

**UNIVERSIDADE DO ALTO VALE DO RIO DO PEIXE – UNIARP
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM LATO SENSU EM ENGENHARIA DE
SEGURANÇA DO TRABALHO**

FRANCIELI CARLIM PADILHA

**RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE ESTUDO DE CAUSAS E EFEITOS DIRETOS E
INDIRETOS NO SER HUMANO**

**CAÇADOR – SC
2011**

FRANCIELI CARLIM PADILHA

**RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE ESTUDO DE CAUSAS E EFEITOS DIRETOS E
INDIRETOS NO SER HUMANO**

Monografia apresentada como exigência para a obtenção do título de Engenheiro de Segurança do Trabalho, do Curso de Pós-Graduação em Lato Sensu em Engenharia de Segurança do Trabalho, ministrado pela Universidade do Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP Caçador, sob orientação do professor Antonio Pedro Tessaro.

**CAÇADOR – SC
2011**

DEDICATÓRIA

Ao mestre e amigo Antonio Pedro Tessaro.
A todos que contribuíram para este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Jesus por tudo.

Agradeço a meu pai, minha mãe, minha princesa Johlenn.

Agradeço também aos Mestres.

Agradeço a todos da empresa ABCM Eletrotécnica Ltda.

Agradeço a todos os meus colegas de curso, pela amizade e pelo grupo que formamos.

“O temor do Senhor,
é o princípio da sabedoria”.

(Salomão)

LISTA DE ABREVIATURAS

A - Ampère

C - Velocidade da luz

D - Diretividade de uma antena

d - Distância do Campo Distante

dB - Decibel

dBd - Decibel em relação a antena dipolo

dBi - Decibel em relação a antena isotrópica

E - Intensidade do campo elétrico

$E_{(ISO)}$ - Campo que seria irradiado por uma antena isotrópica

E_{out} - Tensão de saída

eV - Elétron-volt

f - Frequência da luz

g - Grama

G - Ganho de uma antena

H - Intensidade do campo magnético

Hz - Hertz

J - Joule

L - Comprimento máximo total da antena transmissora

m - Metro

$P_{(irradiada)}$ - Potência irradiada por uma antena

$P_{(recebida)}$ - Potência recebida por uma antena

P_C - Potência irradiada atrás da antena

P_F - Potência irradiada na frente da antena

P_{out} - Potência de saída

R_{out} - Resistência de saída

S - Densidade de potência

S_{eq} - Densidade de propagação de onda plana equivalente

T - Tesla

W - Watt

LISTA DE SIGLAS

AM - Amplitude modulada

BBB - *Blood Brain Barrier*

CEM - Campo eletromagnético

CF - Constituição Federal

EIRP- Potência equivalente isotropicamente radiada

EPI - Equipamento de Proteção Individual

ERP- Potência efetiva radiada

FM - Frequência modulada

HCI - Conjunto de antenas em relação ao solo

ICNIRP - *International Commission on Non Ionizing Radiation Protection*

LT - Linha de Transmissão

LTDA - Limitada

MRE - Ministério das Relações Exteriores

MS - Ministério da Saúde

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego

NR - Norma regulamentadora

OEM - Onda eletromagnética

OMS - Organização Mundial da Saúde

PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

RA - Resistência de irradiação

RF – Radiofrequência

RI - Radiação Ionizante

RMS - Valor eficaz

RNI - Radiação não ionizante

SA - *Specific Absorption*

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações

SAR - *Specific Absorption Rate*

SUS - Sistema Único de Saúde

WHO – World Health Organization.

IARC - Working Group on Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans.

ICNIRP – International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: Propagação da onda eletromagnética.....	17
FIGURA 2: Faixas de Espectros Eletromagnéticos.....	19
FIGURA 3: Espectro Eletromagnético.....	20
FIGURA 4: Espectros de Frequências de Campos Eletromagnéticos.....	25
FIGURA 5: Componentes Básicos de um Sistema de Energia Elétrica.....	33
FIGURA 6: Medições em Linha de Transmissão de 525 kV, Banco de Capacitores de 525 kV e Subestação de Distribuição em 138 kV.....	35
FIGURA 7: Linhas de Transmissão.....	36
FIGURA 8: Componentes Básicos de Sistema de Energia Elétrica.....	37
FIGURA 9: Sensor de campo elétrico.....	43
FIGURA 10: Diagrama de atendimento da R.N. nº. 398/2010.....	48
FIGURA 11: Questionário Aplicado.....	51
FIGURA 12: Gráfico das Respostas Binárias Aplicadas.....	52
FIGURA 13: Construções na faixa de servidão da LT 138 kV.....	52
FIGURA 14: LT 138 kV Esquina Escola Municipal Ensino Básico Vereda dos Trevos.	53
FIGURA 15: Faixa de servidão da LT 138 kV sem ocupação.....	53
FIGURA 16: Construção próxima a LT 138 kV.....	54

LISTA DE TABELA

TABELA 1: Limites de exposição ICNIRP/OMS

TABELA 2: Níveis de referência para campos elétricos e magnéticos variantes no tempo na frequência de 60 Hz.

RESUMO

Este estudo se refere à radiação não ionizante suas causas e efeitos diretos e indiretos nos seres humanos relacionadas com linhas de transmissão de energia elétrica e exposição a campos elétricos e magnéticos. Para tanto, inicialmente são definidos alguns conceitos básicos relacionados à transmissão de energia elétrica. Em seguida são abordados os resultados de estudos e pesquisas sobre saúde e exposição a tais campos. São também apresentados níveis típicos de exposição esperados, tanto pela convivência com dispositivos elétricos quanto nas cercanias de linhas de transmissão. A partir disso, são discutidas as medidas de precaução tomadas a respeito.

PALAVRAS-CHAVE: Radiação não ionizante, alta tensão, linhas de transmissão de energia elétrica.

ABSTRACT

This study aimed to investigate the causes of non-ionizing radiation and direct and indirect effects in humans related to transmission lines of electricity and exposure to electric and magnetic fields. To do so, initially defined some basic concepts related to electricity transmission. Then are discussed the results of studies and research on health and exposure to such fields. Are also presented typical levels of exposure expected, both by his association with nearby electronics devices and transmission lines. From this, we discuss the precautionary measures taken in respect.

KEY-WORD: Non-ionizing radiation, high voltage, transmission lines.

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO DO TEMA.....	14
1.1 PROBLEMA.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
1.3 OBJETIVOS.....	16
2. REFERÊNCIA TEÓRICA.....	16
2.1 RADIAÇÃO.....	17
2.2 RADIAÇÃO CORPUSCULAR.....	18
2.3 RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	18
2.4 RADIAÇÃO IONIZANTE.....	19
2.5 RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE.....	20
2.6 RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES E SEUS EFEITOS BIOLÓGICOS.....	21
2.7 FONTES DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTES.....	21
2.8 DETERMINAÇÃO DA NOCIVIDADE DA RADIAÇÃO IONIZANTE.....	21
2.9 EFEITOS DIRETOS DA EXPOSIÇÃO A RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES.....	22
2.10 EFEITOS INDIRETOS DA EXPOSIÇÃO A RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES.....	23
2.11 PREVENÇÕES CONTRA AS RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES.....	24
2.12 CONCEITOS.....	26
2.13 CRITÉRIOS PARA LIMITAÇÃO.....	29
2.14 DIRETRIZES PARA LIMITAÇÃO.....	29
2.15 NÍVEIS DE EXPOSIÇÃO.....	30
2.16 NÍVEIS DE REFERÊNCIA.....	30
2.17 NÍVEIS DE REFERÊNCIAS NORMATIVAS.....	31
2.18 MODELOS MATEMÁTICOS.....	31
2.19 NÍVEIS DE CAMPO ELÉTRICO E CAMPO MAGNÉTICO.....	33
2.20 NÍVEIS DE CORRENTE DE CONTATO E INDUZIDAS.....	33
2.21 METODOLOGIA DE MEDIÇÃO.....	34
2.22 INSTRUMENTAÇÃO.....	37
2.23 CALIBRAÇÃO.....	40
2.24 INSTRUMENTAÇÃO.....	41
2.25 CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO.....	41
2.26 DIRETRIZES E PROCEDIMENTOS PARA AS MEDIÇÕES.....	41
2.27 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES.....	42
2.28 PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO DE CAMPO ELÉTRICO.....	43
2.29 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	45
2.30 TIPOS DE INSTALAÇÕES E LIMITES DA RESOLUÇÃO NORMATIVA 398/2010.....	47
2.32 O PRAZO DE ATENDIMENTO.....	49
2.33 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO.....	49
3. METODOLOGIA.....	50
4. CONCLUSÃO.....	53
5. REFERÊNCIAS.....	56

1. APRESENTAÇÃO DO TEMA

As radiações não ionizantes apresentam interesse do ponto de vista sócio-ambiental porque os seus efeitos sobre a saúde das pessoas são potencialmente importantes sendo que exposições sem controle podem levar a ocorrência de sérias lesões ou doenças sendo este estudo no âmbito que se refere às causas de seus efeitos diretos e indiretos no ser humano.

O efeito da radiação não ionizante vai desde a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em alta tensão.

O interesse tanto da comunidade científica quanto da sociedade em geral sobre os efeitos biológicos causados por radiação eletromagnética não ionizante tem crescido há alguns anos. Mas não em grande escala, sendo que na própria norma regulamentadora NR-15 do MTE no Anexo 7 e resoluções da ANEEL tais como Resolução Normativa Nº 398 as quais serão relatadas nas pesquisas bibliográficas, já tratam de determinados limites de tolerâncias e sobre a segurança da população. Algumas pesquisas já realizadas acabaram comprovando os efeitos térmicos produzidos por este tipo de radiação em seres humanos que são as consequências do aquecimento dos tecidos devido à absorção de energia eletromagnética. Devido aos fatos relatados gostaria de promover um estudo que ajude garantir a segurança da população e trabalhadores da região da rede alta tensão. O processo de industrialização que está passando por Caçador e região, SC, após a década de 50 que atraiu uma grande quantidade de indústrias, a existência de Universidades (UNIARP, UNOESC, entre outras), o centro urbano e a passagem de linhas de alta tensão cortando a cidade a tornam um local perfeito para o estudo de radiações não ionizantes.

1.1 PROBLEMA

Devido ao crescimento acelerado do uso de radiações não ionizantes em diversas aplicações e ao aumento significativo de fontes geradoras deste tipo de onda eletromagnética, aumentou-se muito o risco de exposições acima dos valores máximos

aceitáveis. As maiores fontes geradoras de radiações não ionizantes são as operadoras de telefônica e linhas de transmissão em alta tensão.

A radiação não ionizante muitas vezes é considerada como de baixa nocividade, infelizmente os profissionais da área de segurança do trabalho não atuam eficazmente no levantamento de possíveis fontes irregulares, fato este agravante para a saúde do trabalhador e da população em geral. O grande agravante para a prevenção contra radiações, primeiramente se refere a sua detecção, pois o ser humano não dispõe de sistemas próprios para a detecção da presença de radiação, pois a mesma é incolor, inodora, não palpável e inaudível. Assim que a exposição termina, a vibração molecular termina e não há efeitos permanentes. Por esta razão, e ao contrário de substâncias químicas, tóxicas e radiações não ionizantes, os efeitos das exposições repetidas para as ondas de radiações não ionizantes não se acumulam no corpo e, portanto, não podem ser medidos posteriormente.

1.2 JUSTIFICATIVA

Justifica-se o presente Trabalho pelo fato que no Brasil não ter uma legislação ambiental específica de controle dos campos eletromagnéticos, que geram radiações não ionizantes que podem levar a efeitos deletérios na saúde dos seres vivos. Devido ao exposto temos a urgência de trabalhos científicos que sirvam para acrescentar e ampliar dados das possíveis consequências para a saúde dos seres vivos em exposição às radiações não ionizantes em longo prazo.

E atualmente, existe no mundo uma grande controvérsia sobre os efeitos da exposição de seres vivos a campos eletromagnéticos, e a comunidade científica tanto nacional quanto internacional não chegaram até o momento a um consenso referente ao nível máximo de exposição à radiação não ionizante.

Hoje em dia existem estudos sobre o assunto exposto, mas não abrangentes sobre os efeitos e causas da radiação não ionizante, e muitos casos é aderido a profissionais de outra região para efetuar tais medições e estudos. Como o Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho nos dá respaldo as pesquisas e estudos, bem

como uma possível abertura de campo de trabalho futuro, pretende-se aplicar o conteúdo apresentado ao curso bem como a busca e a prática de fatores determinantes para a conclusão da pesquisa e especialização que vai desde a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Determinação da magnitude dos campos elétrico e magnético a qual membros da população em geral estão expostos a radiação não ionizante na cidade de Caçador – SC.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir o que é radiação não ionizante.
- Elucidar recomendações práticas que possam servir de subsídios para a normatização das radiações eletromagnéticas.
- Conscientizar profissionais que atuam na área de Segurança do Trabalho sobre as origens das radiações não ionizantes, os danos causados pelas mesmas e as prevenções para evitar os possíveis danos decorrentes pela exposição acima dos limites aceitáveis.
- Informar sobre as doenças decorrentes a exposição à radiação não ionizante acima dos valores máximos permitidos.
- Relacionar as medidas de prevenção conhecidas e eficazes para a proteção contra a radiação não ionizante.

2. REFERÊNCIA TEÓRICA

Uma onda eletromagnética é a combinação dos campos elétricos e dos campos magnéticos, com a energia igualmente dividida entre estes campos, originada por uma fonte (GOMES, 2000). As cargas elétricas em movimento provocam uma corrente elétrica, e que a física afirma que todo condutor percorrido por uma corrente elétrica cria ao seu redor um campo magnético. As linhas de campo magnético podem, perfeitamente, induzir a circulação de corrente elétrica em outro condutor separado fisicamente daquele causador do campo, indução eletromagnética, é a conhecida propagação. Por serem ambos causados por cargas elétricas em movimento, é impossível separar a existência dos campos elétricos e magnéticos, o que nos leva a tratar da propagação de ondas chamando-as de eletromagnéticas, pois o campo elétrico e o magnético caminham em conjunto no espaço, conforme mostra a figura 1.

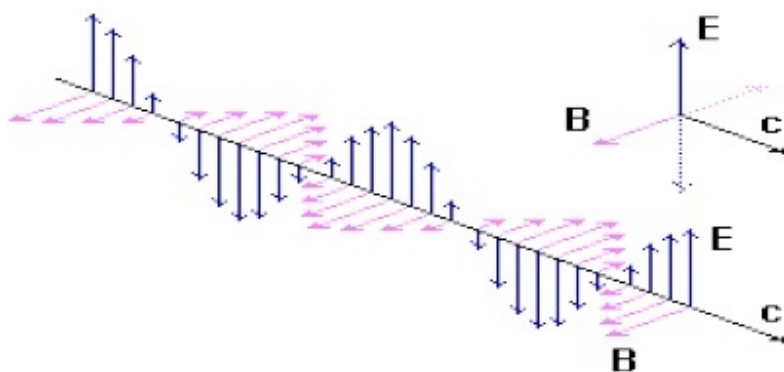


Figura 1: Propagação da onda eletromagnética.

Fonte: Ciência e Tecnologia <<http://www.fisica.uel.br/c&t/index.html>>. 2006.

2.1 RADIAÇÃO

A Radiação é a propagação de energia no espaço por meio da associação dos campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo e que são caracterizados pela sua frequência ou comprimento de onda. A radiação é dividida em dois grupos: radiação corpuscular e eletromagnética (Gomes, 2000).

2.2 RADIAÇÃO CORPUSCULAR

São partículas subatômicas como elétrons, prótons, nêutrons, dêuterons e alfas que quando possuem alta velocidade, formam um feixe. Como todas estas partículas possuem massa, a energia desta radiação pode ser calculada pela equação 1:

$$E = \frac{1}{2} m v^2 \quad (1)$$

Onde: m = massa;

E = energia (potencial);

v = velocidade.

2.3 RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

São todas as radiações que possuem oscilações elétricas e magnéticas; são ondas que viajam numa mesma velocidade e diferem somente no comprimento de suas ondas. Não possuem massa e sua propagação independente da existência do meio. A energia (E) da radiação pode ser calculada pela Equação 2:

$$E = (h.c)/\lambda \quad (2)$$

Sendo: h = constante de Planck = $6,62 \times 10^{-27}$ erg-segundo;

c = velocidade da luz (299 792 458 m/s);

λ = comprimento de onda.

As radiações eletromagnéticas, por sua vez, são classificadas em não ionizantes e ionizantes, dentro de uma extensa faixa de frequência, denominada Espectro Eletromagnético. A diferença entre as mesmas é a energia transportada pelas respectivas ondas eletromagnéticas. Para os valores de frequência correspondentes aos menores comprimentos de onda do espectro ultravioleta (UV), as radiações passam a ser ionizantes, isto é, possuem energia suficiente para produzir pares de íons no meio e modificar a estrutura molecular. A figura 2 mostra as faixas de espectros eletromagnéticos.

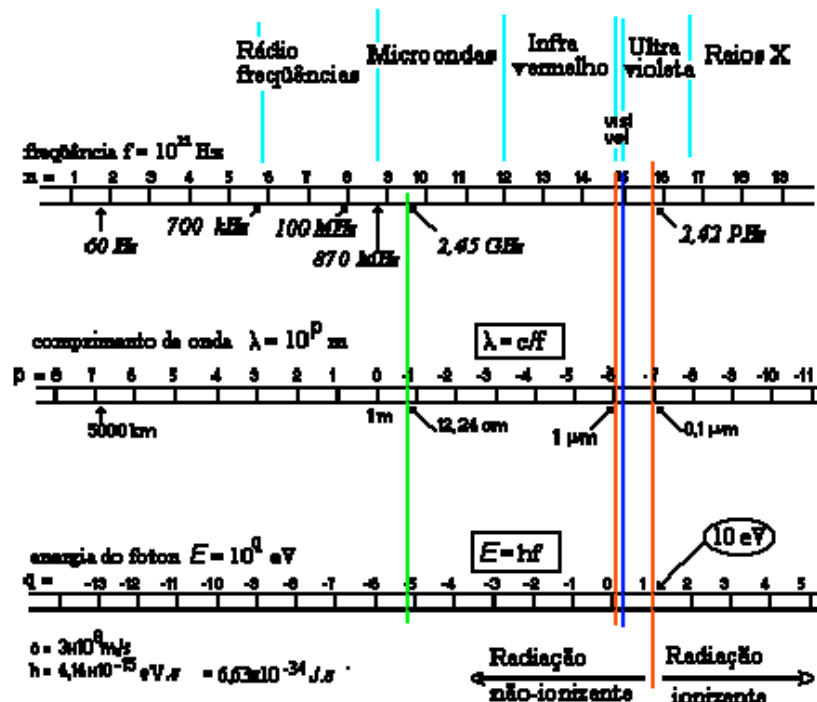


Figura 2: Faixas de Espectros Eletromagnéticos.

Fonte: Ciência e Tecnologia <<http://www.fisica.uel.br/c&t/index.html>>. 2006.

Os campos elétricos se originam de diferenças de tensão, quanto maior for esta maior será o campo elétrico e sua intensidade diminui rapidamente com a distância da fonte. Os campos magnéticos se originam do movimento da corrente elétrica, sua intensidade é diretamente relacionada à intensidade da corrente e também diminui com a distância da fonte (HABERMANN, 2008).

2.4 RADIAÇÃO IONIZANTE

Radiação que ao interagir com determinado meio, transferem aos elétrons deste meio, energia suficiente para arrancar elétrons de átomos ou moléculas, ou seja, realizar ionização produção de pares de íons. São radiações de frequência muito alta e, portanto comprimento de onda pequeno. Estas ondas têm a particularidade de possuir energia suficiente para quebrar ligações químicas de moléculas (Gomes, 2000).

São radiações de altíssima frequência, como ultravioleta curto, raios X e raios gama têm efeito ionizante, com possíveis danos à saúde.

2.5 RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE

Radiação que não possui energia suficiente para arrancar elétrons de átomos ou moléculas, ou seja, realizar ionização. Mas podem possuir energia suficiente para quebrar moléculas e ligações químicas. Os tipos de frequências caracterizadas como não ionizantes são: ultravioleta, infravermelho, radiofrequência, laser, microondas, luz visível (PETRUCCI, 2005). São radiações de baixa frequência, assim como também ondas de rádio, microondas (telefone celular, forno doméstico) e luz.

A exposição à radiação eletromagnética e a ocorrência de câncer nos seres humanos, que tal exposição quando de forma intensa, pode causar alguns efeitos biológicos danosos como cataratas, queimaduras na pele, queimaduras profundas, exaustão e insolação causada pelo calor excessivo (Gomes, 2000).

No Brasil não ha uma legislação específica sobre o assunto e os estudos existentes são considerados inconclusivos, mas sugerem que exista um efeito maléfico oriundo da exposição à radiação não ionizante de baixa frequência (PETRUCCI, 2006).

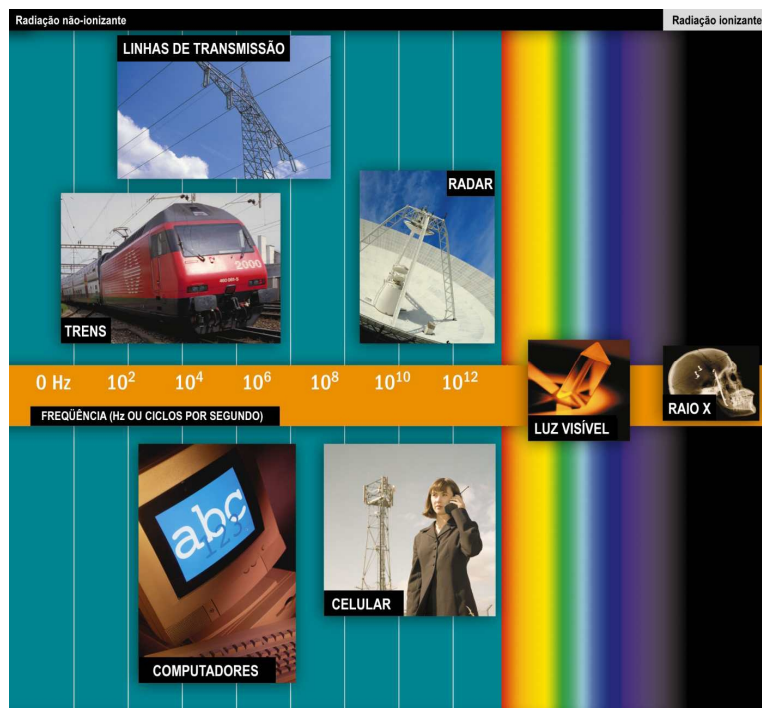


Figura 3: Espectro Eletromagnético.
Fonte: OMS <<http://www.who.int/emf>>. 2006.

2.6 RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES E SEUS EFEITOS BIOLÓGICOS

A radiação é a propagação de energia no espaço por meio da associação dos campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo e que são caracterizados pela sua frequência ou comprimento de onda. A radiação é dividida em dois grupos: radiação corpuscular e eletromagnética. São partículas subatômicas como elétrons, prótons, nêutrons, dêuterons e alfas que quando possuem alta velocidade, formam um feixe.

2.7 FONTES DE RADIAÇÃO NÃO IONIZANTES

Podemos chamar de poluição eletromagnética esta grande variedade de radiações encontradas na natureza e que podem estar presentes em inúmeras aplicações práticas. A presença de campos elétricos e magnéticos de baixa intensidade faz parte de nosso cotidiano e sua origem pode ser classificada em duas categorias: naturais e artificiais.

As radiações naturais são aquelas provenientes diretamente da natureza e subdividem-se em: extraterrestres de baixa energia - explosões solares e ruídos solares, terrestres - descargas atmosféricas e eletrostáticas. As radiações artificiais são aquelas criadas pelo homem e subdividem-se em (Gomes, 2000):

a) Intencionais: Fontes fixas: rádios (AM e FM) e TV (UHV/VHF). Fontes móveis: telefones celulares, walkie-talkies, entre outros.

b) Não intencionais: Energia Elétrica: Linhas de Transmissão de Alta tensão, Transformadores, geradores, subestações rebaixadoras e elevadoras de tensão. Equipamentos Industriais, Médicos e de Consumo: máquinas industriais, eletrodomésticos, máquina de solda, equipamentos de informática, equipamentos médicos e lâmpadas.

2.8 DETERMINAÇÃO DA NOCIVIDADE DA RADIAÇÃO IONIZANTE

A exposição à radiação eletromagnética é dependente da distância do ponto de emissão e das características de comprimento da onda. A Comissão Internacional de Proteção às Radiações Não Ionizantes (ICNIRP) estabelece restrições básicas para campos elétricos e magnéticos de acordo com a frequência da radiação. Esta mesma comissão estabelece que nenhuma torre ou antena, deve emitir radiação superior $435 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Esta é a potência máxima a qual 1 cm^2 de pele humana pode ficar exposta, acima deste nível pode ocasionar queimaduras e outros danos à saúde.

O meio biológico exposto à radiação poderá sofrer alterações que dependerá da intensidade e da absorção da radiação pelo tecido.

A grandeza física utilizada na quantificação dos efeitos e penetração para campos de baixa frequência é a densidade de corrente representada pela letra J (A/m^2). Estes campos podem interferir com a membrana das células e tecidos mais profundos. Correntes elétricas induzidas internamente são perigosas a partir de $0,1 \text{ A}/\text{m}^2$ ou $100 \text{ mA}/\text{m}^2$. A corrente ao percorrer um tecido, causa aquecimento por efeito Joule, o que pode acarretar queimaduras leves e graves. Acima de 30 mA , a corrente pode causar a fibrilação ventricular.

A interação com o meio biológico é complexa e dependente de inúmeros parâmetros: intensidade, frequência e polarização dos campos; tamanho físico, forma geométrica, propriedades dielétricas e permissividade elétrica dos tecidos, além de configuração da fonte, distância e presença de objetos reflexivos. Por tantos fatores torna-se muito difícil avaliar a taxa de absorção no tecido.

2.9 EFEITOS DIRETOS DA EXPOSIÇÃO A RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES

A exposição a radiações não ionizantes acima dos limites de tolerância acarretam os seguintes danos à saúde.

Para campos elétricos e magnéticos de baixa frequência (até 100 kHz) podemos ter correntes elétricas induzidas que podem ocasionar fibrilação ventricular, pois as correntes induzidas podem estar na faixa de $0,1 \text{ A}/\text{m}^2$ ou $100 \text{ mA}/\text{m}^2$. Sabe-se que acima de 30 mA ocorre a fibrilação ventricular, desde que a corrente passe pelo ou próxima ao coração.

Para campos eletromagnéticos de frequências entre 100 kHz e 300 GHz podemos ter absorção de energia com aumento de temperatura, podendo ocasionar queimaduras da pele e internas.

Exposições a radiações não ionizante acima do limite de $4,35 \text{ W/m}^2$ comprovadamente produzem dependendo da potência e da frequência do campo, assim como do tempo de exposição: cataratas, queimaduras, alterações em válvulas cardíacas e marca-passos, derrame, parada cardíaca, má formação fetal. Estão em estudos, entretanto não foram comprovados em laboratório, os seguintes efeitos das radiações não ionizantes tais como cansaço, mudanças de comportamento, perda de memória, mal de Parkinson, mal de Alzheimer, alterações genéticas, câncer, redução da fertilidade, delírio e convulsões, lesões na boca podem incluir úlceras bucais, lesões no estômago e intestino que provocam náuseas, vômitos e até infecções, lesões na medula óssea podem conduzir a hemorragias ou comprometer o sistema imunológico, ruptura de vasos sanguíneos que acarretam a formação de hematomas.

2.10 EFEITOS INDIRETOS DA EXPOSIÇÃO A RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES

As linhas de campo magnético induzem a circulação de corrente elétrica em outro condutor separado fisicamente daquele causador do campo, desde que haja movimento relativo entre ambos, de acordo com a Lei de Lenz da Indução Eletromagnética. No caso a onda eletromagnética possui uma parcela de campo magnético e outra de campo elétrico, ambos variantes no tempo, caracterizando estas ondas como indutivas. Podemos definir como interferência qualquer distúrbio introduzido em um sistema. Quando indesejado degradará a qualidade e a funcionabilidade do sistema. Portanto as correntes induzidas geradas pelas radiações, em qualquer equipamento ou sistema, criam distúrbios nos mesmos, afetando sua funcionabilidade e confiabilidade. Portanto, os efeitos indiretos das radiações não ionizantes, são aqueles relacionados as correntes induzidas em equipamentos eletrônicos. Tais interferências em um sistema podem criar condições inseguras e acidentes de trabalho, pode até acarretar a morte por mau funcionamento de um equipamento eletrônico.

2.11 PREVENÇÕES CONTRA AS RADIAÇÕES NÃO IONIZANTES

Existem algumas maneiras que podem ser eficazes para prevenção contra radiações não ionizantes, assim como as políticas de segurança do trabalho que devem ser adotadas e executadas pelos profissionais deste segmento.

O controle de emissões induzidas, correntes induzidas, em um sistema pode ser feita pela inserção de filtros de linha internos ao equipamento, indutores, capacitores, núcleos de ferrite, varistores, entre outros.

O controle de emissões irradiadas pode ser feita por meio de blindagens metálicas. Utilização de blindagem em equipamentos sensíveis a radiação não ionizantes. Aterramento eficaz das carcaças de equipamentos e de sua blindagem para anular os efeitos das correntes induzidas.

Novas obras, principalmente de hospitais, implantarem na fase de construção, a topologia de aterramento tipo gaiola de Faraday, devidamente dimensionada, cujo funcionamento é muito eficaz na prevenção contra correntes induzidas e eletrostáticas. Nos casos de fonte de radiações não ionizante acima dos valores aceitáveis, ser de terceiros, proceder informando ao mesmo sobre as medidas corretivas e preventivas e caso não seja tomada nenhuma decisão, ligar a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e fazer a denúncia.

O ambiente eletromagnético em sistemas de energia consiste basicamente de dois componentes, um campo elétrico e um magnético. Em geral, para campos variantes no tempo, esses dois campos são acoplados. Entretanto, para a frequência de operação de linhas de transmissão (LTs) e distribuição (LDs), e equipamentos eletrodomésticos – 60 Hz – os campos elétrico e magnético podem ser considerados independentes e desacoplados.

Um campo elétrico é uma grandeza vetorial, função da posição e do tempo, designada por E que é descrita por sua intensidade. Normalmente campos elétricos são medidos em volts por metro (V/m). Um campo magnético é uma grandeza vetorial, função da posição e do tempo, designada por H que também é descrita por sua intensidade. Normalmente campos magnéticos são medidos em ampère por metro (A/m) (VIAPIANA, 2009).

Campos elétricos e magnéticos de sistemas de energia são campos de baixa frequência conforme ilustra a Figura 4 a seguir:

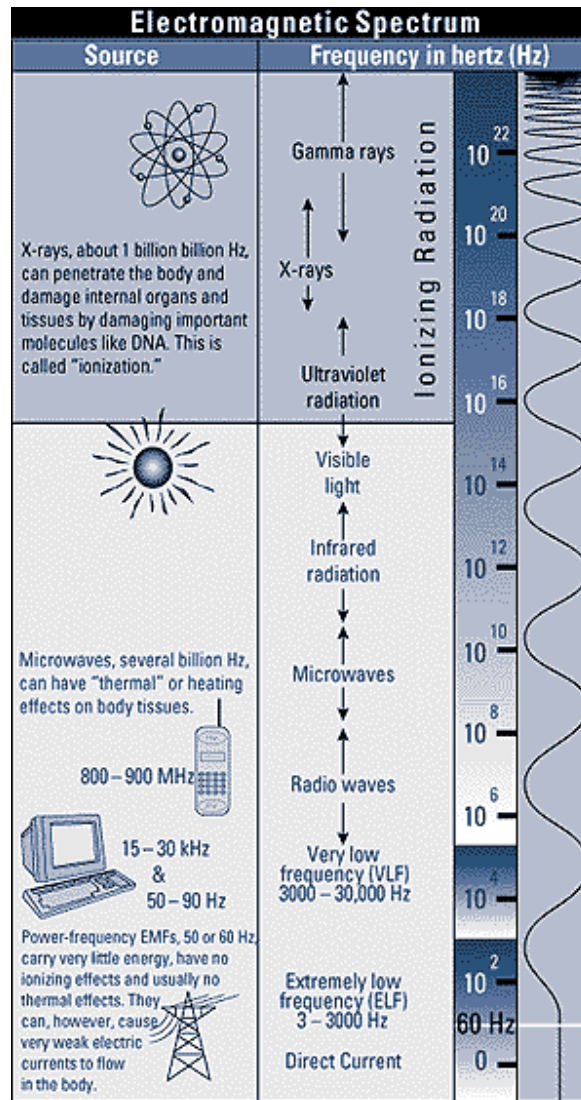


Figura 4 – Espectros de Frequências de Campos Eletromagnéticos.

Fonte: <http://www.cpdee.ufmg.br/~jramirez/publicacoes/acn2001.pdf>. Março de 2001.

A exposição de seres humanos e animais a campos elétricos e magnéticos 60 Hz induz correntes elétricas internas.

A densidade da corrente induzida é não uniforme em todo o corpo. A distribuição da corrente induzida por campos magnéticos é diferente daquela induzida por campos elétricos. Campos elétricos E são geralmente medidos em volts por metro (V/m) e campos magnéticos em microtesla (μT).

Os níveis ambientes de campos magnéticos 60 Hz em residências, e na maioria dos locais de trabalho é de: 0,01 – 0,3 μT . Níveis mais elevados são encontrados diretamente abaixo de LTs de alta tensão e em alguns locais de trabalho. Alguns eletrodomésticos produzem campos magnéticos que superam 100 μT . Para comparação, cabe citar que o campo magnético estático da terra é de aproximadamente 50 μT . Campos magnéticos da magnitude dos encontrados em residências induzem correntes no corpo humano que são muito menores do que as correntes naturalmente induzidas com o funcionamento de nervos e músculos. Entretanto, a exposição ao campo de alguns eletrodomésticos pode produzir campos elétricos em pequenas regiões localizadas do corpo humano que são comparáveis ou mesmo maiores do que o campo interno natural do corpo.

Cabe ressaltar que a magnitude do maior campo elétrico induzido no corpo humano não é determinada com precisão.

2.12 CONCEITOS

2.12.1 GERAÇÃO

A geração de energia elétrica é realizada por usinas geradoras, através do aproveitamento de outras fontes de recursos energéticos, tais como: hídricos, térmicos, nucleares, eólicos, solar. Uma usina hidrelétrica apresenta as principais características: barragem, reservatório, estruturas de concreto (tomada d'água e vertedouro), e casa de força, onde estão instalados os principais equipamentos de geração, tais como: geradores e turbinas.

2.12.2 SUBESTAÇÃO

A transformação, redistribuição, seccionamento e medição da energia elétrica gerada nas usinas são realizadas através das subestações elétricas, compostas de vários equipamentos, além de barramentos. Uma subestação elétrica apresenta os

principais equipamentos: transformadores e autotransformadores, disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores de corrente e de potencial, párraíais e reatores.

2.12.3 LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

O transporte da energia é realizado através de linhas aéreas ou subterrâneas. As linhas aéreas apresentam em geral, condutores nus, suportados por estruturas, das quais são isolados através de isoladores. As linhas subterrâneas, em geral apresentam cabos isolados, instalados em redes de dutos. Existem dois tipos principais de linhas para transporte da energia elétrica, as de transmissão e as de distribuição.

O transporte da energia gerada nas usinas até as estações transformadoras, bem como a interligação com outros sistemas de transmissão, é realizado através das linhas de transmissão, que operam em alta tensão, permitindo que a energia seja transportada a partir de longas distâncias. No Brasil as linhas operam em diversas classes de tensão, sendo tensões típicas: 69 kV, 138 kV, 230 kV, 345 kV, 440 kV, 500 kV e 765 kV, e são classificadas em:

- Linhas de Transmissão: classe de tensão igual ou maior que 230 kV
- Linhas de Subtransmissão: classe de tensão abaixo de 230 kV.

2.12.4 CIRCUITOS DE DISTRIBUIÇÃO

O transporte da energia das subestações transformadoras de distribuição é realizado através dos circuitos de distribuição, que operam em média tensão. No Brasil os circuitos de distribuição operam em diversas classes de tensão, sendo tensões típicas: 11 kV, 13,8 kV, 21 kV, 24 kV e 34,5 kV.

2.12.5 INTENSIDADE DE CAMPO ELÉTRICO (E)

Amplitude da força exercida sobre uma carga elétrica estacionária positiva e unitária, localizada em um ponto de um campo elétrico. É expressa pela equação 3:

$$E = V.m^{-1} \text{ (Volt / metro) (3)}$$

2.12.6 INTENSIDADE DE CAMPO MAGNÉTICO (H)

Grandeza vetorial que conjuntamente com a densidade de fluxo magnético especifica um campo magnético em qualquer ponto do espaço. É expressa pela equação 4:

$$H = A. m^{-1} \text{ (Ampère / metro) (4)}$$

2.12.7 DENSIDADE DE FLUXO MAGNÉTICO (B)

Amplitude da grandeza vetorial que representa uma força que age sobre uma carga em movimento. É expressa em T (Tesla) ou G (Gauss). As unidades apresentam a relação:

$$1 T = 10^4 G$$

2.12.8 DENSIDADE DE CORRENTE (J)

Vetor cuja integral sobre uma superfície é igual à corrente que atravessa essa superfície. A densidade média em um condutor linear é igual à corrente dividida pela seção transversal do condutor. É expressa pela equação 5:

$$J = A. m^{-2} \text{ (Ampère por metro quadrado) (5)}$$

2.12.9 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (S)

Grandeza escalar ou vetorial, cujo produto pela intensidade de campo elétrico é igual à densidade de corrente de condução. É expressa pela equação 6:

$$\sigma = S. m^{-1} \text{ (Siemens por metro) (6)}$$

2.12.10 CAMPO MAGNÉTICO

Um campo magnético pode ser especificado através da densidade de fluxo magnético (B) ou da intensidade de campo magnético (H). As duas grandezas são relacionadas pela equação 7:

$$B = \mu H \quad (7)$$

Onde:

μ é a constante de proporcionalidade (permeabilidade magnética). No vácuo, no ar e em materiais não magnéticos, incluindo meios biológicos, essa constante tem o valor de $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H.m}^{-1}$ (Henry / metro).

2.13 CRITÉRIOS PARA LIMITAÇÃO

As diretrizes reconhecidas e adotadas pela Organização WHO são estabelecidas pela ICNIRP, sucessora do IRPA e de seu Grupo de Trabalho denominado INIRC que regulamenta sobre a exposição a campos elétricos e magnéticos.

2.14 DIRETRIZES PARA LIMITAÇÃO

As diretrizes são estabelecidas baseadas em efeitos na saúde de caráter imediato, em curto prazo, como estimulação das células nervosas do cérebro, de nervos periféricos, de músculos, incluindo o coração, além de choques e queimaduras causadas por contacto com objetos condutores, podendo envolver em função da intensidade de corrente aplicada, dificuldades de respiração e fibrilação ventricular (batimento cardíaco desordenado). O principal mecanismo de interação é a indução de corrente elétrica, e os efeitos ocorrem durante o período de exposição aos campos.

2.15 NÍVEIS DE EXPOSIÇÃO

Os níveis de exposição a campos elétricos e magnéticos são estabelecidos a partir de restrições básicas fundamentadas através de grandezas físicas, correlacionadas aos efeitos biológicos da exposição. Para a frequência de 50 e 60 Hz, a grandeza utilizada para especificar tais restrições é a densidade de corrente, uma vez que na faixa de frequências de 4 Hz a 1 kHz, em níveis de intensidade de correntes induzidas superiores a 100 mA.m^{-2} , são excedidos os limiares para mudanças agudas na excitabilidade do sistema nervoso central e para outros efeitos agudos, como a reversão do potencial evocado visualmente. A partir desse parâmetro, foi estabelecido que para frequências na faixa de 4 Hz a 1 kHz, a exposição ocupacional deve ser limitada a campos com densidades de corrente inferiores a 10 mA.m^{-2} , ou seja adotando-se um fator de segurança igual a 10. Para o público em geral, foi adotado o fator de segurança de 50, resultando em uma restrição básica para a exposição de 2 mA.m^{-2} .

Em função da pouca disponibilidade de dados relacionando as correntes transitórias com efeitos na saúde para a faixa de frequência de 4 Hz a 1 kHz, a OMS recomenda que os valores indicados nas restrições para densidades de correntes induzidas por transitórios ou campos com picos de duração muito curta, sejam tomados como valores instantâneos e não como médias temporais (ABRICEM, 2004).

2.16 NÍVEIS DE REFERÊNCIA

Os níveis de referência para exposição são fornecidos para comparação com valores medidos nas grandezas físicas. A concordância com os níveis de referência apresentados nesses critérios assegura a concordância com as restrições básicas. No caso dos valores medidos serem superiores em relação aos níveis de referência, não significa necessariamente que as restrições tenham sido excedidas, mas uma análise

mais detalhada se faz necessária, para avaliar a concordância com as restrições básicas.

2.17 NÍVEIS DE REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Os Níveis de Referências Normativas são estabelecidos a partir das restrições básicas, através do modelamento matemático e por extrapolação de resultados de investigações de laboratório em frequências específicas. Os níveis são fornecidos para a condição de acoplamento máximo do campo com o indivíduo exposto, permitindo dessa forma o máximo de proteção.

2.18 MODELOS MATEMÁTICOS

2.18.1 CAMPO MAGNÉTICO

Para campos de baixas frequências, foram desenvolvidos vários métodos de computação e métodos de medida para derivar níveis de referência para intensidades de campo, a partir das restrições básicas. As simplificações que foram adotadas até o presente, não consideraram fenômenos tais como a distribuição não homogênea e a anisotropia da condutividade elétrica e de outras propriedades dos tecidos, de importância para esses cálculos.

Modelos para o campo magnético admitem que o corpo tem condutividade homogênea e isotrópica utilizando caminhos condutivos fechados e circulares, para estimar as intensidades de correntes induzidas em diferentes órgãos e partes do corpo utilizando a seguinte equação para campo senoidal de frequência f conforme resulta da Lei da Indução de Faraday, fórmula 8.

$$J = B\pi R f \sigma B \quad (8)$$

Onde:

B é a densidade de fluxo magnético;

R é o raio do caminho considerado para a indução da corrente;

σ é a condutividade.

Se, por simplicidade, for admitida uma condutividade homogênea de $0,2 \text{ S.m}^{-1}$, uma densidade de fluxo magnético de 1G, na frequência de 50 Hz, serão geradas densidades de corrente entre 0,2 e 2 mA.m^{-2} na área periférica do corpo (CRP 1997). De acordo com outra análise, níveis de exposição de 60 Hz e 1 G correspondem a densidades médias de corrente de 0,28 mA.m^{-2} e a densidades de corrente máximas de aproximadamente 2 mA.m^{-2} . Cálculos mais realísticos baseados em modelos anatomicamente e eletricamente refinados, resultaram em densidades de corrente máximas excedendo 2 mA.m^{-2} para um campo de 1 G em 60 Hz. Porém, a presença de células biológicas afeta a distribuição espacial de correntes induzidas e campos, resultando em diferenças significativas na magnitude (maior por um fator de 2) e no fluxo da corrente induzida, em comparação com o previsto por análises simplificadas (ABRICEM, 2004).

2.18.2 CAMPO ELÉTRICO

Modelos de campo elétrico devem levar em conta o fato que, dependendo das condições da exposição, do tamanho, da forma e posição do corpo exposto no campo, a densidade da carga da superfície pode variar muito, resultando numa distribuição de correntes variável e não uniforme dentro do corpo. Para campos elétricos senoidais em frequências abaixo de 10 MHz, aproximadamente, a intensidade da densidade da corrente induzida no interior do corpo aumenta com a frequência.

A distribuição da densidade de corrente induzida varia inversamente com a seção transversal do corpo e pode ser relativamente alta no pescoço e nos tornozelos. O nível de exposição de 5 kV.m^{-1} para exposição do público em geral, corresponde, nas piores condições, a uma densidade de corrente induzida de quase 2 mA.m^{-2} no pescoço e no tronco, se o vetor campo elétrico for paralelo ao eixo do corpo. Todavia a densidade de corrente induzida por 5 kV.m^{-1} obedece às restrições básicas, nas piores condições reais de exposição.

2.19 NÍVEIS DE CAMPO ELÉTRICO E CAMPO MAGNÉTICO

Os níveis de referência para campos elétricos e magnéticos devem ser considerados separadamente e não aditivamente.

Isto porque, para fins de proteção, as correntes induzidas por campos elétricos e magnéticos não são aditivas.

A Organização Mundial de Saúde recomenda para a exposição ambiental, isto é, para público geral a campos elétricos e magnéticos variáveis no tempo na frequência de 50 e 60 Hz os seguintes limites:

- Campo Elétrico: 4,20 kV/m
- Campo Magnético: 0,83 G

2.20 NÍVEIS DE CORRENTE DE CONTATO E INDUZIDAS

Até a frequência de 2,5 kHz o nível de referência para corrente de contato para exposição do público em geral é de 0,5 mA. Correspondendo à metade do estabelecido para a exposição ocupacional pela Organização Mundial de Saúde, tendo em vista que os limiares para as correntes de contato que produzem respostas biológicas em crianças e mulheres adultas correspondem a aproximadamente metade e dois terços respectivamente dos limiares para homens adultos (ABRICEM, 2004).

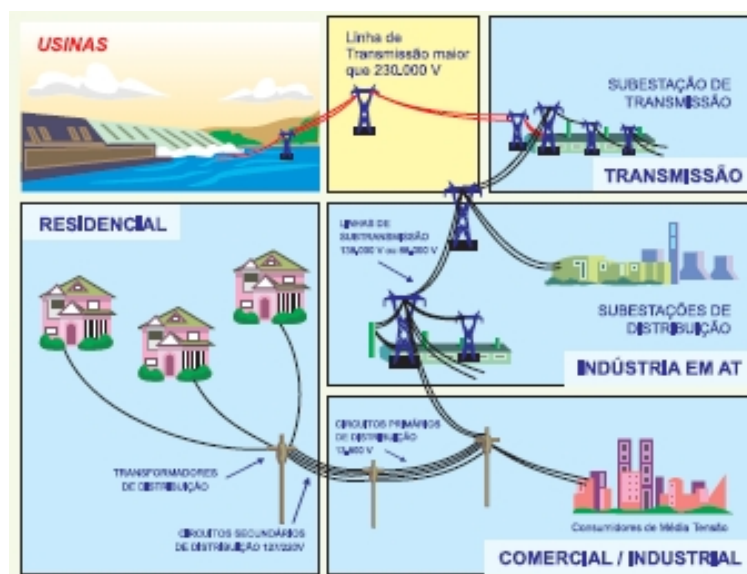


Figura 5 – Componentes Básicos de um Sistema de Energia Elétrica.

Fonte: ABRICEM <<http://www.abricem.com.br>>. Março de 2001.

2.21 METODOLOGIA DE MEDIÇÃO

2.21.1 SELEÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

Os locais para medição de níveis de campos elétricos e campos magnéticos deverão ser previamente selecionados, através de avaliação das plantas da instalação, de forma que seja mapeada a distribuição destes campos na área a ser avaliada, levando-se em consideração as regiões onde teoricamente se apresentam campos em níveis mais elevados.

Esses locais deverão ainda, quando possível, apresentar fácil acesso e localização afastada de outras fontes emissoras eletromagnéticas. Especialmente na avaliação de níveis de campos elétricos, recomenda-se que os pontos de medição apresentem localização afastada de árvores e massas metálicas, que interferem no resultado das medições. Na impossibilidade de se atender a tal premissa, todos os agentes interferentes citados deverão ser identificados e discriminados com suas respectivas características, geometria e locação em relação aos respectivos pontos de medição, para que sejam considerados na avaliação final dos trabalhos.

A norma técnica brasileira da ABNT NBR 15415 estabelece métodos de medição e níveis de referência para exposição a campos elétricos e magnéticos na frequência de 50 Hz e 60 Hz. Explica a metodologia de medição e níveis de referência para exposição a campos elétricos e magnéticos de 50 Hz e 60 Hz para o público geral, ao redor das instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica acima de 1 kV (ABNT NBR 15415:2006).

Os valores da potência irradiada ou dos campos criados por uma fonte podem ser determinados por meio de cálculos matemáticos ou através de medições (MURTA, 2002).



Figura 6: Medições em linha de transmissão de 525 kV, banco de capacitores de 525 kV e subestação de distribuição em 138 kV.

Fonte: Emfield < <http://www.emfield.com.br> >. 2011.

2.21.2 LINHAS DE TRANSMISSÃO, SUBTRANSMISSÃO E CIRCUITOS DE DISTRIBUIÇÃO

Além dos critérios acima, os pontos para mapeamento das linhas citadas deverão ser selecionados em regiões preferencialmente afastadas de ângulos fortes superiores a trinta graus, transposições ou cruzamentos com outras linhas, que igualmente interferem no resultado das medições.

Na impossibilidade do atendimento a essa recomendação, ou quando desejável a obtenção de níveis máximos de intensidade de campo no ponto selecionado, considerando-se a influência dos agentes citados e a presença de múltiplas fontes geradoras de campos, todos deverão ser também identificados e caracterizados na forma acima citada, para que sejam considerados na avaliação final dos trabalhos. Nesse caso, se necessário, recomenda-se que as medições sejam complementadas por uma avaliação espectral, para que sejam especificamente identificadas e quantificadas as contribuições não pertinentes à fonte avaliada.

Sugere-se preferencialmente que os pontos para medição sejam selecionados no meio dos vãos das linhas, onde os campos apresentam magnitudes importantes e

não são influenciados por estruturas metálicas que suportam os respectivos condutores.

Áreas contíguas a alimentadores, onde os campos apresentam maiores intensidades, também são consideradas como pontos importantes para a execução das medições.



Figura 7: Linhas de Transmissão.

Fonte: Ciência Hoje < <http://cienciahoje.uol.com.br> >. 2009.

2.21.3 USINAS E SUBESTAÇÕES

Os pontos para mapeamento em usinas e subestações deverão ser selecionados nas proximidades das fontes emissoras de campos elétricos e magnéticos isto é, barramentos, transformadores de potência, transformadores de corrente, transformadores de potencial, disjuntores, chaves seccionadoras, reatores, párraios, cabos de força, levando-se em consideração o arranjo físico da instalação, as atividades de operação e manutenção ali exercidas e a exposição ocupacional, em função dos postos de trabalho.

2.21.4 ÁREAS URBANAS

Em áreas urbanas e regiões habitadas ou com circulação e ou concentração de público, contíguas às linhas de transmissão, subtransmissão, circuitos de distribuição,

usinas e subestações, os pontos para mapeamento das áreas citadas deverão ser selecionados considerando-se os locais passíveis de aglomeração e trânsito de pessoas, tais como praças, avenidas, além de residências uni e plurifamiliares, escolas, clubes, hospitais, igrejas, entre outros.

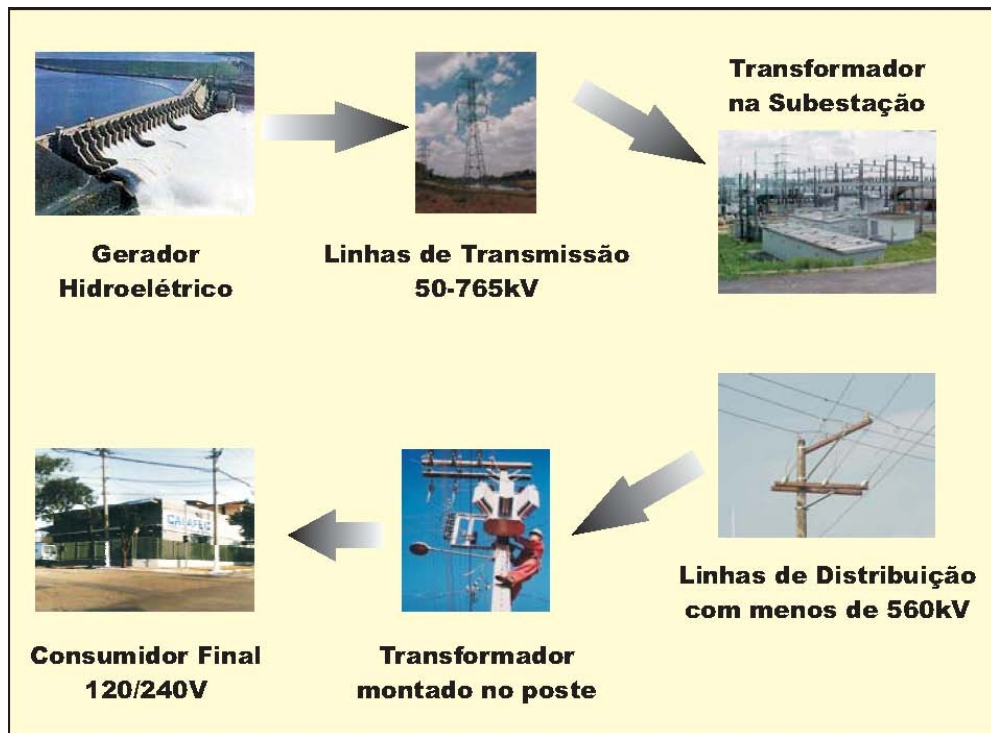


Figura 8: Componentes Básicos de um Sistema de Energia Elétrica.

Fonte: ABRICEM < <http://www.abricem.com.br> >. 2006.

2.22 INSTRUMENTAÇÃO

2.22.1 MEDIDORES DE BANDA LARGA

São equipamentos que fornecem o valor eficaz (RMS) total do campo em uma determinada faixa de frequência. Dessa forma, o valor obtido na leitura corresponde à soma das intensidades dos campos de todas as fontes de energia eletromagnética pertencente a essa faixa de frequência. A grandeza medida, campo elétrico ou magnético, depende da ponta de prova utilizada.

2.22.2 MEDIDORES DE BANDA ESTREITA OU SINTONIZÁVEIS

São equipamentos com largura de banda mais restrita, o que permite efetuar a medição do campo elétrico ou magnético correspondente a uma frequência específica. São adequados quando há várias fontes de campo no ambiente e deseja-se determinar a intensidade de campo correspondente a cada fonte. Como exemplos desses equipamentos destacam-se os analisadores de espectro e os receptores.

2.22.3 MONITORES INDIVIDUAIS

São equipamentos portáteis, de uso pessoal, utilizado para medir a intensidade de exposição individual a campos magnéticos, dotados de alarme visual e audível, acionado sempre que o nível de campo avaliado se exceder a 50 % (cinquenta por cento) do limite pré-estabelecido. Apresentam a resultante (valor eficaz – RMS) das três componentes ortogonais do campo magnético a cada 0,5 (meio) segundos. Operados a bateria e dotados de memória permanente, o que permite que os dados sejam armazenados mesmo quando o equipamento for desligado (ABRICEM, 2004).

2.22.4 PONTAS DE PROVA OU ANTENAS

Os instrumentos citados nos itens anteriores são operados através de acoplamento a pontas de prova ou antenas, classificadas segundo a grandeza mensurada, campo elétrico ou campo magnético, e quanto à direcionalidade, lineares ou isotrópicas. As pontas de prova lineares fornecem um sinal proporcional à componente do campo em uma determinada direção do espaço, a qual depende do posicionamento da antena. Para obter-se o valor total do campo resultante, são necessárias três medições em três direções ortogonais. A resultante será dada pela equação 9:

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (9)$$

2.22.5 CONFIGURAÇÃO DE PONTAS ISOTRÓPICAS

As pontas de prova isotrópicas são configuradas através da combinação de três antenas lineares, posicionadas em três eixos ortogonais, sendo que o sinal fornecido por esse transdutor corresponde ao somatório das componentes do campo sobre os três eixos, fornecendo o valor total do campo, com apenas uma medição. A medição se resume em posicionar a ponta de prova de modo a se obter a máxima leitura no ponto desejado. As principais pontas de prova utilizadas para medição de campo elétrico e magnético segue abaixo.

2.22.6 ANTENA DE QUADRO (LOOP)

Antena de Quadro (Loop) é um transdutor que fornece um sinal elétrico em seus terminais de saída proporcional à intensidade do campo magnético. Tem formato circular. Os modelos comerciais cobrem uma determinada faixa de frequências e não são sintonizáveis em uma frequência fixa. Para se obter o valor do campo magnético em uma determinada frequência, deve ser somado à leitura obtida no instrumento de medição o valor do fator de correção da antena para essa frequência. Esse valor deve ser fornecido em forma de curva ou tabela pelo fabricante da antena.

2.22.7 ANTENA DIPOLO

Antena Dipólo é um transdutor que fornece um sinal elétrico em seus terminais de saída proporcional à intensidade do campo elétrico. Tem formato linear. Existem modelos sintonizáveis e modelos de banda larga, que cobrem uma determinada faixa de frequências e não são sintonizados em uma frequência fixa. Para obter-se o valor do campo elétrico em uma determinada frequência, deve ser somado à leitura obtida no instrumento de medição, o valor do fator de correção da antena para essa frequência. Esse fator deve ser fornecido em forma de curva ou tabela pelo fabricante.

2.22.8 ANTENA BICÔNICA

Antena Bicônica é um transdutor que fornece um sinal elétrico em seus terminais de saída, proporcional à intensidade do campo elétrico. Para obter-se o valor do campo em uma determinada frequência, deve ser somado à leitura no instrumento de medição o valor do fator de correção da antena para essa frequência. Esse fator é fornecido nas formas acima discriminadas pelo fabricante.

2.22.9 ANTENA LOG PERIÓDICA

Antena Log Periódica de forma semelhante à antena bicônica, porém com outra geometria, essa antena também é de banda larga e cobre uma faixa de frequências normalmente superior à das antenas bicônicas. Também aqui deve ser utilizado o fator de correção da antena, fornecido em forma de curva ou tabela pelo fabricante.

2.22.10 PONTAS DE PROVA ISOTRÓPICAS

Pontas de Prova Isotrópicas são transdutores de banda larga, composta por conjunto de três antenas loops, ou três antenas dipólos, formando um conjunto compacto e associado, na maioria dos casos a um instrumento de medição, que fornece diretamente a leitura do campo elétrico ou magnético.

2.23 CALIBRAÇÃO

Os métodos de calibração existentes fundamentam-se na premissa de que um campo conhecido pode ser estabelecido através de medições práticas, cálculos teóricos, ou da combinação de ambos. A escolha do método e das técnicas para calibração depende do tipo e dimensões da ponta de prova, faixa de frequência, facilidades e equipamentos disponíveis, além do nível de precisão requerida.

2.24 INSTRUMENTAÇÃO

Toda a instrumentação utilizada para os trabalhos de medição deverá estar devidamente calibrada, dentro das especificações do fabricante, e abrangendo a faixa de frequência de interesse. O certificado de calibração correspondente deverá ser anexado aos respectivos laudos de avaliação das instalações, indicando a metodologia e técnicas utilizadas.

2.25 CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

O certificado de calibração deverá ser emitido pelo INMETRO, laboratório credenciado ou por instituição técnica devidamente capacitada, comprovando que a calibração do instrumento se encontrava dentro de sua validade, na data das medições.

2.26 DIRETRIZES E PROCEDIMENTOS PARA AS MEDIÇÕES

2.26.1 ALTURA DA MEDIÇÃO

Os campos elétricos e magnéticos deverão ser medidos a uma altura de 1 (um) metro acima do nível do solo, para comparação com os níveis de segurança recomendados. Eventualmente, poderão ser realizadas medições ao nível de 1,50 (um e cinquenta) metros acima do solo, altura compatível com os membros superiores da escala humana.

2.26.2 HORÁRIO DAS MEDIÇÕES

As medições deverão ser realizadas preferencialmente 2 (duas) vezes ao dia, em horários distintos, observando-se a variação da curva de carga da instalação, que consiste em uma representação gráfica demonstrando o consumo de energia na unidade de tempo, apresentando pontos de baixo, médio e alto consumo de energia.

Em áreas predominantemente residenciais, por exemplo, os pontos de alto consumo, em geral estão concentrados entre os horários de 18 (dezoito) e 21 (vinte e uma) horas, caracterizando o horário de ponta, enquanto que ao longo do dia, e particularmente na madrugada, são encontrados pontos de baixo e baixíssimo consumo, respectivamente. Quando realizada medição diária, deverá ser anexada à curva de carga da instalação, correspondente ao dia da medição (ABRICEM, 2004).

2.27 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

2.27.1 LINHAS DE TRANSMISSÃO, SUBTRANSMISSÃO E CIRCUITOS DE DISTRIBUIÇÃO

As seguintes informações, quando pertinentes deverão estar disponibilizadas antes do início das medições: classe de tensão, tipo de circuito, número de condutores por fase, subespaçamento entre condutores, diâmetro dos condutores de fase, diâmetro dos condutores do cabo párraios, distância entre fases, média dos condutores no meio do vão, altitude média do local, comprimento do vão, largura da faixa de servidão, carregamento do circuito, corrente nominal e máxima de operação.

2.27.2 USINAS E SUBESTAÇÕES

Em usinas e subestações, deverão ser previamente levantadas as características operacionais das principais fontes geradoras de campos elétricos e magnéticos, bem como o arranjo físico da instalação.

2.27.3 EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS COMPLEMENTARES

Além da instrumentação, é recomendada a utilização dos seguintes equipamentos e acessórios para realização das medições em campo: termohigrômetro, trena, arranjo físico da instalação, equipamentos de proteção individual (EPI)

2.28 PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO DE CAMPO ELÉTRICO

2.28.1 SENSOR DE CAMPO ELÉTRICO

O sensor de campo elétrico deve ser orientado preferencialmente de forma a ler o campo elétrico vertical, por ser o valor regularmente utilizado para caracterizar os efeitos dos campos em objetos e pessoas. A medição deve ser realizada com o suporte totalmente isolado e as leituras no medidor executadas pelo próprio operador, que deverá estar a 02 (dois) metros do sensor e totalmente isolado do solo. A umidade relativa em todas as medições deverá ser inferior a 80 % (oitenta por cento).



Figura 9 – Sensor de Campo Elétrico

Fonte: http://www.3bscientific.com.br/Sensores-para-a-fisica/Sensor-de-campo-magnetico-U11360,p_83_578_559_839.html. 2011

2.28.2 LINHAS DE TRANSMISSÃO, SUBTRANSMISSÃO E CIRCUITOS DE DISTRIBUIÇÃO

As medições devem ser realizadas a partir do ponto previamente selecionado, ou preferencialmente a partir do meio do vão da linha. Para levantamento do perfil longitudinal, quando possível recomenda-se que as medições sejam executadas entre as distâncias de 0 (zero) a 30 (trinta) metros a partir do ponto selecionado, respectivamente nos dois sentidos em relação a esse ponto, com espaçamento de 5 (cinco) metros. Para levantamento do perfil lateral as medições devem ser realizadas no sentido perpendicular à linha, conforme discriminação abaixo:

a) Sobre a faixa correspondente à projeção horizontal da linha no solo nos dois sentidos em relação ao ponto selecionado, com espaçamento de 1 (um) metro.

b) Fora da faixa correspondente à projeção horizontal da linha no solo nos dois sentidos em relação ao ponto selecionado, até os limites da faixa de servidão da linha, com espaçamento não superior a 5 (cinco) metros.

2.28.3 USINAS E SUBESTAÇÕES

Deverão ser executadas medições estáticas, nos pontos selecionados, em conformidade com o exposto acima. No caso de avaliação de trabalhadores ocupacionalmente expostos, deverão ser utilizados monitores individuais, em conformidade com normas e recomendações relacionadas à exposição ocupacional.

2.28.4 ÁREAS URBANAS

Medições em áreas urbanas e regiões habitadas ou com circulação e ou concentração de público, contíguas a Linhas de Transmissão, Subtransmissão, Circuitos de Distribuição, Usinas e Subestações. Deverão ser executadas as medições estáticas nos pontos determinados, em conformidade com o item exposto anterior, acima.

2.28.5 FONTES DE ERROS NAS MEDIÇÕES

As fontes mais prováveis de erros nas medições de campos elétricos, para as quais devem ser tomadas precauções são: dificuldades no posicionamento do medidor, efeitos da umidade, efeitos da temperatura, efeitos da proximidade do operador.

2.28.6 PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO

As medições de campos magnéticos deverão ser realizadas através de varredura dinâmica nos pontos previamente selecionados, com o sensor orientado nas direções

X, Y e Z, de forma a se obter a leitura do campo magnético nas direções horizontal, vertical e perpendicular à fonte geradora do mesmo. A intensidade total do campo será calculada posteriormente, em função dos dados das componentes nas três direções.

2.28.7 SENSOR DE CAMPO MAGNÉTICO

No caso de utilização de instrumentação isotrópica, o sensor deverá ser girado lentamente em várias direções, até que seja encontrada a máxima leitura, que corresponderá à intensidade total do campo magnético. Diferentemente do campo elétrico, o campo magnético não é influenciado pela presença do operador ou pela presença do medidor, que é constituído de material não magnético.

2.28.8 LINHAS DE TRANSMISSÃO, SUBTRANSMISSÃO E CIRCUITOS DE DISTRIBUIÇÃO

Deverão ser usados os mesmos procedimentos adotados para medição de campo elétrico conforme descrito no item anterior. Caso necessite o levantamento do perfil vertical da linha recomenda-se a realização através da execução de no mínimo 4 (quatro) medições junto a essas áreas, em pontos situados entre 1 (um) metro em relação ao solo e a altura do condutor superior da linha, ou de ponto mais elevado em relação a esse condutor, desde que passível de proximidade de ocupação humana. Essas medições deverão ser realizadas com a utilização de equipamento apropriado (veículo com dispositivo para içamento vertical), e após avaliação teórica dos níveis de exposição nos pontos selecionados.

2.29 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

As informações abaixo relacionadas às características da instrumentação utilizada para as medições, o ambiente avaliado e as recomendações adotadas para realização das mesmas, são consideradas importantes, e deverão constar no Laudo de

Avaliação da Instalação: características das instalações, características dos equipamentos componentes da planta e arranjo físico da instalação, planta do local em observação, com indicação das alturas dos objetos fixos - casas, estruturas, árvores, referência da norma ou recomendação utilizada, data e horários - início e término das medições, corrente e tensão da instalação no ato da medição, condições climáticas - temperatura e umidade, no ato da medição.

Os limites máximos de exposição da R.N. nº. 398/2010 (Art. 3º) foram retirados do documento intitulado “*Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)*” publicado em 1997 pela Comissão Internacional de Proteção Contra Radiação Não Ionizante – ICNIRP. Os limites estabelecidos neste documento não possuem caráter normativo e sim orientativo, sendo atualmente utilizados pela Organização Mundial da Saúde – OMS como referência no assunto.

A adoção dos limites da ICNIRP (apresentados na Tabela 1) é orientada ainda pela Lei Federal nº. 11934 de 5 de maio de 2009.

População exposta	Campo elétrico	Campo magnético
Trabalhadores	8,33 kV/m	416,67 µT
Público em geral	4,17 kV/m	83,33 µT

Tabela 1- Limites de exposição
Fonte: ICNIRP/OMS

Os limites da ICNIRP são baseados em efeitos conhecidos e reconhecidos cientificamente e são atualmente os mais adequados no âmbito internacional. Uma questão importante sobre o assunto é o fato de que a ICNIRP está aprimorando seus trabalhos e eventualmente os níveis máximos de exposição podem ser atualizados quando da publicação do trabalho atualizado.

Como a legislação brasileira está seguindo a ICNIRP acredita-se que em um futuro breve os limites de exposições nacionais podem ser alterados, inclusive com valores mais conservativos caso a ICNIRP aponte neste sentido. Tal situação pode levar eventualmente o setor elétrico a ter que respeitar os limites muito mais restritos que os atuais. Ver tabela 2.

	Campo Elétrico (kV/m)	Campo Magnético (μT)
Público em Geral	4,17	83,33
População Ocupacional	8,33	416,67

Tabela 2: Níveis de Referência para campos elétricos e magnéticos variantes no tempo na frequência de 60 Hz.

Fonte: Aneel - Resolução Normativa nº. 398, de 23 de março de 2010.

2.30 TIPOS DE INSTALAÇÕES E LIMITES DA RESOLUÇÃO NORMATIVA 398/2010

Devem respeitar os limites estabelecidos pela resolução normativa nº. 398/2010 todas as empresas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica instalada no Brasil, mesmo aquelas que possuem apenas instalações de interesse restrito.

A Resolução Normativa nº. 398/2010 em seu Artigo 8º estabelece que todas as empresas de geração, transmissão ou distribuição deverão encaminhar à ANEEL relatórios de cálculo ou medição de todas as suas instalações com tensão igual ou superior a 138 kV.

Algumas empresas estão interpretando este assunto de maneira que não serão necessárias as medições ou cálculos em instalações com tensão inferior a 138 kV, porém o parágrafo 2 do Artigo 8º estabelece adicionalmente que as empresas terão que encaminhar à ANEEL documentos que garantam que suas instalações com tensão inferior a 138 kV também respeitam os limites de exposição estabelecidos.

É sabido que algumas instalações com tensão inferior a 138 kV possuem campos magnéticos muito intensos como, por exemplo, centrais geradoras, subestações de distribuição em 13,8 kV ou 34,5 kV ou mesmo alimentadores de média tensão.

Frente ao exposto algumas das empresas que possuem instalações deste tipo somente conseguirão garantir à ANEEL o cumprimento dos limites caso façam cálculos ou medições sob pena de poderem faltar com a verdade quando do envio do referido documento à agência reguladora.

O envio dos resultados de cálculos ou medições à ANEEL deve ser feito nos seguintes prazos a contar do dia 23 de março de 2010:

I - até 120 (cento e vinte) dias para instalações com tensão superior a 500 kV.

II - até 240 (duzentos e quarenta) dias para instalações com tensão superior a 230 kV e menor ou igual a 500 kV.

III - até 300 (trezentos) dias para instalações com tensão menor ou igual a 230 kV e maior ou igual a 138 kV.

A correspondência relativa a instalações com tensão inferior a 138 kV deve ser enviada à ANEEL.

Um diagrama simplificado do procedimento de verificação dos requisitos da R.N. nº. 398/2010 é apresentado abaixo.

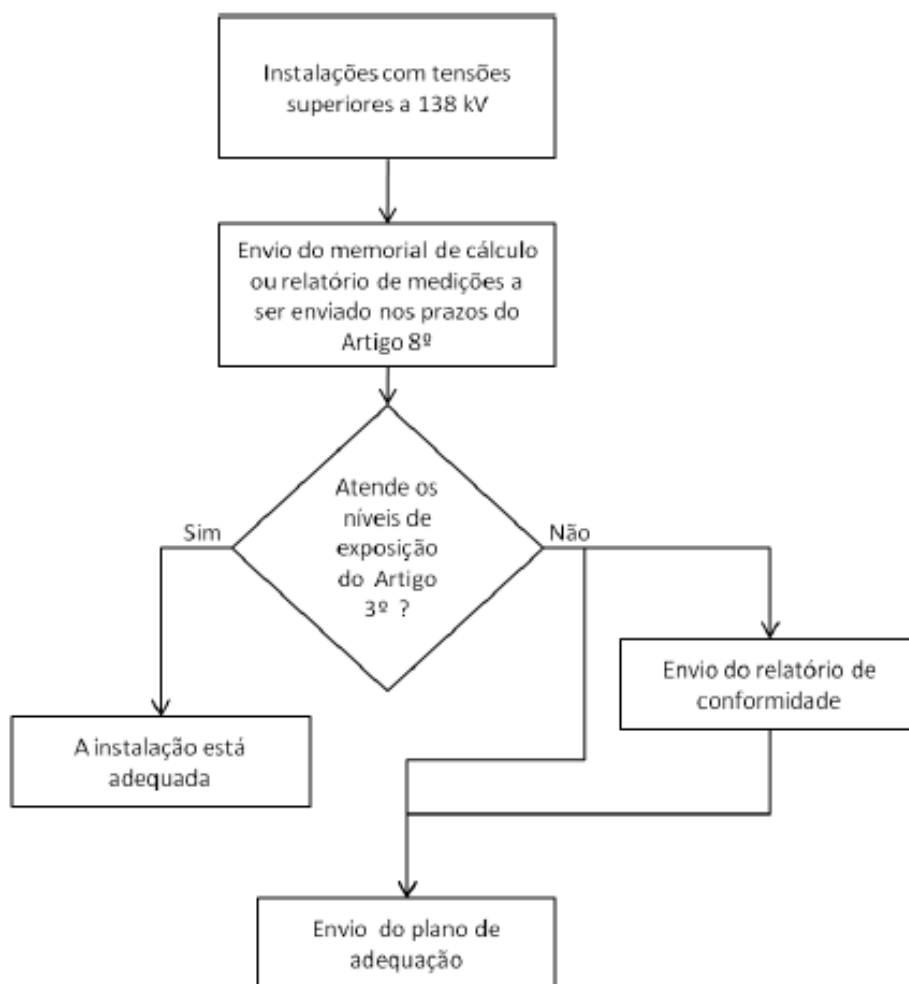


Figura 10: Diagrama de atendimento da R.N. nº. 398/2010.

Fonte: Ciência e Tecnologia <<http://www.fisica.uel.br/c&t/index.html>>. 2006.

Uma dúvida de grande parte das concessionárias diz respeito ao chamado Relatório de Conformidade. Em uma análise aprofundada da resolução pode-se entender que o relatório de conformidade é idêntico ao memorial de cálculo ou medição a ser apresentado à ANEEL.

2.32 O PRAZO DE ATENDIMENTO

O cumprimento dos prazos depende das empresas e também de condições atmosféricas visto que as medições necessitam de subestações podem ser feitas apenas na ausência de chuvas. As medições, quando realizadas, devem ser executadas no período de carga pesada, conforme metodologia estabelecida na NBR 15415/2006, da Associação Brasileira de Normas Técnicas da ABNT, com equipamentos com certificado de calibração emitido por órgão credenciado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO.

Os agentes de geração, transmissão e distribuição devem encaminhar à ANEEL uma correspondência assegurando que suas instalações com tensão inferior a 138 kV não emitem campos elétricos e magnéticos superiores aos níveis de referência, no prazo estabelecido na resolução normativa nº 398, para cada nível de tensão.

2.33 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

O Artigo 3º, § 3º da Resolução Normativa nº. 398/2010 da ANEEL exige que os instrumentos a serem utilizados nas medições devem ser calibrados em laboratório credenciado pelo INMETRO. Tal exigência não é aplicável uma vez que não existe até o presente momento nenhum laboratório nacional credenciado para a calibração das grandezas campo elétrico e campo magnético em baixa frequência.

O texto correto da Resolução Normativa nº. 398/2010 deveria exigir que os equipamentos sejam calibrados em laboratório de acordo com os padrões internacionais de referência o que é mais adequado do ponto de vista metrológico.

3. METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito de técnicas de medição de campos eletromagnéticos, de trabalhos similares já realizados, normas e recomendações sobre níveis aceitáveis de radiação eletromagnética.

Foi aplicado um questionário, ver figura 11, contendo respostas binárias (sim/não), sobre os agravantes na vida das pessoas moradoras dos bairros em que a linha de transmissão de 138 kV, foi instalada, se há medidas de controle da exposição ocupacional às radiações ionizantes realizadas pela concessionária, se houve medições neste aspecto, se é de conhecimento da comunidade a radiação não ionizante. Com este instrumento de pesquisa as informações sobre o impacto que acontece na comunidade em termos de saúde e bem estar dos moradores do bairro onde a LT 138 kV está instalada.

QUESTIONÁRIO

NOME:.....

IDADE:.....

ENDEREÇO:.....

TEMPO DE RESIDÊNCIA:.....

NÚMERO DE PESSOAS NA RESIDÊNCIA:.....

ALGUÉM DA CASA POSSUI DOENÇA:.....

IDADE DESSE PACIENTE:.....

PERGUNTA DEPOIS DA INSTALAÇÃO DA LT 138KV	SIM	NÃO
1. Houve mudanças comportamento no bairro em geral		
2. Sabe o que é radiação não ionizante		
3. Houve alguma pesquisa		
4. Houve reunião		
5. Os aparelhos eletrodomésticos queimam com facilidade		
6. O sono é normal		
7. Foram realizadas as medições do campo eletromagnético		
8. Fatura de energia elétrica é normal		
9. Como é o relacionamento dos vizinhos		
10. Há muitas doenças graves no bairro de conhecimento seu		
11. Houve doenças nos animais de estimação		
12. Residência está dentro da faixa de servidão da LT 138 kV		
13. Existiu incomodo na instalação da LT 138 kV		
14. Houve muita mudança de moradores		

Figura 11: Questionário Aplicado.

Fonte: Própria

Segue abaixo o gráfico das respostas binárias aplicadas referenciando os dados obtidos durante a pesquisa, figura 12.

Gráfico das Respostas Binárias Aplicadas

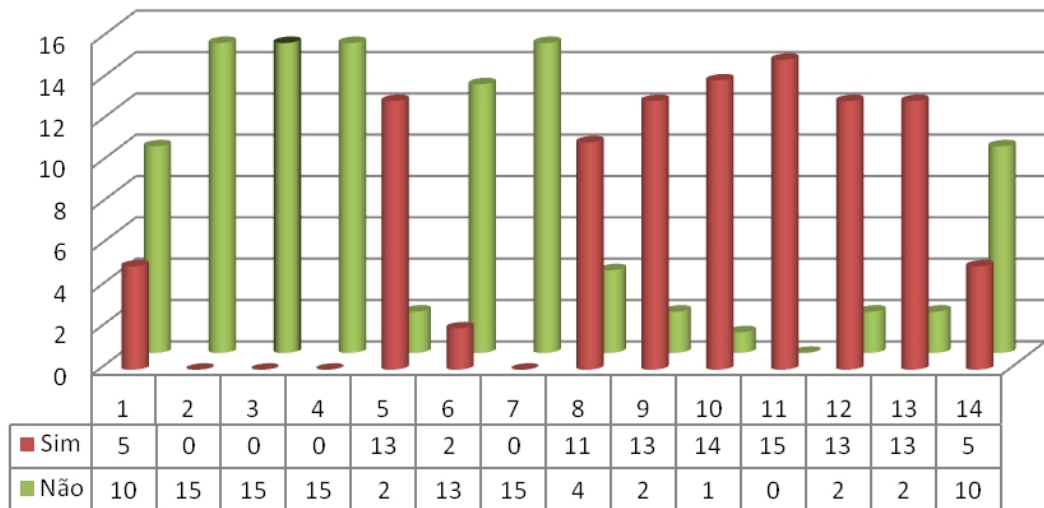


Figura 12: Gráfico das Respostas Binárias Aplicadas.

Fonte: Própria

Segue abaixo as imagens referentes ao bairro onde foi aplicado o questionário, figuras 13 a 16.



Figura 13: Construções na faixa de servidão da LT 138 kV

Fonte: Própria



Figura 14: LT 138 kV Esquina Escola Municipal Ensino Básico Vereda dos Trevos
Fonte: Própria



Figura 15: Faixa de servidão da LT 138 kV sem ocupação.
Fonte: Própria



Figura 16: Construção próxima a LT 138 kV.

Fonte: Própria

4. CONCLUSÃO

O uso da eletricidade tornou-se parte integral de nosso cotidiano. Sempre que há um fluxo de eletricidade, campos elétricos e magnéticos são criados nas proximidades dos condutores elétricos e nas proximidades de equipamentos elétricos. Desde o final dos anos setenta foram levantados questionamentos se a exposição a campos elétricos e magnéticos (EMF na sigla em inglês), de frequência extremamente baixa (ELF na sigla em inglês), produzem consequências adversas para a saúde às linhas de transmissão de energia elétrica, para ilustrar a maneira como os campos elétrico e magnético acoplam com o corpo. No instante em que a linha de transmissão de 60 Hz, acima de uma pessoa, encontra-se carregada positivamente (semicíclo positivo), cargas opostas (negativas) vão se acumulando na superfície do corpo no ponto mais próximo ao fio. Essas cargas circulam pelo corpo, passam através dos tornozelos, pés e tronco, provenientes do solo. Após 1/120 de segundo, a linha passa pelo semicíclo negativo, o que faz com que as cargas negativas retornem para o solo. As cargas se movem para cima e para baixo do corpo, na mesma frequência da corrente que circula pela linha de transmissão. A fim de proteger trabalhadores e o público em geral dos possíveis efeitos

da radiação dos campos eletromagnéticos, limites máximos de exposição foram determinados com base no conhecimento disponível sobre efeitos biológicos provocados nos seres humanos, por esses campos. Os limites são baseados nas orientações da WHO, IRPA e ICNIRP.

A medição dos campos eletromagnéticos é de extrema importância para um balizamento da exposição das pessoas situadas nas proximidades de uma fonte geradora de campos como redes de energia elétrica, estações de telecomunicações ou processos industriais (EMFIELD, 2011).

Correntes elétricas existem naturalmente no corpo humano e são partes essenciais das funções corporais normais. Todos os nervos enviam sinais via a transmissão de impulsos elétricos. A maioria das reações bioquímicas, desde aquelas associadas com a digestão até as envolvidas com a atividade cerebral, envolve processos elétricos (OMS, 2002).

Os efeitos da exposição externa do corpo humano e de suas células aos CEM dependem principalmente de sua frequência e de sua magnitude ou intensidade. A frequência simplesmente descreve o número de oscilações ou ciclos por segundo. As baixas frequências, CEM atravessam o corpo enquanto que em radiofrequências os campos são parcialmente absorvidos e penetram apenas em uma pequena profundidade no tecido.

Hoje existem dois conjuntos de limites: um para a exposição dos trabalhadores, ou seja, exposição ocupacional em ambientes controlados e outro para o público em geral, isto é, exposição pública em ambientes não controlados. Ambientes controlados são aqueles nos quais circulam pessoas treinadas, que estão conscientes de sua exposição aos campos eletromagnéticos, por exemplo: técnicos de laboratório e operadores de equipamentos que emitem radiação eletromagnética que tomam precauções apropriadas.

As conclusões das pesquisas científicas existentes até o momento são insuficientes para que se adotem limites de exposição de campos elétricos e magnéticos inferiores aos recomendados pela OMS, que já são bastantes conservadores. Nesse contexto, não existem razões objetivas para se levantar dúvidas

quanto à salubridade de linhas de transmissão nas cercanias de moradias para esta etapa da pesquisa.

No questionário aplicado durante a pesquisa, dentro de dois anos no bairro Veredas dos Trevos, na cidade de Caçador – SC, onde a LT 138 kV fora instalada, a maioria das pessoas comentou que estavam passando por doenças tipo ulcera nervosa, dois casos de câncer dentro deste período, sobre o desenvolvimento dos animais tais como filhotes de cachorro não conseguem sobreviver mais que dois meses, a maioria dos moradores comentou sobre os problemas com eletrodomésticos, queimam com frequência.

O aceite da sociedade dos riscos associados com as radiações não ionizantes são condicionados aos benefícios a serem obtidos do seu uso. No entanto, os riscos devem ser restritos e a sociedade deve se proteger dos mesmos aplicando padrões de segurança.

Em qualquer processo de tomada de decisão em que a segurança, o risco é um fator importante, nesta pesquisa nos aspectos qualitativos e quantitativos não são suficientes, sendo necessário o estabelecimento de critérios que permitam uma um estudo com as devidas medições para futura comparação mais objetiva dos níveis de risco associados a radiação não ionizante.

Esta pesquisa foi fundamentada nas Normas e Regulamentos, onde já existem limites e procedimentos, que se usados, reduzem os riscos e efeitos na população a níveis aceitáveis.

Neste trabalho foram analisados diversos aspectos da interação das radiações eletromagnéticas não ionizantes. Foi enfatizado que a frequência das radiações é um dos fatores predominantes da interação desta com a saúde da população. Assim para frequências muito baixas, rede elétrica, 60 Hz o comprimento de onda é tão grande que as absorções diretas não ocorrem, e que em termos de riscos à saúde, é difícil correlacionar causa e efeito.

Com os dados obtidos na aplicação do questionário no bairro citado acima, bem como mostrado nas fotos acima, se detectou que em um curto espaço de tempo, menos de 2 anos, a população está passando por alguns agravantes em termos de saúde a

comunidade local, os quais são difíceis de serem desenhados, conduzidos e interpretados por diversos motivos. O principal deles é a avaliação da exposição a campos eletromagnéticos, devido à impossibilidade de realizar as devidas medições conforme citado nesta pesquisa.

Existem muitas fontes que geram campos eletromagnéticos, e estes variam no tempo e no espaço. Além disso, o pequeno número de casos torna a avaliação da exposição à radiação não ionizante prejudicada. Mas se faz necessário um estudo futuro e aprofundado no assunto campos eletromagnéticos com as devidas medições nos pontos agravantes na comunidade local.

5. REFERÊNCIAS

ABNT NBR 15415:2006. **Métodos de Medição e Níveis de Referência para Exposição a Campos Elétricos e Magnéticos na Frequência de 50 Hz e 60 Hz.** Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, Outubro de 2006. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/imagens/imprensa/Editais_e_afins_Boletim/Bol_112006_En_carte_Boletim_Normalizacao.pdf>. Acesso em 29 de Agosto de 2011.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 398, de 23 de Março de 2010. Regulamenta a Lei nº 11.934, de 5 de Maio de 2009, no que se refere aos limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, na frequência de 60 Hz. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2001398.pdf>> Acesso em 06 de Maio de 2011.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 413, de 3 de Novembro de 2010. Altera a redação dos arts 6º e 8º, insere o art. 8º-A e substitui o Anexo da Resolução Normativa nº 398, de 23 de março de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.934, de 5 de maio de 2009, no que se refere aos limites à exposição humana a campos elétricos e magnéticos originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, na frequência de 60 Hz. Disponível em: <http://www.udop.com.br/download/legislacao/seguranca/energiaeletrica/res_aneel_413_campos_eletricos.pdf> Acesso em 08 de Junho de 2011.

ANATEL - Agência Nacional de Telecomunicações – Resolução número 303 de 2 julho de 2002 - Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/biblioteca/resolucao/2002/res_303_2002.pdf>. Acesso em 11 de Setembro de 2011.

Campos de Baixa Frequência, Rádio Interferência e Ruído Audível em Linhas de Transmissão, Usinas e Subestações. EMField Ensaios Elétricos Ltda. Disponível em: <<http://www.emfield.com.br/campos.htm#LF>>. Acesso em 11 de Agosto de 2011.

Campos Elétricos e Magnéticos Associados ao Uso de Eletricidade. Elaborado Pela Abricem. Maio 2004. Disponível em: <http://www.conscienciaprevencionista.com.br/upload/arquivo_download/1962/PREVENCAODEACIDENTESNOLAR-CAMPOSELETRICOSEMAGNETICOS.pdf> Acesso em 05 de Maio de 2011.

FREITAS, Tiago Petrucci de, E MENDEZ, Nestor Raul M. **Radiações Não Ionizantes: Causas, Efeitos e Prevenções.** Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia/FAET da Universidade Federal de Mato Grosso. Disponível em: <http://www.unirevista.unisinos.br/pdf/UNIrev_TPetrucci.pdf> Acesso em 06 de Maio de 2011.

GOMES, Alcides T. – **Telecomunicações: Transmissão e Recepção AM/FM.** 16ª Edição. Editora Érica Ltda – 2000.

HABERMANN, Mateus. **Prevalência de Exposição aos Campos Eletromagnéticos e Justiça Ambiental no Município de São Paulo.** Faculdade de Medicina Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.abricem2.com.br/web3/pdfs/assuntos_acad/Mateus.pdf> Acesso em 30 de Abril de 2011.

MURTA, Marisa Lages. **Avaliação do Ambiente Eletromagnético Visando Segurança Pessoal: Determinação do Nível de “Poluição Eletromagnética” em Belo Horizonte. TEC-2219/96.** Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia Departamento de Engenharia Elétrica. Disponível em: < http://www.higieneocupacional.com.br/download/av_%20amb_eletromag.pdf> Acesso em 23 de Abril de 2011.

RAMÍREZ, Jaime Arturo. **Campos Eletromagnéticos Devido a Sistemas de Energia Elétrica.** Universidade Federal de Minas Gerais Departamento de Engenharia Elétrica. Disponível em: < <http://www.cpdee.ufmg.br/~jramirez/publicacoes/acn2001.pdf>> Acesso em 21 de Abril de 2011.

Segurança e Medicina do Trabalho. Manuais de Legislação Atlas. 65ª Edição. São Paulo - SP. Editora Atlas S.A. 2010.

VIAPIANA, Mario. **Ondas Eletromagnéticas e os Cuidados ao Trabalhar Com Antenas.** Ministério da Educação Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Pato Branco. Disponível em: <http://www.mvaautomacoes.com.br/blogmario/monografia_completa_mario_viapiana_2009.pdf> Acesso em 05 de Maio de 2011.

World Health Organization. **Campos Eletromagnéticos e Saúde Pública Exposição a Campos de Frequência Extremamente Baixa.** Disponível em: http://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs322_ELF_fields_portuguese.pdf. Acesso em 30 de Novembro de 2011.