



**XXI SNPTTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

Versão 1.0
23 a 26 de Outubro de 2011
Florianópolis - SC

GRUPO - 10

GRUPO DE ESTUDO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - GDS

**REGULAMENTAÇÃO BRASILEIRA DOS LIMITES DE EXPOSIÇÃO HUMANA A CAMPOS ELÉTRICOS E
MAGNÉTICOS ORIGINÁRIOS DE INSTALAÇÕES DE GERAÇÃO, TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

**Marco Aurélio Lenzi Castro (*)
Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL**

RESUMO

A Lei nº 11.934/2009 estabeleceu limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos, associados ao funcionamento de estações transmissoras de radiocomunicação, de terminais de usuário e de sistemas de energia elétrica nas faixas de frequências até 300 GHz.

A ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 398/2010, regulamentando os 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. O objetivo deste artigo é apresentar os principais pontos da regulação assim como os primeiros resultados obtidos.

PALAVRAS-CHAVE

Campos Elétricos e Magnéticos, Regulação, ANEEL, OMS, ICNIRP.

1.0 - INTRODUÇÃO

As instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica geram campos elétricos e magnéticos que atuam de forma desacoplada na frequência de 60 Hz na vizinhança das instalações, sendo a diferença de potencial entre os condutores responsável pelo campo elétrico e o campo magnético associado à corrente elétrica que percorre os cabos. No entanto, as intensidades de tais campos decaem fortemente à medida que se afastam das fontes.

A Organização Mundial de Saúde – OMS e a Comissão Internacional de Proteção Contra Radiações não Ionizantes - ICNIRP analisaram diversos estudos epidemiológicos sobre os possíveis efeitos dos campos elétricos e magnéticos no ser humano. Com maior ênfase, foi analisada a possível relação entre a incidência de câncer em adultos, leucemia em crianças e a proximidade das linhas de transmissão das residências dessas pessoas.

Segundo a OMS, as evidências epidemiológicas apontadas nesses estudos são fracas, pois foram encontrados diversos problemas metodológicos, tais como viés na seleção da amostra. Adicionalmente, não há comprovação científica sobre a relação entre a exposição a campos em baixa frequência e o desenvolvimento de câncer.

Como forma de garantir a segurança da população em geral e dos trabalhadores, a ICNIRP elaborou o *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)*, o qual estabelece os limites recomendados para exposição aos campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos para frequências até 300 GHz.

Por seu turno, a OMS adotou os limites recomendados pela ICNIRP para a exposição humana a campos elétricos e magnéticos em baixa frequência. De forma análoga, a Lei nº 11.934/2009 também adotou os mesmos parâmetros. Segundo seu art. 2º, os limites estabelecidos referem-se à exposição da população em geral e de trabalhadores em razão de seu trabalho.

A referida Lei atribui à ANEEL a competência para regular os procedimentos a serem seguidos pelas concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviço público de energia elétrica quanto à medição e cálculo dos campos elétricos e magnéticos, além de fiscalizar e divulgar os valores em seu sítio na internet.

2.0 - REGULAÇÃO

Para cumprir essa nova atribuição dada pela Lei nº 11.934/2009, a ANEEL avaliou diversos trabalhos técnicos realizados por pesquisadores, empresas de transmissão e distribuição de energia elétrica em vários países para avaliar o nível dos campos nas subestações e linhas, tanto por meio de simulações computacionais, quanto por medição *in loco*. Os resultados obtidos apontaram níveis segurança das instalações existentes bem superiores aos limites estabelecidos pela ICNIRP, desde 500 kV até 13,8 kV.

Além disso, nos editais de leilão de linhas de transmissão e para a obtenção de declaração de utilidade pública para a instalação de linhas de interesse restrito de centrais geradoras e linhas de transmissão, a ANEEL já exigia que as empresas apresentassem estudos sobre a intensidade dos campos elétricos e magnéticos no limite da faixa de segurança.

Com intuito de conhecer os procedimentos adotados pelas distribuidoras para elaboração de projetos de linhas e subestações, assim como os trabalhos de campo já realizados para aferir a intensidade dos campos produzidos por suas instalações, em qualquer nível de tensão, a Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição - SRD encaminhou o Ofício Circular nº 0021/2009-SRD/ANEEL, de 8 de setembro de 2009, questionando as empresas. A análise das respostas ao referido Ofício permitiu chegar às seguintes conclusões:

- nenhuma distribuidora possuía norma técnica padronizando o cálculo dos campos elétricos e magnéticos na etapa de projeto;
- 14 distribuidoras desenvolveram projetos de P&D ou realizaram estudos e/ou medições, sendo que os resultados obtidos indicam uma grande margem de segurança para as instalações de 138 kV e 69 kV;
- adotam-se os procedimentos descritos na NBR 15.415/2006 e em normas internacionais para a realização das medições; e
- para a avaliação por meio de cálculos, são utilizados programas computacionais desenvolvidos nos projetos de P&D ou adquiridos pelas empresas, os quais utilizam vários métodos numéricos, destacando-se os métodos de elementos finitos, para campo magnético, e de simulação de cargas, para o campo elétrico.

Com base nas informações anteriormente citadas, a ANEEL promoveu a Audiência Pública nº 047/2009, realizada no período de 19/11/2009 a 18/12/2009, com seção vivo-presencial no dia 16/12/2009, para receber as contribuições da sociedade sobre a proposta de resolução disponibilizada no sítio da Agência.

Como resultado, a ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 398, de 23/03/2010, regulamentando a Lei 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. A seguir, apresentam-se os principais pontos dessa resolução.

2.1 Resolução Normativa nº 398/2010

Os campos elétricos e magnéticos produzidos pelas instalações de geração, de transmissão, de distribuição e de interesse restrito, em qualquer nível de tensão, devem atender às Restrições Básicas, estabelecidas pela ICNIRP, sendo que o atendimento aos Níveis de Referência garante o cumprimento das Restrições Básicas.

As Restrições Básicas representam os limites máximos de exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos variantes no tempo, baseados em efeitos reconhecidos à saúde. Contudo, a verificação de atendimento a tais limites depende da realização de estudo específico, bastante detalhado, cujo resultado não pode ser obtido por medição ou simulação tradicional.

Dessa forma, a ICNIRP adota Níveis de Referência para possibilitar a avaliação expedita da exposição a tais campos, os quais consideram fatores de segurança diferentes para o público em geral e para população ocupacional. A Tabela 1 ilustra tais valores.

Tabela 1: Níveis de Referência

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

Os agentes de transmissão deverão, até o final da fase de comissionamento de novos empreendimentos, adicionar à documentação já exigida pela ANEEL o memorial de cálculos ou o relatório de medições dos campos. Caso os valores medidos ou calculados ultrapassem os Níveis de Referência, agente pode optar por:

- Apresentar à ANEEL o Relatório de Conformidade¹, se os valores calculados ou medidos forem superiores aos Níveis de Referência.
- Enviar o Plano de Adequação² das instalações, caso decida por não realizar o Relatório de Conformidade ou o seu resultado demonstre o não-atendimento às Restrições Básicas.

Contudo, a ANEEL poderá exigir a apresentação do Relatório de Conformidade se o Plano de Adequação indicar a necessidade de investimentos adicionais nas instalações para atender aos limites. Tal faculdade visa auxiliar a análise da Agência nos processos de revisões tarifárias das distribuidoras e transmissoras.

Os agentes de geração, transmissão e distribuição deverão realizar os cálculos ou medições dos campos elétricos e magnéticos para as respectivas instalações de interesse restrito, de transmissão e de distribuição com tensão igual ou superior a 138 kV. Os cálculos devem ser baseados em metodologia consagrada e considerar as seguintes premissas:

- Tensão nominal;
- Temperatura máxima admissível de projeto;
- Carregamento máximo do condutor para os regimes de operação e emergência;
- Distância mínima do condutor ao solo;
- Configuração típica dos circuitos e sequência de fases associadas; e
- 1,5 m de altura do nível do solo para a população em geral.

Os cálculos ou as medições dos campos devem ser realizados:

- No interior da subestação, para avaliar a exposição da população ocupacional, e em seu perímetro, de forma a verificar a exposição do público em geral a 1,5 m de altura do nível do solo, para as instalações de geração, transmissão e distribuição com tensões iguais ou superiores a 138 kV; e
- No interior da faixa de servidão, para avaliar a exposição da população ocupacional, e no limite da faixa de servidão, de forma a verificar a exposição do público em geral a 1,5 m de altura do nível do solo, para as linhas de interesse restrito, de transmissão ou distribuição com tensões iguais ou superiores a 138 kV.

As medições, quando realizadas, devem ser executadas no período de carga pesada, conforme metodologia estabelecida na NBR 15.415/2006, com equipamentos com certificado de calibração emitido entidade competente, nacional ou internacional ou, alternativamente, aferidos por laboratório especializado ou centro de pesquisa.

Caso haja instalação ou faixa de servidão compartilhada por mais de um agente, caberá ao proprietário da instalação com tensão mais elevada realizar os cálculos ou medições, considerando a contribuição de todos os ativos envolvidos ou, em conjunto, para instalações com mesmo nível de tensão.

¹ O Relatório de Conformidade é um documento elaborado e assinado por entidade competente contendo a memória de cálculo ou os resultados das medições utilizadas, com os métodos empregados, para verificar o atendimento às Restrições Básicas para exposição humana a campos elétricos e magnéticos.

² O Plano de Adequação corresponde ao documento a ser apresentado à ANEEL, contendo no mínimo o cronograma físico-financeiro e os estudos técnicos que demonstrem a eficácia das medidas propostas para a adequação das instalações às Restrições Básicas.

Devem ser realizadas medições dos campos elétricos e magnéticos para as instalações já existentes e cujos valores calculados sejam iguais ou superiores aos Níveis de Referência.

Caso os valores medidos sejam superiores aos Níveis de Referência, o agente deve:

- a. Apresentar o Relatório de Conformidade à ANEEL, caso os resultados demonstrem o atendimento às Restrições Básicas; ou
- b. Enviar o Relatório de Conformidade e o Plano de Adequação das instalações à ANEEL, caso os resultados demonstrem o não-atendimento às Restrições Básicas.

A ANEEL pode exigir o Relatório de Conformidade se o Plano de Adequação indicar a necessidade de investimentos. Os prazos para apresentação dos referidos documentos consta da Resolução.

Os agentes de geração, transmissão e distribuição devem encaminhar à ANEEL o memorial de cálculo dos campos elétricos e magnéticos ou relatório das medições para suas respectivas instalações já existentes e com tensão igual ou superior a 138 kV, conforme os seguintes prazos estabelecidos na Resolução:

- até o dia 30 de dezembro de 2010, para instalações com tensão superior a 500 kV;
- até o dia 30 de junho de 2011, para instalações com tensão superior a 230 kV e menor ou igual a 500 kV; e
- até o dia 29 de dezembro de 2011, para instalações com tensão menor ou igual a 230 kV e maior ou igual a 138 kV.

Deve-se destacar que os dados enviados pelos agentes serão divulgados no sítio da ANEEL na rede mundial de computadores.

Para as instalações com tensão inferior a 138 kV, os proprietários devem encaminhar à ANEEL uma correspondência assegurando que elas não emitem campos elétricos e magnéticos superiores aos Níveis de Referência.

Por fim, qualquer titular de unidade consumidora pode requisitar à distribuidora, mediante solicitação formal, a medição dos campos elétricos e magnéticos gerados por instalações de tensão igual ou superior a 2,3 kV.

A medição deverá seguir os procedimentos estabelecidos na Resolução e ser realizada em até 30 dias após o recebimento da solicitação pelo proprietário da instalação, o qual deverá informar previamente ao consumidor todos os custos e prazos para realização das medições.

Caso os valores medidos sejam inferiores aos Níveis de Referência, o consumidor deve arcar com os custos decorrentes desse procedimento. Após a realização das medições, os resultados obtidos devem ser encaminhados ao consumidor, com cópia para a ANEEL.

2.2 Primeiros Resultados

Tendo em vista o vencimento do primeiro prazo estabelecido na Resolução Normativa nº 398/2010 para envio dos dados à ANEEL, relativo às instalações com tensão maior que 500 kV, e também o fato de alguns agentes terem antecipado o envio das informações para instalações com tensões inferiores³, apresentam-se a seguir nas Tabelas 2 e 3 os valores máximos dos campos elétricos e magnéticos medidos ou calculados para linhas de transmissão e subestações.

³ Dados enviados até fevereiro de 2011 para instalações com tensões menores ou iguais a 500 kV.

Tabela 2: Dados das linhas de transmissão

		Valores Máximos				
Tensão (kV)	Nome	Campo Elétrico (kV/m)		Campo Magnético (μT)		Método
		Público Geral	População Ocupacional	Público Geral	População Ocupacional	
750	Linha A	1,00	11,80	7,50	52,00	cálculo
	Linha B	1,00	11,80	7,50	52,00	cálculo
	Linha C	1,00	11,80	7,50	52,00	cálculo
	Linha D	1,00	11,80	7,50	52,00	cálculo
	Linha E	1,00	11,80	7,50	52,00	cálculo
	Linha F	1,00	11,80	7,50	52,00	cálculo
	Linha G	1,00	11,80	7,50	52,00	cálculo
	Linha H	1,00	11,80	7,50	52,00	cálculo
	Linha I	1,00	11,80	7,50	52,00	cálculo
525	Linha A	3,71	6,75	3,43	7,37	medição
	Linha B	3,76	6,80	2,23	6,68	medição
	Linha C	1,25	8,62	7,51	55,57	medição
440	Linha A	1,78	11,15	34,53	60,92	cálculo
	Linha B	1,34	4,67	12,98	18,93	cálculo
	Linha C	1,34	4,67	12,98	18,93	cálculo
	Linha D	1,34	4,67	12,98	18,93	cálculo
	Linha E	1,34	4,67	12,98	18,93	cálculo
230	Linha A	1,33	6,20	11,79	53,18	cálculo
	Linha B	0,62	5,58	6,36	53,77	cálculo
	Linha C	1,24	1,04	0,40	2,07	medição

Tabela 3: Dados das subestações

		Valores Máximos				
Tensão (kV)	Nome	Campo Elétrico (kV/m)		Campo Magnético (μT)		Método
		Público Geral	População Ocupacional	Público Geral	População Ocupacional	
750	SE A	3,11	7,23	7,60	10,34	medição
	SE B	2,54	9,80	3,54	10,48	medição
	SE C	1,50	10,40	4,94	8,26	medição
	SE D	2,80	8,20	5,36	6,30	medição
525	SE A	1,17	5,58	0,98	16,65	medição
	SE B	0,16	6,70	0,22	24,95	medição
	SE C	0,33	2,82	1,45	12,41	medição
440	SE A	1,53	16,58	3,55	62,53	cálculo
	SE B	5,06	23,05	54,85	188,79	cálculo
	SE C	3,47	3,74	3,82	4,62	cálculo
	SE D	1,00	2,28	2,66	11,99	cálculo
	SE E	1,00	2,28	2,66	11,99	cálculo
230	SE A	1,83	8,70	18,49	155,29	cálculo
	SE B	1,03	1,09	2,74	16,32	medição

Os dados destacados em amarelo nas Tabelas 2 e 3 evidenciam ultrapassagens dos Níveis de Referência reproduzidos na Tabela 1. Conforme pode ser observado, tais valores indicam que as intensidades dos campos elétricos para a população ocupacional encontram-se ligeiramente acima para as linhas de 750 kV, uma LT de 525 kV (linha C) e outra de 440 kV (linha A). Não houve ultrapassagens dos campos magnéticos medidos e calculados, tanto nas linhas quanto nas subestações.

A Tabela 3 apresenta os resultados para as subestações, onde se observa a existência de campos elétricos com intensidades superiores aos Níveis de Referência para a população ocupacional nas instalações de 750 kV (SE B e SE C), 440 kV (SE A e SE B) e 230 kV (SE A). Nesse contexto, destaca-se a significativa ultrapassagem (177%) na SE B, onde também foi registrado valor ligeiramente superior à Referência para o público em geral.

Deve-se ressaltar que, dentre os dados apresentados para as linhas de transmissão, observa-se que em apenas 20% dos casos os proprietários optaram por realizar medições, pois o uso de ferramentas computacionais permite a simulação das intensidades dos campos elétricos e magnéticos de forma relativamente precisa e com custos reduzidos. No entanto, observa-se que dentre as ultrapassagens registradas em 11 linhas, os campos elétricos foram calculados em 10 e apenas em uma houve medição.

Já para subestações, das 14 instalações informadas, houve medição em 8, sendo registradas duas ultrapassagens, representando apenas 33% do total (6) de valores superiores aos valores de referência.

Apesar das Tabelas 2 e 3 indicarem valores medidos e calculados de campo elétrico acima dos Níveis de Referência, não significa dizer que há riscos para a população ocupacional e para o público em geral, pois conforme já comentando neste artigo, tais valores foram estabelecidos pela ICNIRP por meio da aplicação de fatores de segurança sobre as Restrições Básicas, que representam os limites máximos de exposição humana a campos elétricos e magnéticos.

Dessa forma, segundo a Resolução Normativa nº 398/2010, as empresas proprietárias das instalações que registraram campos elétricos calculados superiores aos valores reproduzidos na Tabela 1 devem inicialmente realizar medições e, caso sejam confirmados os dados iniciais, elaborar um Relatório de Conformidade para avaliar o atendimento das Restrições Básicas.

Caso seja comprovada a ultrapassagem das restrições básicas, a empresa deve partir para a elaboração de um Plano de Adequação das suas instalações e submetê-lo para apreciação da ANEEL. As medidas propostas podem ser simples ajustes nos procedimentos de manutenção, como o uso de roupas adequadas para proteger o trabalhador dos efeitos do campo elétrico, mas também podem indicar alterações nas estruturas das linhas e subestações.

3.0 - CONCLUSÃO

Este artigo apresentou a regulamentação brasileira dos limites de exposição humana a campos elétricos e magnéticos originários de instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica na frequência de 60 Hz, assim como os primeiros resultados obtidos em função da Resolução Normativa nº 398/2010.

A ANEEL divulgará em seu sítio na internet os principais resultados das medições ou cálculos realizados pelas empresas, informando as intensidades dos campos e os níveis de referência, divididos por Estado, Município, empresa e nível de tensão das instalações (subestações e linhas de transmissão).

Com base nos primeiros resultados informados pelas empresas à ANEEL, e reproduzidos neste artigo, a intensidade dos campos elétricos em algumas instalações superaram os Níveis de Referência, o que não significa que há riscos para a população ocupacional, apenas que há necessidade de realizar estudos mais aprofundados para avaliar o atendimento às Restrições Básicas e, caso seja necessário, realizar adequações nessas instalações.

4.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) BRASIL, CONGRESSO NACIONAL. Lei nº 11.934/09. Diário Oficial, 6 de maio de 2009.

(2) ANEEL. Resolução Normativa nº 398, Diário Oficial, 29 de março de 2010.

(3) Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz), in Health Physics, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, vol. 74, 1998.

(4) NBR 15415 – Métodos de medição e níveis de referência para exposição a campos elétricos e magnéticos na frequência de 50 Hz e 60 Hz, ABNT, 2006.

5.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Marco Aurélio Lenzi Castro

Natural do Rio de Janeiro, RJ. Nascido em 24 de janeiro de 1977.

Engenheiro Eletricista formado pela Universidade de Brasília – UnB, 2000.

Mestre em Engenharia Elétrica pela UnB, 2004.

Pós-Graduação *Lato sensu* em Economia. Curso: “Theory and Operation of a Modern National Economy” .The George Washington University, 2007, Washington, DC, USA.

Trabalhou no Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS entre 2001 e 2002.

Atua como Especialista em Regulação da ANEEL desde 2002, com experiência nas Superintendências de Regulação da Comercialização, Geração e Distribuição.