



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GCQ - 09
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

GRUPO XIII

GRUPO DE ESTUDOS DE INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DE ENERGIA - (GCQ)

CARACTERIZAÇÃO DE CAMPOS MAGNÉTICOS EM AMBIENTES INDUSTRIAIS, URBANOS E RESIDENCIAIS

Luís Adriano Domingues*

Victor Hugo G. Andrade

Carlos R. N. Barbosa

Roberto Farizele

Athanasio M. Neto

Paulo Roberto Oliveira

CEPEL

FURNAS

RESUMO

Neste IT são apresentados resultados de medições de campos magnéticos em diversos ambientes e situações, visando caracterizar os níveis de campo magnético a que está exposta a população em situações cotidianas, residenciais, de locomoção, trabalho e lazer.

PALAVRAS-CHAVE

Campos eletromagnéticos – Equipamentos – Linhas de Transmissão

1. INTRODUÇÃO

O recente ressurgimento de preocupações com possíveis efeitos de campos eletromagnéticos gerados por instalações de geração e transporte de energia elétrica vem causando diversos problemas às empresas do Setor Elétrico. Muitas ações vêm sendo propostas judicialmente, na maioria dos casos requerendo embargo à operação de instalações, em outros solicitando indenizações. Nestas situações geralmente há prejuízo à operação normal da empresa, custos decorrentes da mobilização necessária a uma resposta adequada, e provável desgaste com comunidades em decorrência das discussões envolvidas.

Nos últimos anos observa-se que essa preocupação se espalhou, atingindo segmentos do Setor de Saúde Pública e do Ministério Público, que aparentemente vêm trabalhando com informações parciais, sobretudo baseadas em notícias alarmistas e opiniões de alguns poucos profissionais que defendem propostas extremamente restritivas baseadas em probabilidades de risco extremamente baixas.

Em qualquer caso, independentemente da avaliação que se faça do mérito dessas preocupações, cabe às empresas do Setor fornecer informações qualificadas sobre as condições operativas das instalações, valores dos campos, níveis de segurança observados, etc. Neste contexto é essencial que o Setor Elétrico desenvolva ações de comunicação efetiva, dirigidas às comunidades e associações de moradores, e também aos profissionais das áreas de Saúde, Ministério Público, e Legislativo. Nessas ações é importante registrar:

- O histórico destes problemas no Brasil e no mundo, inclusive mostrando como, na grande maioria dos países se equacionou o problema e se acalmou as preocupações;

- O alto padrão técnico dos projetos executados no Brasil, inclusive a preocupação rígida com aspectos envolvendo segurança pessoal, e o atendimento impreterível a normas rígidas de projeto e construção;
- O quadro atual relativo a níveis de exposição presentes nos ambientes e o quadro de alternativas tecnologicamente viáveis para modificá-los, embasando qualquer análise criteriosa de custo-benefício que se pretenda desenvolver.

Neste IT apresentam-se resultados de um Projeto de Pesquisa em curso, no qual se quantificam, através de medições e modelos de cálculo, os níveis de campos magnéticos, em 60 Hz, presentes em ambientes urbanos, industriais, residenciais e nas vizinhanças de instalações elétricas. Foram feitas medições em Instalações em operação (linhas de transmissão, distribuição e subestações), residências, hospitais, metrô, indústrias, shoppings, etc.

Inicialmente mostra-se que as técnicas e ferramentas de projeto atualmente utilizadas nas empresas são de elevada precisão e confiabilidade, fornecendo resultados bem aderentes aos valores observados na realidade. Esta constatação é importante em muitos casos onde há questionamento aos empreendimentos na fase de construção, onde em princípio não se pode recorrer a medições para assegurar os valores que serão verificados em operação normal.

Os resultados apresentados compõem um quadro abrangente dos padrões de exposição existentes nos ambientes atuais e permitem diversas análises e comparações úteis e significativas com os valores de limites e critérios que vêm sendo discutidos. A massa de medições realizadas permitiu efetuar algumas análises sobre valores cumulativos de exposição a diferentes intensidades de campos eletromagnéticos em diferentes situações e tipos de atividades.

Mostra-se que os valores praticados nas instalações em operação no Brasil estão, na maioria dos casos, nas faixas mais baixas de intensidades de campo presentes nas situações registradas, representando áreas de baixa incidência, para qualquer critério científico que se adote.

2. LOCAIS E AMBIENTES ALVO DO PROJETO DE MEDIÇÕES DE CAMPO MAGNÉTICO

Com o objetivo de cobrir uma gama de locais que pudessem caracterizar situações do cotidiano de uma cidade, foram selecionados os seguintes locais para a primeira fase do projeto de medições de campo magnético:

- Residências: as medições foram realizadas em três apartamentos residenciais localizados em diferentes bairros da cidade do Rio de Janeiro;
- Shopping Center;
- Estação de Metrô;
- Escritório: foi selecionado o escritório de uma empresa de engenharia pela maior diversidade de equipamentos eletro-eletrônicos aí presentes;
- Hospital: as medições foram efetuadas no Centro Cirúrgico de um Hospital, inclusive durante a realização de procedimentos cirúrgicos;
- Linhas de transmissão: para efeito de comparação são apresentados resultados (valores médios e máximos) obtidos num projeto destinado ao levantamento dos níveis de campo elétrico e magnético presentes nas vizinhanças de instalações de transmissão na faixa de 138 kV – 750 kV.

3. METODOLOGIA

Nas medições realizadas foi seguido os procedimentos descritos a seguir:

Locais públicos (hospital, shopping center, metrô e escritório): Nestes locais foram utilizados dosímetros para a medição de campo magnético. Para cada um dos locais citados anteriormente, foi feita a dosimetria de campo magnético em várias situações usuais. Um segundo dosímetro também foi sempre utilizado, colocado no cinto do técnico da equipe, para medir do início ao fim em cada um dos três locais, o nível de campo magnético que a equipe de medição esteve exposta nestes ambientes.

Residências: As medições de campo magnético, nos ambientes residenciais, foram feitas de acordo com a seguinte metodologia:

- Campo magnético ambiente:
Em cada cômodo da residência foi avaliado o campo magnético com todos os eletrodomésticos desligados. Foi ainda avaliado se a iluminação dos ambientes influenciava o resultados das medições e em nenhum cômodo da residência este fato ocorreu.
- Campo magnético próximo ao eletrodoméstico:
Foi avaliado o valor do campo magnético ao redor do eletrodoméstico, próximo ao mesmo, sendo que somente foi avaliada a situação que ocorre no dia a dia do morador da residência. Assim, por exemplo, não

foi medido o valor do campo magnético perto do compressor de uma geladeira, reconhecidamente alto, e sim, na sua frente e laterais, situação a que o morador está exposto normalmente.

- Campo magnético em situação normal de uso do eletrodoméstico:

Foi ainda medido o valor do campo magnético a que está exposta a população no uso normal dos eletrodomésticos. Ao ligar um microondas, a mão do usuário estará exposta ao campo magnético gerado pelo painel de controle do mesmo, mas, quando a pessoa se afasta para observar se o eletrodoméstico está funcionando perfeitamente, ela estará a uma distância superior.

Linhas de transmissão: Foram realizadas medições ao longo de perfis transversais ao eixo da linha e em diversos pontos no limite da faixa de passagem, além de dosimetria em situações de trabalho de profissionais das empresas de transmissão.

4. INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA

O CEPEL utilizou os seguintes instrumentos para a realização das medições:

- EFM 130 Electric and Magnetic Field, da Electric Field Measurements Co., composto de:
 - EFM 139 Multimeter Display
 - EFM 140 Magnetic Field Sensor
- Dosímetro de campo magnético EMDEX II da ENERTECH

Todos os instrumentos são calibrados pelo Laboratório de Calibração do CEPEL, credenciado pelo INMETRO, e fotos dos mesmos podem ser observadas nas figuras 1 e 2.

5. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A seguir são apresentados, na forma de tabelas, os principais resultados das medições de campo magnético nos diferentes locais:

Residências

TABELA 1 – Resumo das medições de campo magnético em residências

APARELHO	CAMPO MAGNÉTICO (mG)			OBSERVAÇÕES
	AMBIENTE	PRÓXIMO	NORMAL	
AR CONDICIONADO	2,0	45,1	5,1	7500 BTU. Medição na frente do aparelho. Pessoa próxima ao aparelho aproximadamente a 1,00 / 1,50 metros.
TELEVISÃO	0,9	8,8	0,9	20 polegadas. Potência de 95 Watts. Medição próximo a tela. Pessoa sentada assistindo a TV aproximadamente a 1,50 metros da tela.
TELEVISÃO	0,9	38,3	0,9	25 polegadas. Potência de 95 Watts. Medição próximo a tela. Pessoa sentada assistindo a TV aproximadamente a 1,80 metros da tela.
COMPUTADOR	1,0	12,7	1,0	Pentium IV 1.6 GHz (fonte de 600 Watts) / Monitor 15" / Impressora jato de tinta - Todos ligados. Pessoa sentada aproximadamente a 0,60 metros do conjunto.
APARELHO DE SOM	2,0	6,0	1,5	Rádio / CD / Fita cassete - Todos ligados. Potência de 120 Watts. Pessoa a uma distância de 0,20 / 0,30 metros do aparelho.
MICROONDAS "STANDBY"	2,5	Painel - 70,0 Máximo - 100,1	2,5	Potência de 700 Watts. Medição realizada com o aparelho desligado.
MICROONDAS "LIGADO"	2,5	Painel - 524,0 Máximo - 590,4	27,0	Potência de 700 Watts. Medição na posição normal a 0,20 / 0,30 metros do aparelho.
FAÇA ELÉTRICA	3,0	1217,6	1217,6	Potência de 100 Watts. Medição na posição perto considerada como normal.
LIQUIDIFICADOR	3,0	536,0	36,0	Potência de 350 Watts. Medição do máximo no entorno do mesmo. Pessoa a uma distância de 0,20 / 0,30 metros do aparelho.
BATEDEIRA	3,0	568,0	568,0	Potência de 200 Watts. Medições na alça do aparelho.

APARELHO	CAMPO MAGNÉTICO (mG)			OBSERVAÇÕES
	AMBIENTE	PRÓXIMO	NORMAL	
MICROONDAS "LIGADO"	2,5	Painel - 524,0 Máximo - 590,4	27,0	Potência de 700 Watts. Medição na posição normal a 0,20 / 0,30 metros do aparelho.
FAÇA ELÉTRICA	3,0	1217,6	1217,6	Potência de 100 Watts. Medição na posição perto considerada como normal.
LIQUIDIFICADOR	3,0	536,0	36,0	Potência de 350 Watts. Medição do máximo no entorno do mesmo. Pessoa a uma distância de 0,20 / 0,30 metros do aparelho.
BATEDEIRA	3,0	568,0	568,0	Potência de 200 Watts. Medições na alça do aparelho.
TORRADEIRA	3,0	75,9	8,5	Potência de 800 Watts. Medição do máximo no entorno do mesmo. Medição na posição normal a 0,20 / 0,30 metros do aparelho.
GELADEIRA	3,5	15,3	3,5	Capacidade de 340 litros. Medições na frente e lateral do aparelho, porta aberta e fechada. Medição na posição normal a 0,20 / 0,30 metros do aparelho.
DEPURADOR DE AR	3,0	4,6	4,0	Potência de 240 Watts. Medição na posição normal na altura do rosto do usuário.
LAVA LOUÇA	3,5	1348,8	145,30	Potência de 160 Watts (sem uso da resistência). Medições na frente e lateral do aparelho. Medição na posição normal a 0,30 metros do aparelho.
SECADOR DE CABELO	0,8	1192,0	1192,0	Potência de 1800 Watts. Medição na posição perto considerada como normal.
FERRO ELÉTRICO	3,0	168,7	168,7	Potência de 1000 Watts. Medição na posição perto considerada como normal.
LAVADORA DE ROUPA	3,0	Painel - 70,5 Frente - 3,0	Painel - 70,5 Frente - 3,0	Potência de 400 Watts. Modo de centrifugação. Medição na posição perto considerada como normal.
DECODIFICADOR DE TV "STANDBY"	0,9	315,2	0,9	Potência de 14 Watts. Medição na posição normal a 1,80 metros do aparelho.
DECODIFICADOR DE TV "LIGADO"	0,9	449,6	0,9	Potência de 20 Watts. Medição na posição normal a 1,80 metros do aparelho.
VENTILADOR	0,9	395,2	7,0	Potência de 40 Watts. Medição do máximo no entorno do mesmo. Medição na posição normal a 0,20 / 0,30 metros do aparelho.
BARBEADOR ELÉTRICO	0,9	1113,6	1113,6	Medição na posição perto considerada como normal.
SECADORA DE ROUPAS	0,4	139,2 (Painel)	139,2 (Painel)	Potência de 1400 Watts. Medição na posição normal na altura do rosto do usuário.
LAVADORA DE ROUPAS	0,4	Painel - 5,0 Frente - 22,2	Painel - 5,0 Frente - 22,2	Potência de 660 Watts. Modo de centrifugação. Medição na posição perto considerada como normal.
ASPIRADOR DE PÓ	0,4	Alça - 540,0	0,4	Potência aproximada de 1300 Watts. Medição na posição normal a 1,00 metro do aparelho.

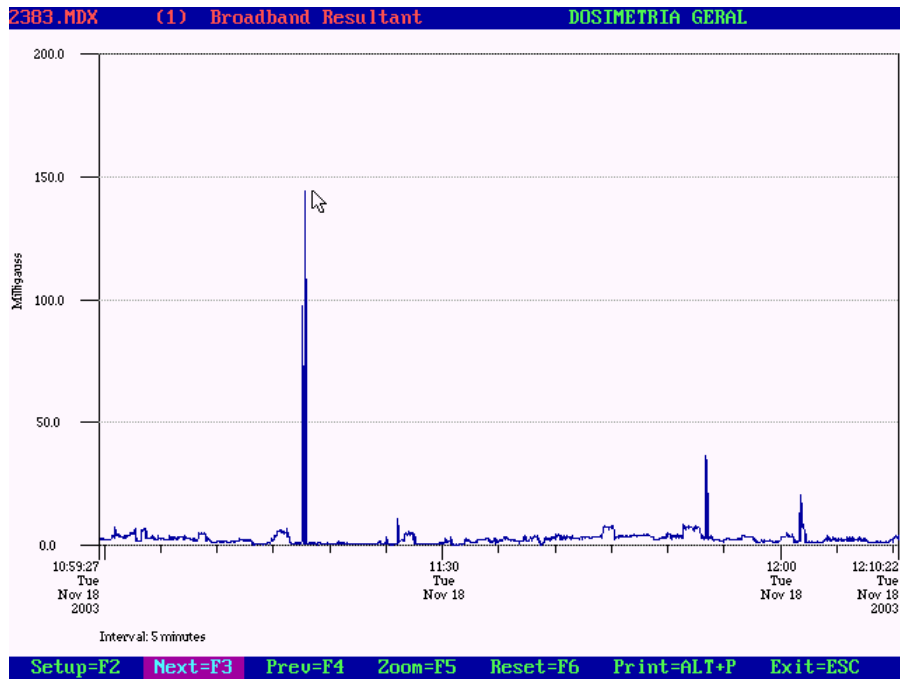


FIGURA 1 - Resultado da dosimetria de campo magnético no cinto do técnico ao longo do período de medição Hospital – Centro Cirúrgico

TABELA 2 – Resumo das medições de campo magnético no Centro Cirúrgico de um Hospital

LOCAL	CAMPO MAGNÉTICO (mG)		
	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
CENTRO CIRÚRGICO			
Corredores e salas de apoio às salas cirúrgicas	0,42	7,41	54,10
Sala de cirurgia vazia	6,10	12,97	22,50
Sala de cirurgia geral	0,94	4,38	13,47
Aparelho de raio x da sala de cirurgia geral	0,25	7,44	13,75
Sala de cirurgia oftalmológica	0,49	1,32	9,74
Microscópio	0,62	1,59	3,96

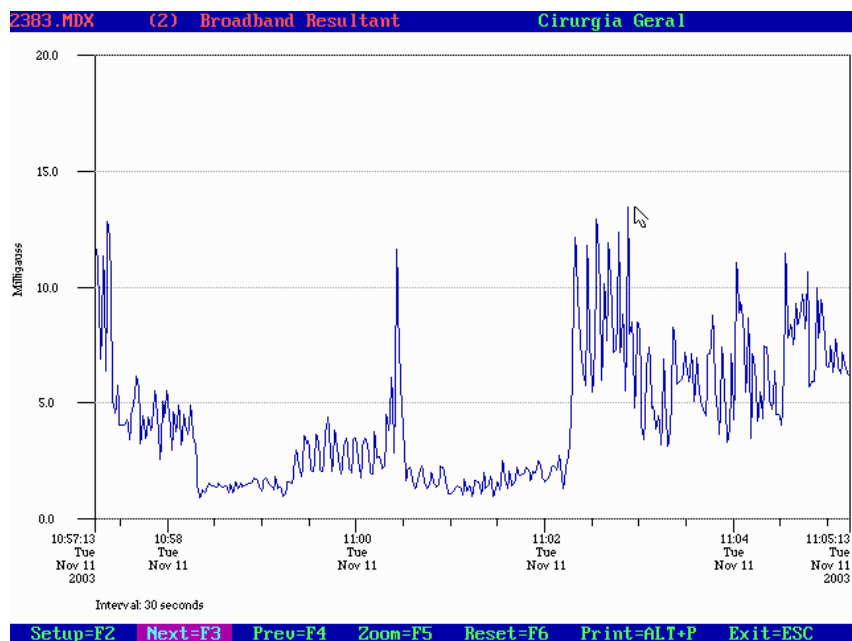


FIGURA 2 - Dosimetria de campo magnético na sala de cirurgia geral
Locais Públicos (Shopping Center, Metrô, Escritório)

TABELA 3 - Resumo dos valores de campo magnético medidos nos locais públicos

LOCAL	CAMPO MAGNÉTICO (mG)		
	MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
Obs: [*] – locais de acesso restrito	METRÔ		
Bilheteria e área de acesso às plataformas	0,14	0,70	1,93
Plataforma Via A	0,14	1,80	12,39
Plataforma Via B	0,31	4,22	42,50
Subestação [*]	0,72	51,02	296,00
Tunel de acesso à casa de bombas [*]	0,67	4,14	62,50
	SHOPPING CENTER		
Área de circulação do 3º andar	0,77	2,20	5,26
Praça de alimentação - 3º andar	0,26	1,01	2,39
Escada rolante - Acesso do 2º para o 3º andar	0,31	0,74	1,11
Área de circulação do 2º andar	0,36	1,53	4,54
	ESCRITÓRIO		
Percurso I	0,29	5,84	81,90 [*]
Percurso II	0,18	1,32	9,79 [*]

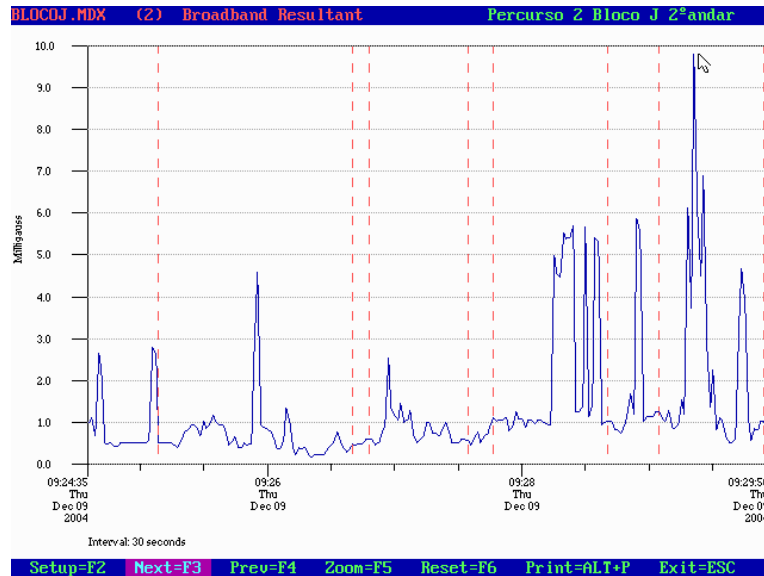


FIGURA 3 - Dosimetria de campo magnético no Percurso II – escritório

Linhas de Transmissão

Em diversos projetos de medição já realizados foram efetuadas 1570 medições de campos elétrico e magnético em Linhas de Transmissão em todo o Brasil. Em todos os casos os valores de campo atendem os limites das principais normas internacionais, em particular a Recomendação do ICNIRP [8].

A seguir apresenta-se, a título de exemplo, um gráfico de valores medidos de campo magnético ao longo de um perfil transversal ao eixo da LT, bem como a curva de valores calculados utilizando as ferramentas usuais de projeto de linhas. A excelente concordância entre esses valores, que foi verificada em todas as medições realizadas atesta a precisão atingida pelos modelos de cálculo em uso.

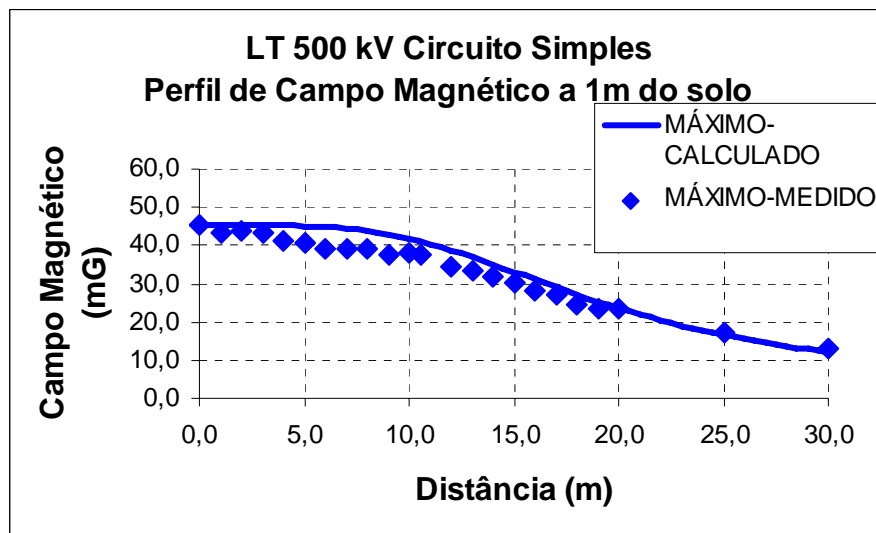


FIGURA 4 – Campo magnético sob uma Linha de Transmissão – comparação de medição e cálculo

6. MAPA SÍNTESE DAS MEDIÇÕES

Para permitir, de modo simplificado, uma comparação expedita dos níveis máximos de campo magnético nos diversos locais objeto das medições apresentadas, foi elaborado o mapa síntese apresentado na figura seguinte.

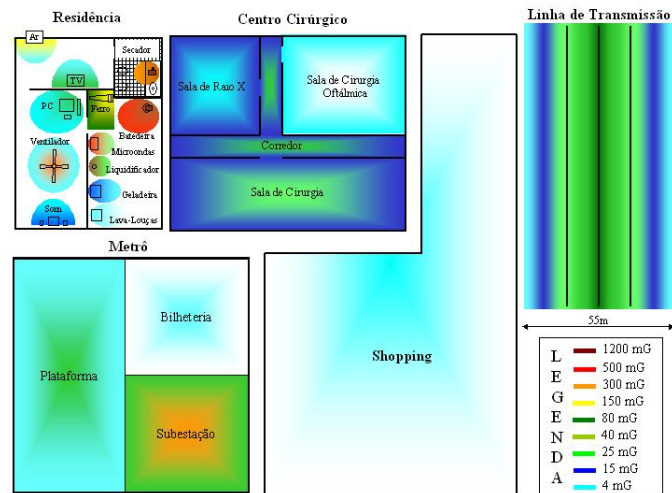


FIGURA 5 - Mapa síntese com comparação de campo magnético nos diferentes ambientes medidos.

7. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

No IT foram apresentados valores de campo magnético, em 60 Hz, medidos em diferentes locais e situações características de ambientes urbanos. O conjunto desses valores atualiza tabelas antigas, uma vez que a tecnologia da maioria dos aparelhos e equipamentos de utilização quotidiana está em constante evolução.

Estas medições permitem também efetuar simulações e estimativas da exposição a campos magnéticos de grandes parcelas da população em função do tipo de ocupação (residencial, comercial, etc.), podendo levar a recomendações quanto à utilização e tempos de permanência nas diferentes situações.

Os valores de campo produzidos por linhas de transmissão, quando comparados com os valores medidos em outros ambientes, situam-se na faixa inferior, caracterizando que a vizinhança de instalações de transmissão constitui um ambiente de exposição relativamente baixa a campo magnético. Analisando os valores medidos à luz de um futuro procedimento de normalização técnica, ou do estabelecimento de requisitos legais para exposição a campos magnéticos gerados por instalações e equipamentos industriais, verifica-se que os níveis atualmente praticados pelas instalações de transmissão atendem às principais normas e recomendações internacionais [8].

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANDRADE, V. H. G., DE OLIVEIRA, P. R., MPALANTINOS NETO, A., 2004, “*Medições de Campo Magnético em Eletrodomésticos – Residência I*”, Relatório Técnico DTE - 15893/04, CEPEL, Rio de Janeiro.
- [2] ANDRADE, V. H. G., DE OLIVEIRA, P. R., BARBOSA, C. R. N., 2004, “*Medições de Campo Magnético em Eletrodomésticos – Residência II*”, Relatório Técnico DTE - 16266/04, CEPEL, Rio de Janeiro.
- [3] ANDRADE, V. H. G., DE OLIVEIRA, P. R., BARBOSA, C. R. N., MPALANTINOS NETO, A., 2004, “*Medições de Campo Magnético em um Centro Cirúrgico*”, Relatório Técnico DIE - 47468/04, CEPEL, Rio de Janeiro.
- [4] ANDRADE, V. H. G., DE OLIVEIRA, P. R., BARBOSA, C. R. N., GOMES, F. S., 2004, “*Medições de Campo Magnético em Locais Públicos*”, Relatório Técnico DIE - 51374/04, CEPEL, Rio de Janeiro.
- [5] DOMINGUES, L. A. M. C., FERNANDES, C., MPALANTINOS NETO, A., BARBOSA, C. R. N., 1989, “*Aplicação do Método de Simulação de Cargas ao Cálculo de Campos Eletrostáticos Tridimensionais*”, Em: “*Segundo Simpósio Franco-Brasileiro sobre Cálculo de Campos Elétricos e Magnéticos*”, pp. 112-121, São Paulo, Março.
- [6] DOMINGUES, L. A. M. C., FERNANDES, C., DART, F. C., BARBOSA, C. R. N., 1995, “*Cálculo de Campo Elétrico pelo Método de Simulação de Cargas*”, Relatório Técnico 923/95 – DTI/ACET, CEPEL, Rio de Janeiro.