



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

FI/GLT/24
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO - III

GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO – GLT

**ANÁLISE DAS IMPLICAÇÕES DA RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL 616 NO PROJETO E OPERAÇÃO DAS
INSTALAÇÕES DO SETOR ELÉTRICO.**

Luís Adriano M. C. Domingues (*)
CEPEL

Carlos Ruy Nunez Barbosa
CEPEL

Athanasio Mpalantinos Neto
CEPEL

RESUMO

Os questionamentos referentes a possíveis riscos associados à exposição humana a campos elétricos e magnéticos vêm ocorrendo há várias décadas. Os alvos principais das reclamações são as antenas de telefonia celular e as instalações do Setor de Energia Elétrica, especialmente linhas de transmissão e subestações. No entanto, no período que se estende aproximadamente de 1990 a 2010, as empresas de energia elétrica em todo o Brasil - transmissoras e distribuidoras - enfrentaram dezenas de processos e embargos de construção e operação de linhas e subestações. Geralmente as reclamações iniciais partiam de associações de moradores, em muitos casos apoiadas pelo Ministério Público, e foram causando atrasos nos cronogramas de obras e custos financeiros diversos em função de Termos de Ajuste de Conduta e ressarcimentos a moradores e comunidades.

Foi então identificado que a ausência de instrumentos legais determinando limites para os campos produzidos pelas instalações (leis ou normas) geralmente levava a justiça, num primeiro momento, a conceder liminares embargando a construção ou operação das instalações, até que o juiz pudesse ouvir peritos e especialistas e formasse um parecer definitivo.

Com a elaboração e promulgação da Lei 11.934 de maio de 2009, regulamentada pela ANEEL mediante as Resoluções Normativas 398 e 413 [1-3], veio cobrir este vazio legislativo. Em essência a Lei determina, no caso dos campos de baixa frequência (60 Hz), que sejam obedecidos os limites para exposição humana recomendados pela OMS, que à época eram os estabelecidos pela ICNIRP-98 [5].

Em julho de 2014 foi publicada a RN 616 [4] que fez importantes acréscimos e modificações em relação as RN 398 e 413. Citam-se:

- Ajuste nos limites de campo magnético em função da revisão da norma ICNIRP realizada em 2010.
- Inclusão das instalações em 50 Hz.
- Estabelecimento de limites para as instalações em corrente contínua, que não haviam sido mencionadas na RN 398. Para este caso os limites adotados foram os da norma IEEE, em virtude de a ICNIRP não apresentar valores para campos estáticos.

O presente trabalho, a partir da análise da RN 616, apresenta uma série de questionamentos e identifica caminhos para o atendimento da nova regulamentação. O tema de campos eletromagnéticos é permanentemente analisado em diversos grupos de trabalho no âmbito do Setor Elétrico (MME, Eletrobras e ABRATE).

PALAVRAS-CHAVE

Campos elétricos e magnéticos, subestação, linha de transmissão, mitigação, limites de exposição.

1.0 - HISTÓRICO

As especulações sobre possíveis efeitos de campos elétricos e magnéticos sobre seres vivos remontam, no mínimo, aos anos 70, tendo, desde essa época passado por diversos estágios. Inicialmente se pesquisou a influência de campos elétricos sobre animais (ratos, galinhas, porcos, etc.) em diversos projetos de pesquisa ao redor do mundo (EdF, EPRI, etc.). Posteriormente, no final dos anos 80, o foco passou a ser o campo magnético, principalmente por este poder penetrar mais profundamente em organismos vivos. Durante todo este tempo um padrão se repetiu: enquanto a grande maioria dos estudos, sobretudo os realizados por Universidades e Centros de Pesquisa de maior porte, não apontava nenhum efeito dos campos em intensidades comparáveis às encontradas nas aplicações quotidianas, alguns estudos pontuais, muitas vezes desenvolvidos por pesquisas individuais, relatavam efeitos. O impacto destes estudos isolados geralmente foi o de alimentar a discussão, num círculo vicioso que se arrastou por décadas.

O efeito destas dúvidas, potencializado por artigos e reportagens em revistas, jornais e TVs, foi consideravelmente danoso para as empresas do setor elétrico em todo o mundo, pela abrangência que a utilização da eletricidade já alcançara na sociedade moderna. As propostas de adoção de restrições aos campos máximos admissíveis eram analisadas pelos engenheiros e quase sempre se chegava a custos alarmantes para sua implementação.

A saída daquele círculo vicioso foi encontrada quando instituições do porte da WHO (Organização Mundial da Saúde), IARC (Agência Internacional para Pesquisas de Câncer), NRPB (Conselho Nacional para Proteção contra Radiação – UK), ICNIRP (Comissão Internacional para Proteção contra Radiações Não-Ionizantes) e outras, passaram a estabelecer critérios para análise dos estudos publicados. Uma vez estabelecidos critérios científicos com relação aos protocolos de pesquisa, controle de erros, etc., verificou-se que selecionando, de toda a massa de estudos publicada, aqueles que atendiam os critérios de validação, nenhum efeito ou relação causal entre exposição a campos eletromagnéticos e efeitos danosos à saúde foi demonstrada.

No Brasil um intenso debate foi travado sobre os limites a adotar, sobretudo graças à posição de algumas organizações e associações, que teve o apoio de alguns membros da área de saúde, que propunham adoção de limites muito restritivos, baseados em alguns trabalhos que não tinham o reconhecimento da Organização Mundial da Saúde. Do outro lado a posição das empresas do Setor Elétrico, reunidas na forma de um Grupo de Trabalho, batizado de GT-CEM, coordenado pelo MME, defendeu a adoção de posições referendadas por organismos de peso, em especial a Organização Mundial da Saúde. Daí surgiu à iniciativa de propor a adoção de legislação que adotasse os limites propostos pelo ICNIRP, uma vez que estes são respaldados pela OMS. Assim surgiu a Lei 11.934 de 5 de maio de 2009, regulamentada pela Resolução Normativa nº398 da ANEEL, de 23 de março de 2010. Esta legislação, por sua vez, criou uma série de obrigações para as empresas do Setor Elétrico, incluindo a caracterização dos campos gerados por suas instalações, e eventuais planos de adaptação para adequar esses campos aos limites legais. Este trabalho de levantamento e análise foi realizado pelas empresas do Setor e essencialmente concluído em 2011.

Em julho de 2014 a ANEEL emitiu uma revisão da RN 398, na forma da RN 616, que traz importantes modificações e acréscimos ao processo regulatório de campos eletromagnéticos. A discussão dessas modificações é o objeto deste IT.

2.0 - CONCEITUAÇÃO

A regulamentação segue uma lógica e terminologia adotadas pela ICNIRP que não é familiar para a maioria do corpo técnico das empresas do Setor. Em particular as distinções entre efeitos diretos e indiretos, exposição ocupacional e do público em geral, bem como os conceitos de níveis de referência e restrições básicas dão margem a interpretações e entendimentos diferentes.

2.1 Classificação dos efeitos

Quando uma pessoa está numa região de campo elétrico ou magnético há dois processos, essencialmente diferentes, pelos quais pode haver um efeito nesse organismo.

Num caso o campo agindo no organismo pode provocar efeitos nas células e órgãos, seja por ação do próprio campo seja pelas correntes que esse campo induz nos tecidos condutivos. Neste caso fala-se de efeito direto. Outra possibilidade é a pessoa entrar em contato com um objeto metálico que se situe sob a ação do campo e ocorrer uma passagem de corrente da pessoa para esse objeto, por fenômenos de indução. Neste caso trata-se de efeitos indiretos, como pode ser observado na figura 1.

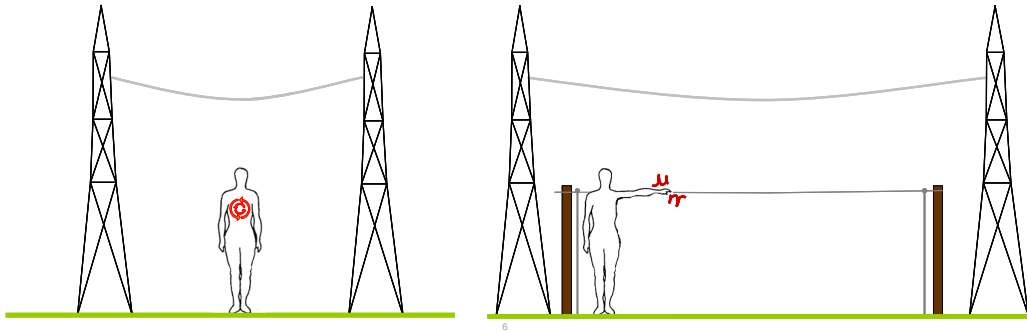


Figura 1 – Distinção entre efeitos diretos e indiretos

2.2 Classificação da exposição

A Lei 11.934 determina o atendimento às recomendações da OMS, explicitando a adoção das diretrizes da ICNIRP [1-6]. A regulamentação da ANEEL explicita esta determinação. Seguindo a fundamentação dessas diretrizes, as situações de exposição são divididas em dois grupos distintos: ocupacional e público em geral:

- Trata-se de público em geral quando qualquer elemento da população, independentemente de pré-requisitos de idade, formação, saúde, etc.
- A exposição ocupacional refere-se a situações onde há alguma seletividade no grupo de pessoas que podem estar nesses locais.

A diferenciação entre esses dois grupos foi feita, originalmente, com base no pressuposto que, em locais de trabalho, há condições de idade (excluindo crianças e idosos) e de controle de saúde que tornam esse grupo apto a ser submetido, de forma totalmente segura, a níveis de campo superiores aos da população em geral, por ter padrões de saúde superiores aos da população em geral. Mais recentemente foi adicionado um requisito que também permite a classificação ocupacional, que é o da informação sobre a existência de campos naquele ambiente e dos cuidados necessários para evitar exposição indevida.

2.3 Limites

A diretriz ICNIRP, tal como a principal norma internacional correlata (IEEE), fornece duas classes de limites: restrições básicas e níveis de referência:

- Restrições básicas são os limites fundamentais de campo cuja observância garante a proteção aos indivíduos expostos contra qualquer efeito danoso à saúde humana. São valores de campo elétrico no interior do organismo, e foram estabelecidos a partir das pesquisas médicas básicas.
- Níveis de referência são tabelas de limites de campo (elétrico e magnético) que correspondem a valores de campo medidos no ambiente, e cuja observância garante, em todas as situações possíveis, mesmo nos casos mais desfavoráveis de exposição, que as restrições básicas não serão excedidas.

O motivo básico de serem fornecidos dois tipos de limites reside no fato de as restrições básicas, por serem valores de campo no interior de organismos muito complexos, como são os seres vivos, serem de determinação extremamente difícil e trabalhosa, acessível apenas a poucas instituições com recursos de modelagem e cálculo sofisticados, não sendo acessíveis à maioria das empresas e instituições no dia-a-dia. Assim os níveis de referência, apresentados na Tabela 1, são valores de comprovação mais expedita, por meio de técnicas de cálculo ou medição bastante difundidas [10-13].

Deve-se ressaltar, e este é um ponto claramente definido na diretriz ICNIRP, que o fato de os níveis de referência serem excedidos não significa que a exposição está acima dos valores seguros. Apenas que é necessário comprovar o atendimento das restrições básicas mediante um estudo específico, caracterizado por meio de um relatório de conformidade, realizado com metodologia consagrada e emitido por entidade reconhecida. Estes cuidados garantem que a aplicação da Lei 11.934 garante total proteção à população na exposição quotidiana a campos elétricos e magnéticos. É igualmente importante mencionar que o estudo de conformidade, para verificar o atendimento das restrições básicas, caso necessário, não é obrigatório, uma vez que a empresa pode simplesmente efetuar uma adequação de modo a ajustar os campos aos níveis de referência.

Tabela 1. Níveis de Referência (fonte ICNIRP [6])

	Campo Elétrico (kV/m)	Indução Magnética (μT)
População	4,2	200
Ocupacional	8,3	1000

2.4 Restrições Básicas - Compatibilização ICNIRP & IEEE

O estudo de restrições básicas, pelo qual se relaciona os campos elétricos e magnéticos externos com aqueles atuando no interior do organismo, envolve uma modelagem complexa, geralmente por elementos finitos ou diferenças finitas, com dificuldades na modelagem geométrica, na caracterização elétrica dos tecidos e no estabelecimento das condições de contorno, figura 2.

No documento do ICNIRP de 1998 [5], as restrições básicas consistem em valores de densidade de corrente no interior do organismo, vide Tabela 2. Essa densidade de corrente é calculada, para a exposição a campo elétrico, diretamente pela equação de condução e, para campo magnético, indiretamente a partir da tensão induzida pelo campo magnético.

Tabela 2. Restrições básicas (fonte ICNIRP [5])

	Densidade de Corrente máxima admissível agindo no nível de tecidos e células ($\text{mA}\cdot\text{m}^{-2}$)
População	2
Ocupacional	10

No novo documento de Recomendações do ICNIRP [6] os limites para as restrições básicas são apresentados de forma diferente. Reconhecendo as dificuldades na caracterização, via modelagem matemática, de corrente induzida em determinadas estruturas orgânicas (p.ex. fibras nervosas), o documento adotou, para as restrições básicas, valores de campo elétrico. Estes limites serão, para exposição a campo elétrico, os próprios valores de campo elétrico no interior do organismo, e para exposição a campo magnético, os valores de campo elétrico induzidos pela variação de fluxo magnético, vide Tabela 3.

Esta modificação simplifica a Recomendação ICNIRP e compatibiliza esta Norma com a do IEEE [9].

Tabela 3. Restrições básicas (Fonte ICNIRP[6])

	Campo Elétrico máximo admissível agindo no nível de tecidos e células ($\text{V}\cdot\text{m}^{-1}$)
População	0,02
Ocupacional	0,1

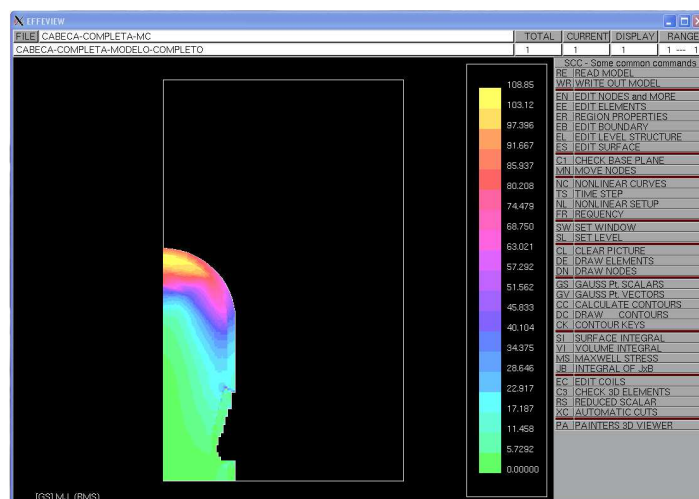


Figura 2. Exemplo de estudo de restrições básicas- modelo de cabeça

3.0 - PRINCIPAIS ALTERAÇÕES INTRODUZIDAS PELA RN 616

A seguir detalham-se as principais alterações introduzidas pela RN 616 e expõe-se a visão dos autores sobre a forma de conduzir os procedimentos de projeto, construção e operação.

3.1 Utilização do "fator 2"

No caso particular de medições em subestações, nos casos em que o limite de campo elétrico foi superado, as empresas recorreram ao estudo de conformidade, para comprovar o atendimento das restrições básicas. Estes estudos foram realizados utilizando uma regra definida na norma ICNIRP-98, comumente designada como 'fator 2' a qual basicamente admite que os valores de campo elétrico admissível podem ser aumentados por um fator $\times 2$, em condições nas quais se possa eliminar a possibilidade de efeitos indiretos mediante contato com objetos condutores eletricamente carregados. Este é, em particular, o caso das subestações de energia elétrica, nas quais, em virtude das rigorosas normas de segurança, todas as estruturas metálicas de suporte são solidamente aterradas.

No entanto, na revisão da norma ICNIRP, publicada em 2010, a qual passou a ser a referência oficial definida pela RN 616, esta regra foi suprimida gerando os seguintes questionamentos:

Como ficará o caso das instalações cujo estudo de conformidade já foi apresentado com base na ICNIRP-98? Será necessário refazer os estudos de conformidade? Entende-se que os estudos já apresentados continuam válidos pois o ICNIRP não invalidou a lógica de utilização desse fator, apenas decidiu não explicitá-lo de forma a aparentar um "relaxamento geral de limites". Assim sugere-se que as empresas não refaçam os estudos de conformidade apresentados antes da RN 616.

Como se deverá proceder nos novos projetos? A execução de novos projetos atendendo a um limite de 8,34 kV/m implicará num custo significativamente aumentado. O entendimento dos autores é que os estudos de conformidade devem ser exclusivamente realizados em instalações que já estavam em operação, ou construídas, quando da publicação da RN 398. A possibilidade de utilizar estes estudos para novos projetos pode criar um fator de desequilíbrio entre os proponentes devido a diferenças metodológicas. Assim os novos projetos deveriam ser elaborados considerando os níveis de referência.

3.2 Correção das medições para a condição de carregamento máximo

A RN 398 determinou que as medições de campo magnético em subestações deveriam necessariamente ser executadas na condição de carga pesada.

Na RN 616 foi aberta a possibilidade, sugerida em contribuições das empresas, de efetuar a medição mesmo fora da condição de carga máxima, e corrigir essas medições para a pior condição operativa utilizando metodologia consagrada. A forma para efetuar esta correção sugere alguns complicadores:

Para poder corrigir medições anteriores seria necessário que tivessem sido registradas, à época, detalhes dos valores medidos como valores e ângulo de fase das componentes de campo, e níveis de corrente nos vários equipamentos e barramentos; isto em geral não foi feito e muitas vezes não é factível. Em certos casos não se consegue definir, na hora da medição, a distribuição de correntes na SE. Os estudos já realizados indicam que não é simples elaborar uma metodologia de fácil aplicação para a correção desejada, uma vez que a composição espacial dos campos não permite aplicar regras simples baseadas em distância ao ponto de medição e valores de corrente. O Cepel vem trabalhando numa metodologia para correção do carregamento que seja adequadamente conservativa, porém sem implicar na simples correção dos valores medidos para a relação entre corrente máxima e corrente na hora da medição. Porém este trabalho ainda não foi concluído em virtude das dificuldades decorrentes do fato de a relação entre as componentes espaciais do campo magnético variarem ponto a ponto em função da geometria dos barramentos. Espera-se poder apresentar uma proposta de metodologia num futuro próximo.

3.3 Limites para linhas de corrente contínua

As RNs 398/413 não determinaram limites para linhas em corrente contínua. Durante o período entre estas RNs e a abertura da Audiência Pública para elaboração da RN 616 foi discutida, em diversos grupos de trabalho no setor, a questão dos limites de campo para LTs CC, uma vez que, na ausência de limites legais, os Editais vêm estabelecendo requisitos técnicos muito discrepantes dos valores indicados nas normas internacionais. Assim, na referida Audiência Pública foi sugerida a definição de limites para campos estáticos, o que a ANEEL aceitou, definindo os limites da norma IEEE, Tabela 4, uma vez que a ICNIRP é omissa nesta questão.

Porém verifica-se que há uma discrepância considerável entre estes limites e os valores que vinham sendo indicados nos projetos, relatórios R2 e nos anexos técnicos dos Editais.

Tabela 4. Níveis de Referência para LTCC (Fonte IEEE[9])

	Campo Magnético (μT)		Campo Elétrico (kV/m)
	Cabeça e Tronco	Braços e Pernas	
Público em Geral	118.000,00	353.000,00	5,00
População Ocupacional	353.000,00	353.000,00	20,00

A aplicação destes limites será mais trabalhosa do que no caso de instalações em corrente alternada pois, tanto as metodologias de cálculo quanto a instrumentação para medição necessitam de aperfeiçoamentos.

No caso dos modelos de cálculo, a complexidade introduzida pelas cargas espaciais e o efeito do vento até o presente momento não foi adequadamente solucionada. Existem modelos de cálculo aceitáveis que consideram o efeito das cargas, mas não o efeito do vento [15]. Já a medição implica em instrumentos específicos, pouco usuais, e um procedimento de medição trabalhoso. No momento atual o CEPEL está iniciando o processo de comissionamento de um conjunto de instrumentos para medir campo elétrico, campo magnético, densidade de cargas espaciais e corrente iônica, o qual deverá estar concluído até o final do ano.

3.4 Limites para instalações em 50 Hz

A Resolução Normativa 616 introduziu limites para instalações operando em 50 Hz, que são os da Norma ICNIRP. Os limites para campo magnético são idênticos aos de 60 Hz, porém os de campo elétrico são superiores – 5 kV/m e 10 kV/m. Isto, historicamente, deve-se ao fato de os trabalhos de modelagem matemática que originaram a primeira Diretriz-98, terem identificado uma possível dependência dos efeitos de indução no organismo com a frequência. Ao incorporar este efeito resulta que os valores admissíveis para 60 Hz são inferiores aos de 50 Hz (frequência do sistema europeu) pelo fator 50/60. Trabalhos de modelagem desenvolvidos pelo CEPEL não confirmaram esse efeito, pelo que foi oficialmente solicitado ao ICNIRP que efetuasse essa revisão. Na versão 2010 da Diretriz, a correção de frequência foi retirada dos limites para campo magnético, mas não dos limites para campo elétrico, o que poderá ocorrer numa próxima revisão.

4.0 ELABORAÇÃO DE LEGISLAÇÕES LOCAIS MAIS RESTRITIVAS

Quando foi publicada a Lei 11.934 houve o entendimento, nas empresas do Setor Elétrico, que a questão estava definitivamente equacionada do ponto de vista legal. No entanto algumas iniciativas locais - estados e municípios - propõem a adoção de limites mais restritivos que os da Lei. Na situação presente, onde uma Lei Federal rege este tema, está sendo utilizado o conceito de legislação concorrente, que permitiria a estados e municípios, em temas referentes à proteção ambiental – incluindo a de pessoas, adotar limites mais restritivos que os da União.

Um levantamento expedito em 'sites' jurídicos, revela que dezenas de ações, em todo o país questionam os limites da Lei 11.934, que seguem indicações da Organização Mundial da Saúde, como não sendo suficientemente protetivos, e requerendo, geralmente em nome do princípio da precaução, uma redução substancial daqueles valores. Diversos profissionais das empresas do Setor Elétrico têm participado de Seminários e Audiências Públicas, onde se verifica a existência de posicionamentos muito polarizados. Embora se recolha de todos esses eventos a impressão que a defesa técnica da legislação federal e da regulamentação da ANEEL é muito robusta, até por ser baseada na posição da OMS, e que os eventuais trabalhos que dariam respaldo a uma redução de limites é frágil e utiliza pesquisas não reconhecidas no meio científico, verifica-se que as posições não se alteram e a intenção de continuar lutando por limites restritivos vai continuar.

Na situação atual essa oposição de posições está configurando um 'conflito intratável' e tudo indica que se caminhará para decisão final no STF.

5.0 CONCLUSÃO

Os limites para exposição humana a campos elétricos e magnéticos, como estabelecido na Lei 11.934 e regulamentado pela ANEEL (RNs 398/413/616) são atendidos pelas empresas do Setor Elétrico na sua quase totalidade. Em alguns casos foi necessário recorrer a estudos de conformidade, porém isto está dentro do espírito da Diretriz ICNIRP. A RN 616 introduziu demandas adicionais, que deverão ser igualmente atendidas. Como recomendações para completar este ciclo citam-se:

- Um esforço especial deverá ser dedicado a aprimorar os métodos de cálculo e medição para linhas em corrente contínua, cuja verificação, até o momento, ainda não foi efetuada.

- Os projetos de novas instalações devem necessariamente atender os Níveis de Referência. Entende-se que não é adequado, nem prudente na situação atual, desenvolver projetos com níveis de campo mais elevados.
- Tem-se verificado, na maioria dos casos de conflito entre empresas e comunidades locais, que uma falta de comunicação na origem do processo contribui para agravar esse conflito. Sugere-se uma atenção maior a esta comunicação.

6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Lei 11943, de 5 de maio de 2009.
- (2) Resolução Normativa ANEEL, nº 398, de 23 de março de 2010.
- (3) Resolução Normativa ANEEL, nº 413, de 3 de novembro de 2010.
- (4) Resolução Normativa ANEEL, nº 616, de 1 de julho de 2014.
- (5) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP): Technical Report, ICNIRP, 1998.
- (6) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 KHz), ICNIRP, 2010:
- (7) Domingues, L. A. M. C., Fernandes, C., Dart, F. C., Barbosa, C. R. N., Mpalantinos Neto, A., “Aplicação do Método de Simulação de Cargas ao Cálculo de Campos Eletrostáticos tridimensionais”, Em: “Segundo Simpósio Franco-Brasileiro sobre Cálculo de Campos Elétricos e Magnéticos”, pp. 112-121, São Paulo, Março, 1989.
- (8) Domingues, L. A. M. C., Silva, R. M. C., Mpalantinos Neto, A., Barbosa, C. R. N., “Application of computational methods to assess electromagnetic field exposure condition of live line workers on 500 kV transmission lines”, 5th International Workshop of Electromagnetic Compatibility – CEM2008, Predeal, Romania, 2008.
- (9) Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE): IEEE Standard for Safety Levels With Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0 to 3 kHz (IEEE C95.6-2002). [Standard] Piscataway, N.J.: Subcommittee 3 of Standards Coordinating Committee 28, IEEE Standards Department, 2002.
- (10) Nota Técnica, “Exposição a Campos Elétricos e Magnéticos – Avaliação do impacto da Resolução Normativa nº 398 e propostas de ação para o seu atendimento.”, CEPEL, 24 de junho de 2010.
- (11) Domingues, L. A. M. C., Pinto, R. L. F., Barbosa, C. R. N. “Avaliação do Desempenho de Linhas de Transmissão – Cálculo de Campos Elétricos, Magnéticos e Induções - Programa CAMPEM”, Relatório Técnico DIE - 36788/07, CEPEL, Rio de Janeiro, 2007.
- (12) Domingues, L. A. M. C., Fernandes, C., Dart, F. C., Barbosa, C. R. N., “Cálculo de Campo Elétrico pelo Método de Simulação de Cargas”, Relatório Técnico 923/95 – DTI/ACET, CEPEL, Rio de Janeiro, 1989
- (13) Mpalantinos Neto, A., Domingues, L. A. M. C., Barbosa, C. R. N., “Desenvolvimento de modelos eletrogeométricos para linhas de transmissão de FURNAS – Relatório de Consolidação”, Relatório Técnico DLE 45317/09, Rio de Janeiro, 2009.
- (14) Mpalantinos Neto, A., Barbosa, C. R. N., Domingues, L. A. M. C., Mignaco, J. A., Mello Neto, J. R. T., “Algumas Aplicações de Elementos Finitos em Campos Eletrostáticos”, Em “Segundo Simpósio Franco-Brasileiro sobre Cálculo de Campos Elétricos e Magnéticos”, pp. 46-57, São Paulo, Março, 1989.
- (15) Domingues, L.A.M.C., Silva Filho, J.I., Mpalantinos Neto, A., Dart, F.C., Andrade, V.H., Rajagabaglia, C.P., “Performance of HVDC Transmission Lines in Brasil - Analysis of Field Data and Calculation Methods”, CIGRE 2010, Paris.