D.; Agoris, D.; Vojazakis, J. (1994) "Optimum Arrangements of the Phase Conductors of Overhead Transmission Lines for the Magnetic Field Minimization". *Cigré Panel 36-101*, 28 August – 3 September, Paris.

*[22] Pretorius, P. H. (1994) "Assessment of the Historical Magnetic Field Dosages Received by Eskom's Live Maintenance Personnel and the Significance Thereof". *Cigré Panel 36-103*, 28 August – 3 September, Paris.

*[23] Wilson, A T.; Owen, R. J.; Dovan, T. (1994) "Historical Variations of Residential Power Frequency Magnetic Fields". *Cigré Panel 36-102*, 28 August – 3 September, Paris.