



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

GCQ 17
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO XIII

GRUPO DE ESTUDO DE INTERFERÊNCIAS, COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA E QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA – GCQ

GERENCIAMENTO DA PERCEPÇÃO DE RISCO DO CAMPO ELÉTRICO E MAGNÉTICO

José de Melo Camargo * Julio César Ramos Lopes

AES ELETROPAULO

RESUMO

A AES Eletropaulo iniciou através do projeto de pesquisa e desenvolvimento do programa ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) o mapeamento do campo elétrico e magnético gerado pelas suas instalações, linhas de transmissão, subestações e circuitos de distribuição, verificando os níveis de campos que o público geral e o ocupacional estão expostos.

O artigo descreve as características técnicas das instalações elétricas e as práticas utilizadas para localizar estas instalações em uma área densamente povoada, com uma taxa de crescimento na ordem de 4% ao ano em média, atendendo uma demanda de consumo com uma garantia de segurança, na qual o sistema elétrico não provoca interrupção de energia no primeiro nível de contingência do mesmo.

PALAVRAS-CHAVE

Campo elétrico, campo magnético, linhas de transmissão e subestações

1.0 - INTRODUÇÃO

A AES Eletropaulo é uma empresa de distribuição de energia elétrica, que fornece energia para 24 municípios da região Metropolitana de São Paulo. Suas instalações seguem as recomendações das normas brasileiras (ABNT) e internacionais (IEC, IEEE, etc.). A partir do ano 2000, os projetos de reconstrução das linhas de transmissão de tensão 88 e 138 kV começaram a ser embargadas pelo poder judiciário, questionado sobre os possíveis efeitos que o campo magnético possa causar na população em geral que reside ao lado das linhas de transmissão.

A partir deste fato e também as ações que vem praticando para viabilizar a continuidade da prestação dos serviços públicos de fornecimento de energia elétrica na região de sua responsabilidade, isto é, objetivando uma minimização dos campos elétricos e magnéticos aplicando a prática da Prevenção Prudente, que é uma variação do Princípio da Precaução, como recomenda a WHO (World Health Organization) (1) e (2).

A empresa se organizou internamente para tratar do assunto tecnicamente e juridicamente, e desenvolveu ações de comunicação com o público em geral.

2.0 - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

As instalações elétricas da AES Eletropaulo estão localizadas na região metropolitana de São Paulo, composto por 24 municípios. Região esta que apresenta alta densidade demográfica e um crescimento ocupacional desorganizado e sem controle das autoridades competentes. Esta região possui os seguintes números:

- Área ocupacional: 4.526 km²
- Densidade demográfica: 16 milhões

São Paulo desde o começo do final do século XIII e início do século XIX, mostrou ser uma cidade que teria um grande desenvolvimento econômico com a vinda dos primeiros imigrantes europeus e japoneses, e a partir de 1950, teve o início das instalações de fábricas de automóveis necessitando de mão de obra, onde propiciou a esta região o crescimento populacional e uma ocupação do solo de forma desorganizada.

A Eletropaulo cresceu junto com essa região e foi se adequando às necessidades que este desenvolvimento necessitava assim as instalações elétricas foram implantadas e adequadas. Hoje a AES Eletropaulo possui os seguintes números:

- Linhas de transmissão aérea: 770 km
- Linhas de transmissão subterrânea: 181 km
- Número de suportes: 5.423
- Subestações transformadoras de distribuição: 140
- Subestações de transição aérea - subterrânea: 40
- Subestações de banco de capacitores: 25
- Subestações de chaveamento: 2
- Subestações de clientes: 103
- Circuitos de distribuição aérea: 34.405 km
- Circuitos de distribuição subterrânea: 1563 km

2.1 Linhas de Transmissão

As linhas de transmissão da AES Eletropaulo operam na tensão de 138 ou 88 kV e com capacidade de corrente de pode ir de 310 a 2020 A, dependendo da bitola e do tipo de cabo aplicado na linha de transmissão (3).

Toda linha de transmissão é projetada e construída com 2 (dois) circuitos operando de forma que o carregamento máximo de cada circuito, não ultrapasse 50% da capacidade nominal do cabo instalado. Isto permitirá que em caso de uma condição de contingência, pode-se carregar no máximo um circuito com 100% de sua capacidade o outro com 0%.

Em algumas condições de desbalanço de cargas nas subestações que estão conectadas na respectiva linha, pode-se ter uma condição de carregamento máximo em operação normal com 60% em um circuito e o outro com 40% de carregamento, isto dependerá do horário e da curva de carga de cada subestação. Este tipo de operação ocorre na maioria dos casos por um período de 2 até 3 horas.

O sistema de transmissão é projetado e construído para que a operação em condição de contingência seja solucionada no menor tempo para manter o sistema elétrico seguro, isto é, para evitar a ocorrência de um blecaute e/ou uma interrupção prolongada de energia. Para atender esta condição operativa são instaladas chaves seccionadoras em locais específicos da linha de transmissão, e as subestações possuem um sistema de conexão que permite a realimentação de trechos da linha. Estatisticamente o tempo máximo dessa operação é de 1 hora, tempo suficiente para a execução das manobras necessárias. O carregamento deste circuito da linha dependerá muito do horário em que houve a contingência e da curva de carga de cada subestação naquele instante, na maioria dos casos de contingência, o carregamento não atinge 70% da capacidade do cabo e em horários de carga baixa, não atinge 50% da capacidade do cabo.

Construtivamente podem-se ver na Figura 1 os tipos de suportes que podem ser aplicados nas linhas de transmissão conforme o tipo linha, do terreno disponível, da topografia da região e as necessidades técnicas que o projeto define. Nesta figura temos tipos de torres para instalação de chaves, derivação de ramal, travessia, cruzamento de linhas, etc.

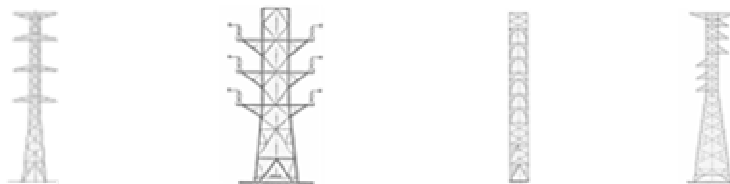


FIGURA 1 – Tipos de suportes aplicados nas linhas de transmissão

2.2 Faixa de Segurança

As faixas de segurança utilizadas nas linhas de transmissão da AES Eletropaulo são em sua grande maioria de sua propriedade e normalmente adquiridas entre o período de 1920 a 1960. Desde esse período até os dias de hoje, para algumas linhas novas, temos adquirido suas faixas de segurança.

As faixas de segurança do tipo servidão onerosa estão em algumas regiões específicas, mais afastadas da região metropolitana.

Em aplicações de linhas em ruas e avenidas não existe uma faixa de segurança definida, existe sim uma autorização de passagem emitida pelo órgão da respectiva prefeitura local e uma determinação de distâncias de segurança em relação à

linha como medida de segurança contra terceiros.

As faixas de segurança que inicialmente estavam afastadas dos centros das cidades, à medida que a região metropolitana foi desenvolvendo-se terminaram sendo envolvidas, com isso, hoje não temos como ampliá-las sem criar um problema financeiro e social, pois o número de residências e comércio ao lado das linhas é de grande vulto. A Figura 2 mostra uma faixa de segurança e sua vizinhança.



FIGURA 2 – Faixas de segurança

2.3 Subestações

As subestações transformadoras são projetadas para atender um carregamento máximo calculado conforme método determinado a seguir. Esse carregamento máximo acontece de forma gradativa dependendo do desenvolvimento da região com bases econômica e social (3).

$$C_f = \sum_{n \geq 1}^{n-1} 120\% P_{\text{máx}} ; \quad C_c = \frac{C_f}{n}$$

Onde:

C_f - capacidade firme da subestação

C_c – carregamento do transformador

$P_{\text{máx}}$ – potência máxima do transformador

n – número de transformadores na subestação

Do mesmo fato que aconteça com as linhas de transmissão, as subestações foram envolvidas pela ocupação do solo e apresentam uma grande vizinhança que surgiu com o desenvolvimento.

2.4 Circuitos de Distribuição

A rede de distribuição da AES Eletropaulo é operada nas tensões 3,8; 13,8; 23 e 34,5 kV para atender as cargas de média e baixa tensão. Essa distribuição é instalada em postes e utiliza transformadores de distribuição monofásicos ou trifásicos de potência de 25 até 225 kVA.

A AES Eletropaulo não instala transformadores dentro de conjuntos residências ou industriais, essas instalações neste tipo de aplicação são de responsabilidade do cliente. Caso haja necessidade de instalar um transformador específico para um atendimento, este equipamento é instalado no poste mais próximo do ponto de entrega.

Se as linhas de transmissão foram envolvidas com o desenvolvimento econômico e social, os circuitos de distribuição possuem uma dinâmica de crescimento e necessidade de adequação com números que se impressionam, fato este devido a ampliação dos imóveis de forma desorganizada, aproximando-se da rede de distribuição. Com isso a necessidade maior na rede de distribuição é manter uma rede segura e confiável com relação a interferência de terceiros, inclusive com risco de vida para os mesmos.

3.0 - CONHECIMENTO DO CAMPO ELÉTRICO E MAGNÉTICO

A partir do ano 2000 com as primeiras dificuldades com a população em geral em relação aos novos projetos de linhas de transmissão novas e reconstrução a AES Eletropaulo concluiu que:

- O questionamento com relação ao campo elétrico ocorrido nas décadas de 1970 a 1990, estava consolidado e a sociedade já tinha uma grande compreensão sobre o mesmo.
- O questionamento no momento é sobre os possíveis efeitos do campo magnético na saúde das pessoas.

- Existe uma participação política muito forte no assunto.
- Não existia no Brasil uma base do conhecimento científico sobre o assunto, estava restrito apenas aos conhecimentos técnicos dos Engenheiros das empresas concessionárias de energia, mais contudo não existia um grupo multidisciplinar com conhecimento suficiente para disseminar para a sociedade.
- Não existia dentro da própria empresa um conhecimento sobre o assunto e não davam a mesma importância sobre o mesmo, quanto ao lado jurídico e de comunicação com a população em geral.

A partir destes fatos a AES Eletropaulo propôs um projeto de pesquisa e desenvolvimento do programa ANEEL.

3.1 Conhecimento Inicial

O primeiro projeto de pesquisa e desenvolvimento com título *Gerenciamento de Campos Magnéticos: Normalização, Metodologia de Medição e Limites de Exposição Segura a Radiação* (4), cujo o objetivo era:

- Avaliar os impactos ao meio ambiente e ao ser humano, causados por redes de distribuição, subestações e linhas de transmissão.
- Analisar a influência do campo eletromagnético nos seres humanos de acordo com as normas e orientações de organismos internacionais.
- Definir uma normalização do ponto de vista ambiental.

Esse projeto com duração de 18 meses teve uma participação ativa de todas as áreas da empresa como Engenharia, Meio Ambiente, Segurança do Trabalho, Saúde, Jurídico e Comunicação formando um grupo multidisciplinar e participativo durante todo o projeto.

Além deste grupo na empresa, formou-se um outro grupo científico dentro das Universidades e Faculdades que participaram do projeto, criando assim uma base de conhecimento científico.

Uma das dificuldades do projeto era que não tínhamos tempo hábil para realizar uma pesquisa brasileira sobre o assunto, com isso a estratégia adotada foi:

- Buscar o conhecimento internacional das pesquisas realizadas, analisando e compreendendo seus resultados.
- Levantar a normalização e as leis existentes em países como da América, Europa e Ásia.
- Realizar um mapeamento das instalações elétricas da AES Eletropaulo e verificar o nível de exposição da população ocupacional e geral.

Após a realização desta pesquisa obteve-se os seguintes resultados:

- Nível de campo elétrico e magnético emitido pelas instalações elétricas.
- Metodologia de medição.
- Sumário executivo.
- Diagnóstico da normalização internacional.
- Norma Ambiental interna.
- Seminário internacional.

Estes documentos técnicos obtidos servem de referência para a política de atuação da AES Eletropaulo perante as dificuldades com instituições públicas e o público geral, além de que utilizou-se como referência para o desenvolvimento da norma técnica NBR 15415 sobre limites de exposição e metodologia de medição.

3.2 Projeto de Pesquisas Científica

A partir de 2005, iniciou-se um segundo projeto de pesquisa e desenvolvimento com título *Estudos Epidemiológicos e Geo-referenciados dos Campos Elétricos e Magnéticos de Freqüência 60 Hz no público Ocupacional e Público Geral*, com previsão de conclusão em 2009 (5), cujo objetivo é:

- Avaliar os impactos mais adversos ao meio ambiente e ao ser humano, causados por redes de distribuição de Média Tensão, Subestações e Linhas de Transmissão.
- Analisar a influência do campo eletromagnético nos seres humanos de acordo com as normas e orientações de organismos internacionais, aplicadas à realidade brasileira, correlacionando o tempo de exposição aos gradientes oriundos da fonte geradora.
- Avaliar o risco de mortalidade por câncer pela exposição a campos elétricos e magnéticos de 60 Hz, no âmbito do Estado de São Paulo.

O projeto possui quatro linhas de pesquisa específica:

- Estudo epidemiológico de caso controle.
- Estudo epidemiológico ecológico.
- Estudo epidemiológico de coorte histórica.
- Estudo de percepção de risco.

Este projeto está sendo desenvolvido com a participação das 4 empresas distribuidoras do Estado de São Paulo, AES Eletropaulo, CPFL Paulista e Piratininga, Bandeirante Energia e a Elektro.

A metodologia adotada está sendo baseada nos protocolos recomendados pela WHO com a orientação científica da Dra. Leeka Kheifets para termos o reconhecimento internacional do projeto. Um dos parâmetros realizados para cada caso ou controle estudado no projeto é uma avaliação do campo magnético no ambiente envolvido e uma avaliação deste caso ou controle com relação ao campo magnético da linha de transmissão mais próxima.

Com relação ao estudo de percepção de risco tem gerado uma grande expectativa de seu resultado, pois sabemos que a cada contato realizado com público sobre o assunto tem trazido uma menor percepção mais temos um público muito bem informado principalmente com os recursos de comunicação disponível atualmente.

4.0 - MAPEAMENTO DO CAMPO ELÉTRICO E MAGNÉTICO

O mapeamento do nível de exposição da população em geral proveniente dos campos elétricos e magnéticos gerados pelas instalações do sistema elétrico da AES Eletropaulo iniciou-se desde o primeiro projeto de pesquisa e desenvolvimento.

Naquela época foram escolhidos pontos estratégicos das instalações para que a amostra seja uma referência para o restante das instalações, com os seguintes critérios:

- Faixas de segurança com configurações típicas de linhas, onde o nível de carregamento é maior.
- Subestações de carregamento elevado e configurações típicas.
- Diversas configurações de circuito de distribuição.

Os resultados obtidos estão mostrados na Figura 3. Além deste mapeamento iniciou-se um levantamento em complementar das instalações, objetivando ter um banco de dados dos níveis de exposição em diversos tipos de instalações, linhas de transmissão aéreas e subterrâneas, subestações, circuitos de distribuição aérea e subterrânea.

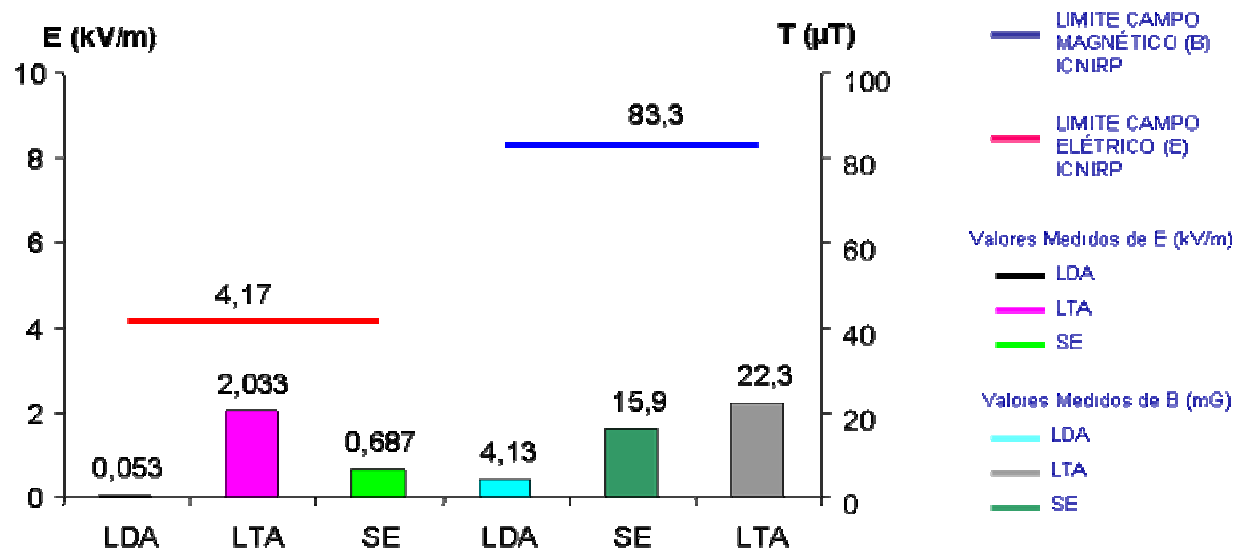


FIGURA 3 – Valores máximos de Campos das instalações elétricas

Como exemplo de mapeamento, a figura 4 mostra o perfil vertical de uma linha de subtransmissão no limite da sua faixa de segurança, mostrando os valores de campo magnético a cada 1,5 metros e o ponto máximo deste campo comparado com o posicionamento dos cabos desta linha.

Esta figura apresenta duas curvas, a curva 1 que mostra o valor máximo obtido para a condição de operação normal da linha de subtransmissão para o carregamento máximo desta linha obtido através da curva de carregamento diário. A curva 2, mostra os valores de campo magnético obtido aplicando o fator de carga da linha, isto representando a curva média da linha, para avaliação do nível de exposição para períodos de 24 horas.

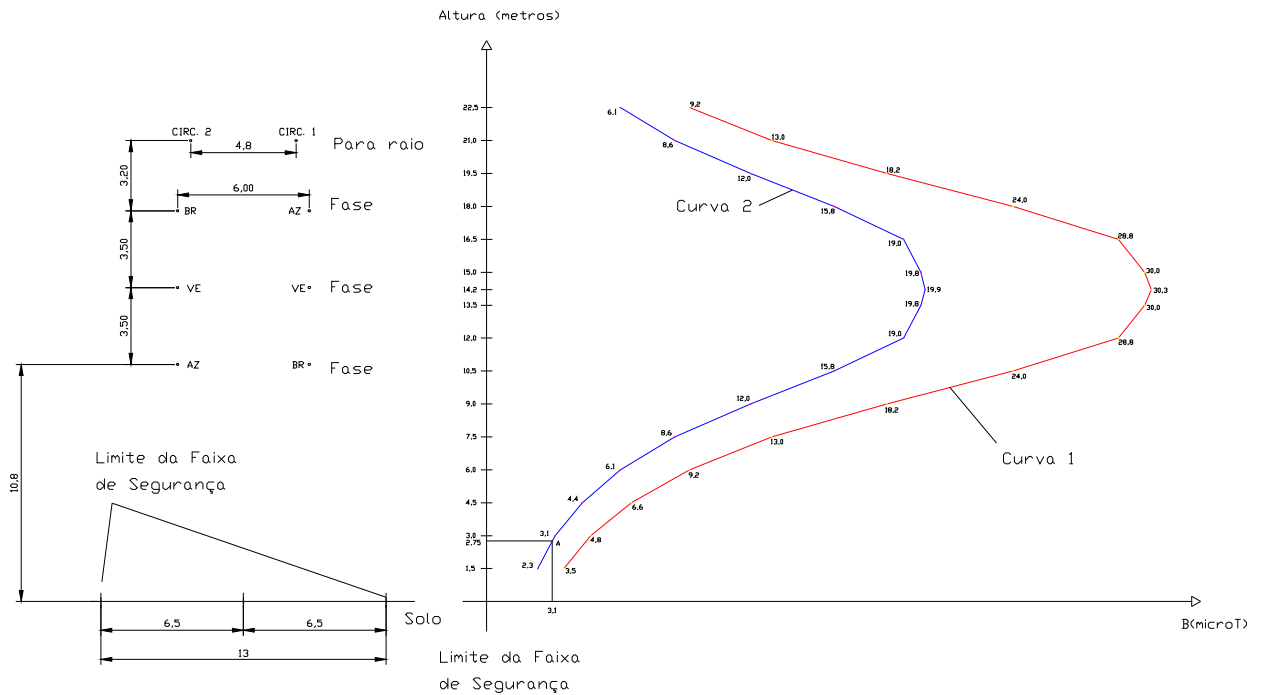


FIGURA 4 – Perfil vertical do campo magnético de uma linha de subtransmissão

5.0 - AÇÕES DA AES ELETROPAULO

Conhecer somente as instalações e seu modo operativo bem como os valores de emissão de campo elétrico e magnético não é suficiente para atender todas as necessidades que surge a cada novo momento. Com isso tomou-se algumas ações para executar este gerenciamento.

5.1 Organização

Como mostrado anteriormente o tema campo elétrico e campo magnético deixou de ser um tema somente de engenharia para ser um tema multidisciplinar, desta forma, na empresa não é nada diferente, também é um tema multigerencial, isto é, existem ações em diversas gerencias criando assim uma força tarefa dentro da empresa, como mostrado na Figura 5.

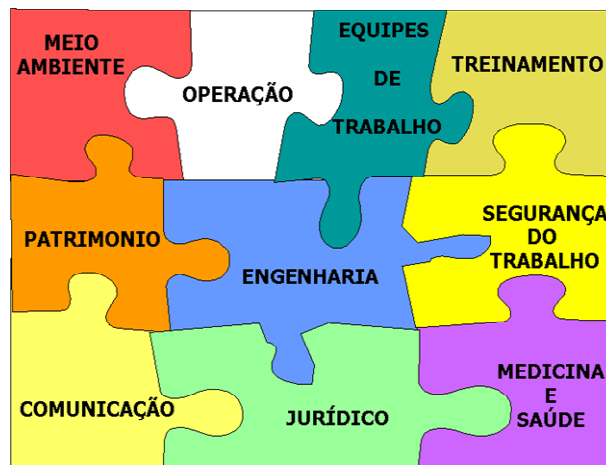


FIGURA 5 – Força Tarefa na Empresa

Esta força tarefa trabalha coordenada e comprometida com a direção da empresa e tem a função de:

- Manter-se atualizada sobre a legislação nacional e internacional.
- Manter-se atualizado sobre os estudos publicados.
- Desenvolver melhores práticas nos projetos futuros.
- Conhecer pontos críticos nas instalações.
- Desenvolver técnicas de como escrever relatórios técnicos.
- Desenvolver técnicas de como se comunicar com o público geral e público ocupacional

5.2 Engenharia

O campo elétrico e magnético passou a ser mais um item a ser estudado nos projetos novos e no projetos de reconstrução, como:

- Layout de subestações.
- Estimativa de campos nos projetos de linhas e subestações.
- Especificações de linhas e subestações.
- Medições e simulações das instalações.
- Desenvolvimento de novas siluetas de torres.

Como exemplo de novos desenvolvimentos, a figura 6 apresenta uma comparação do comportamento do campo magnético das siluetas do tipo 1AD e 1AH com o mesmo tipo de cabo, onde observamos que a silueta 1AH apresenta o deslocamento do comportamento do campo magnético em relação a linha de centro da linha de transmissão. Isto pode ser aplicado em locais específicos em faixas de segurança estreita.

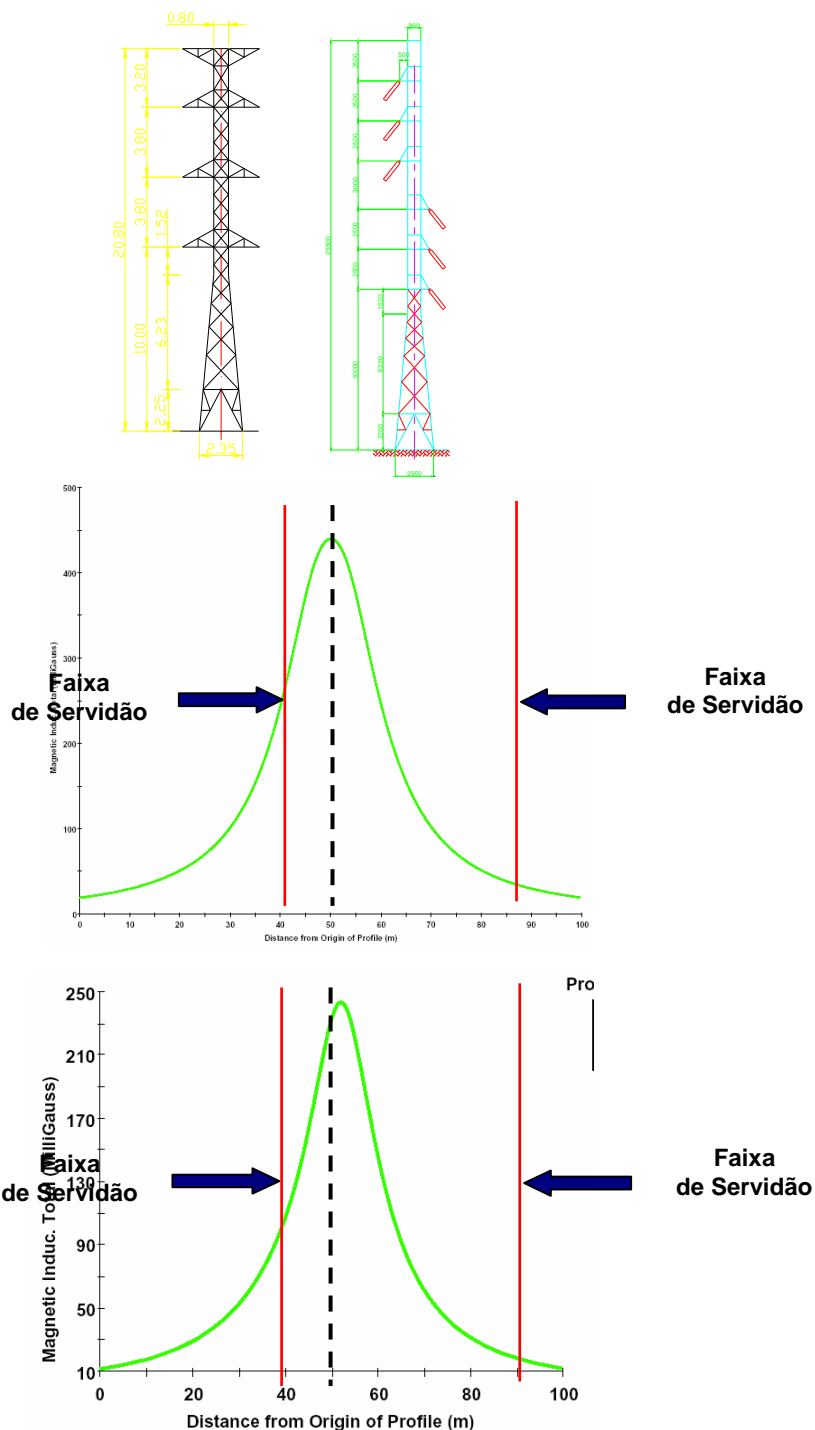


FIGURA 6 – Comportamento do campo magnético das siluetas 1AD e 1AH respectivamente.

5.3 Comunicação

As ações de comunicação são as mais importantes que devem ser realizadas pois saber como, quando, com quem e o que se comunicar é uma necessidade que a empresa deve desenvolver pois o público cada dia mais torna-se bem informado e organizado.

A AES Eletropaulo em função do exposto, tomou as seguintes iniciativas que são aplicadas a cada necessidade específica, como:

- cartilha didático.
- Filme didático.
- Perguntas e Respostas, correspondem a uma série de possíveis perguntas e suas respectivas respostas para ser aplicado em entrevistas, etc.
- Respostas para questionamentos de ouvidoria.
- Transferência do conhecimento com palestras em Universidades e cooperação com trabalhos de graduação.

Em novos projetos, temos aplicado estas iniciativas que vem trazendo uma tranquilidade para a população, as dificuldades maiores estão com as instituições governamentais, que possuem já o conhecimento científico e dificultam devido as que políticas envolvidas.

6.0 - CONCLUSÃO

A partir da necessidade e conhecer o nível de exposição que as instalações elétricas geram para o público geral e ocupacional é o ponto de partida para criar-se o conhecimento e segurança nas atitudes a serem desenvolvidas dentro da empresa.

Reconhecer que existe os campos por todos os envolvidos na estrutura da empresa e compreender que sua participação é importantíssima, colabora para que se possa ter atitudes pró ativas e coerentes da empresa e da suas gerencias.

Hoje o público tornou-se muito mais informado a respeito das questões ambientais ligadas a saúde e com isso estão prontas para agir e se organizar, portanto as empresas têm que estar organizada e estruturada para poder se argumentar e posicionar sobre o mesmo.

A empresa necessita ter uma base de conhecimento científico sobre os efeitos dos campos elétricos e magnéticos e o ambiente magnético de suas instalações para poder controlar seu sistema e desenvolver novos projetos aplicando a prática da Prevenção Prudente como recomenda a WHO, e também poder dialogar com as comunidades e público geral a fim de diminuir as expectativas da população e gerar tranquilidade para as mesmas.

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Precautionary Policies and Health Protection: Principles and Applications – World Health Organization – Roma, 2002.
- (2) Estabelecendo um Diálogo sobre riscos de Campos Eletromagnéticos – World Health Organization
- (3) Documentos Técnicos e Especificações Técnicas – Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo
- (4) Documentos do projeto de P&D Gerenciamento de Campos Elétricos e Magnéticos – Abricem – Associação Brasileira de Compatibilidade Eletromagnética e Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo, 2003.
- (5) O Projeto EMF – SP - Flávio Eitor Barbieri – Abricem – Associação Brasileira de Compatibilidade Eletromagnética – Seminário Internacional ELF e seus Efeitos, 2006.

8.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

José de Melo Camargo
Nascido em São Paulo, SP em 24 de outubro de 1959.
Graduação (1985) em Engenharia Elétrica: UMC – São Paulo
Empresa: Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo, desde 1986

Julio César Ramos Lopes
Nascido em São José do Rio Preto, SP, em 16 de setembro de 1954.
Graduação (1976) em Engenharia Elétrica: USP-São Paulo
Pos- graduação (2000) em MBA Executivo Internacional: USP – São Paulo
Empresa: Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo, desde 1977
Gerente da Engenharia de Subtransmissão