



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

BR/GSE/24
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO – VIII

GRUPO DE ESTUDO DE SUBESTAÇÕES E EQUIPAMENTOS DE ALTA TENSÃO - GSE

DISPOSITIVO DE MITIGAÇÃO DE EMISSÃO DE CAMPO ELÉTRICO OBJETIVANDO O ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 398 DA ANEEL E AS MELHORES PRÁTICAS NA GESTÃO DE ATIVOS.

Carlos Eduardo de Azevedo Dantas (*)
State Grid Brazil Holding S.A.

Márcio Antonio de Castro Souza
State Grid Brazil Holding S.A.

RESUMO

Este trabalho tem por finalidade apresentar uma solução prática para o controle de exposição ao campo elétrico nos pontos críticos onde os valores mensurados violaram os limites estabelecidos pelas Resoluções da ANEEL número 398 de 23 de Março de 2010 e número 413 de 03 de Novembro de 2010 em atendimento a Lei Federal número 11. 934 de 05 de maio de 2009, identificados nas subestações da State Grid Brazil Holding SA.

PALAVRAS-CHAVE

Resolução 398, ICNIRP, Campo Elétrico, Controle, PAS 55:2008.

1.0 - INTRODUÇÃO

A lei Federal 11934 de 2009, complementada pelas Resoluções Normativas da ANEEL 398/2010 e 413/2010 definem que os limites de exposição a campos elétricos e magnéticos de baixa frequência a serem respeitados no Brasil são os definidos pela ICNIRP (Comissão Internacional para Proteção contra Radiações Não-ionizantes) /OMS (Organização Mundial de Saúde), que tinham os valores fixados em:

Tabela 1: Valores de referência para campo elétrico e magnético em 60 Hz

Referência	Campo Elétrico	Campo Magnético
População em geral	4,170 Kv/m	83,33 µT
Trabalhadores	8,330 kV/m	416,67 µT

Porém em 2010 o ICNIRP publica nova instrução redefinindo o limite para a exposição de trabalhadores ao campo elétrico, o chamado Fator 2, alterando o valor máximo de 8,330 para 16.660 kV/m, e a ANEEL, em reunião realizada em 07 de dezembro de 2011 com o grupo ABDIB (Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base), na sede da Agência, afirmou através de carta pró-memória a aceitação deste novo limite para a população ocupacional.

Frente ao exposto, os novos limites estabelecidos pela OMS passaram a ser:

Tabela 2: Valores de referência para campo elétrico e magnético em 60 Hz, com a aplicação do fator 2

Referência	Campo Elétrico	Campo Magnético
População em geral	4,170 kV/m	83,33 µT
Trabalhadores	16,660 kV/m (fator 2 já aplicado)	416,67 µT

(*) Avenida Presidente Vargas, n° 955 – 14º andar — CEP 20.071- 004 - Rio de Janeiro, RJ – Brasil
Tel: (+55 21) 6705-2736 – Email: carlos.dantas@stategridbr.com

2.0 - ESCOLHA DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

Para este trabalho, foi contratada a empresa EMField que realizou todas as medições conforme preconiza a NBR 15.415 de 2006 "Métodos de medição e níveis de referência para exposição a campos elétricos e magnéticos na frequência de 50Hz e 60 Hz".

2.1 Linhas de Transmissão

Todos os resultados obtidos em medições realizadas em linhas de transmissão das concessões a State Grid Brasil Holding SA foram satisfatórios e não apresentam risco para os trabalhadores da empresa ou à população em geral.

2.2 Subestações

Nos casos das subestações, os pontos de medição escolhidos são caracterizados pela circulação ou permanência de trabalhadores durante suas atividades de rotina com os equipamentos energizados e de maior probabilidade de apresentar campos elétricos e/ou campos magnéticos intensos.

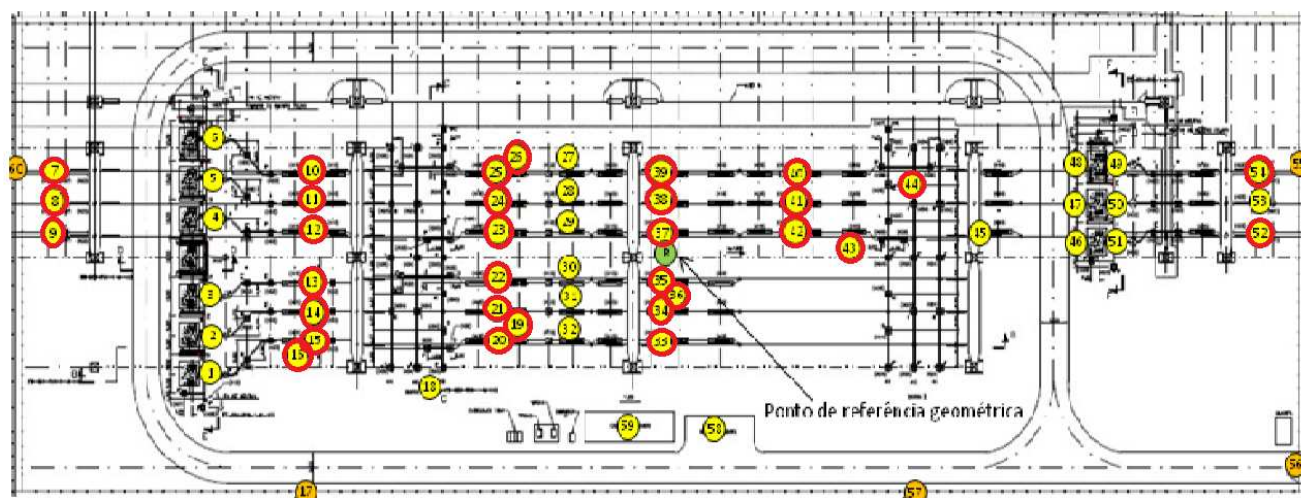


Figura 1 - Pontos de medição sem a aplicação do fator 2.

Os locais sinalizados com o círculo vermelho indicam onde ocorreram violação do limites de emissão do campo elétrico **sem a aplicação do fator 2**.

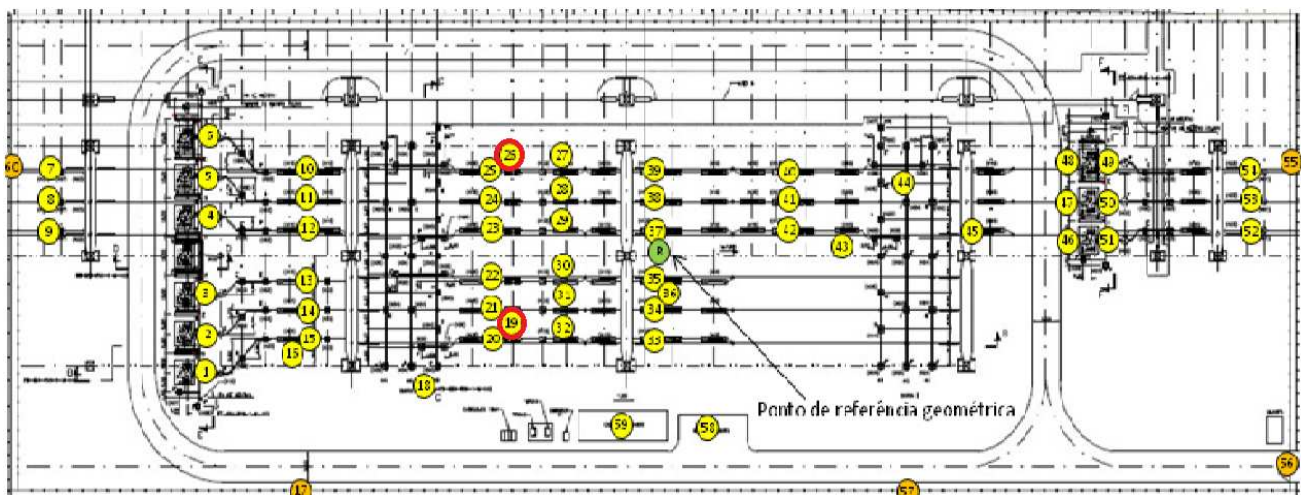


Figura 2 - Pontos de medição com a aplicação do fator 2.

Os locais sinalizados com o círculo vermelho indicam onde ocorreram violação dos limites de emissão do campo elétrico **com a aplicação do fator 2**.

Para a exposição da população em geral aos campos elétricos e magnéticos (medidos nos pontos laranja nas Figuras 1 e 2), possuem baixo impacto ambiental e não são fatores de risco.

Para a exposição dos trabalhadores aos campos elétricos e magnéticos (medidos nos pontos amarelos na Figura 2), os resultados das medições do campo magnético possuem baixo impacto ambiental e não oferece risco conforme orientação da OMS/ICNIRP. Porém, no caso da emissão do campo elétrico nestes mesmos pontos, apenas nas medições realizadas sobre as plataformas de acesso ao armário do mecanismo dos disjuntores os níveis de emissão do campo elétrico encontrados nas violam o limite de 16,660 kV/m estabelecido pela norma, fazendo com que estas instalações não estejam em conformidade.

Tabela 3 – Locais onde os valores emissão do campo elétrico obtidos na medição superam os limites estabelecidos.

Locais em que ocorreram violação dos valores limites de emissão de campo elétrico			
Subestações			
Nº	Instalação	Local da Medição	Valor Medido
1	Subestação Serra da Mesa 2, SMTE, 500 kV	Sobre a plataforma do disjuntor SDDJ7-07	37,5 kV/M
2	Subestação São Simão, RPTE, 500 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 12U4	29,2 kV/M
3	Subestação Estreito, PCTE, 500 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 9046	31,9 kV/M
4	Subestação Itumbiara, ITE - ETIM - ETEE, 500 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 9776	28,6 kV/M
5	Subestação Marimondo, RTPE - ETIM, 500 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 952R	39,7 kV/M
6		Sobre a plataforma do disjuntor 932R	22,6 kV/M
7		Sobre a plataforma do disjuntor 9092	30,2 kV/M
8		Sobre a plataforma do disjuntor 9822	36,6 kV/M
10	Subestação Barra do Peixe, ITE, 500 kV	Sobre a plataforma do disjuntor BPDJ6	20,8 kV/M
11	Subestação Cuiabá, ITE, 500/230 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 9118	20,4 kV/M
12		Sobre a plataforma do disjuntor 9018	26,8 kV/M
13	Subestação Riberãozinho, ITE, 500/230 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 9212	29,5 kV/M
14		Sobre a plataforma do disjuntor 9222	26,4 kV/M
15		Sobre a plataforma do disjuntor 7242	18,4 kV/M
16		Sobre a plataforma do disjuntor 9262	28,8 kV/M
17	Subestação Rio Verde Norte, ITE, 500 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 9044	23,9 kV/M
18		Sobre a plataforma do disjuntor 9044	28,6 kV/M
19	Subestação Ribeirão Preto, PCTE, 500/440 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 8048	24,1 kV/M
20	Subestação Luziânia, SMTE, 500 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 9594	38,0 kV/M
21	Subestação Paracatu 4, SMTE, 500/138 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 9092	27,3 kV/M
22	Subestação Pirapora 2, SPTE, 500/345/138 kV	Sobre a plataforma do disjuntor 9036	17,2 kV/M

De acordo com as recomendações da ANEEL, as áreas das subestações em que os valores dos campos elétricos são superiores ao admissível para trabalhadores, deverão ser vedados os acessos, complementado por sinalização e treinamento. Nestes pontos, a manutenção de instalações e equipamentos devem ficar condicionada a desligamentos.



Figura 3: Os pontos onde as medições alcançaram níveis acima dos estabelecidos, foram realizadas sobre a plataforma de acesso aos mecanismos dos disjuntores.

3.0 - MONITORAMENTO DE DISJUNTORES

Apesar de não se tratar de uma função transmissão, os disjuntores são um dos dispositivos mais importantes na composição de uma subestação elétrica, pois, é através de sua atuação que são isolados e extintas as falhas do sistema elétrico interligado (SIN) e para melhor gerir este tipo de ativo, é fundamental a utilização de técnicas preditivas, conforme a PAS 55 através da aplicação destas técnicas, é possível detectar diversos problemas em disjuntores que fatalmente iriam afetar a performance de atuação dos mesmos.

Algumas atividades de inspeção realizadas em periodicidades diversas em que se faz necessário o acesso ao armário de comando do disjuntor com o equipamento energizado:

- Realizar leitura da pressão de Gás SF₆;
- Assegurar a limpeza onde for possível;
- Verificar estado da pintura e presença de oxidação nas partes componentes do equipamento;
- Verificar estado dos elementos de identificação;
- Verificar estado dos elementos internos/cabos terminais/fechaduras/juntas dos painéis e cubículos;
- Verificar estado físico das bobinas de fechamento e abertura do disjuntor;
- Verificar funcionamento do resistor de aquecimento e iluminação interna dos cubículos;
- Verificar circuito auxiliar e ligações terminais quanto à oxidação/falta parafuso/trincas em conectores;
- Realizar inspeção visual nas molas de acionamento e verificar o seu carregamento;
- Verificar lubrificação do sistema de transmissão entre o motor e a mola de fechamento;
- Verificar nível de óleo da caixa de engrenagem do comando à mola.

Problemas já detectados em disjuntores utilizando esta técnica de manutenção preditiva:

- Parafusos do mecanismo operacional soltos ou quebrados;
- Bobinas de abertura mal fixadas ou soltas em função do despredimento de seus parafusos de fixação;
- Pequenos vazamentos de Gás SF₆;
- Deformação do eixo de acionamento mecânico do disjuntor.

A instrução de vedação de acesso e o fato das inspeções serem condicionadas somente a desligamentos impacta acentuadamente na atividade de monitoramento de disjuntores, que é de fundamental importância para o planejamento estratégico da manutenção destes equipamentos, pois é através das inspeções de rotina realizadas em campo que obtemos diagnósticos de possíveis problemas ainda em estágio inicial de evolução e executamos as ações corretivas com o equipamento energizado ou com a parada programada, dependendo da necessidade, realizando assim a manutenção de forma eficaz e eficiente, sempre com os menores custos e reduzindo a probabilidade de falhas dos mesmos.

Para que fosse dada a aplicação da técnica de monitoramento adotada pela State Grid de manutenção centrada na confiabilidade, tendo este monitoramento uma ação fundamental no processo produtivo para a qualidade, disponibilidade e confiabilidade do ativo, tomou-se a decisão do desenvolvimento de um recurso que proporcionasse a continuidade desta atividade, adequando os pontos de inspeção aos limites de emissividade estabelecidos na norma.

Outro ponto importante é o fato do campo elétrico ser gerado pela tensão portanto, mesmo desligando os disjuntores teríamos tensão e desta forma uma alta emissão do campo elétrico impossibilitando a atividade de manutenção.

4.0 - DESENVOLVIMENTO DO DISPOSITIVO

O início do desenvolvimento do projeto consistiu na criação de um artefato que eliminasse ou reduzisse campo elétrico a valores inferiores a 16,66 kV/m para que desta forma pudessemos fazer as manutenções como descrito anteriormente.

Suas dimensões seguiram rigorosamente o padrão da plataforma já instalada para acesso ao armário de comando do disjuntor e desta maneira estaria bem afixada e protegeria o técnico mantenedor de emissão do campo elétrico por toda a sua extensão.

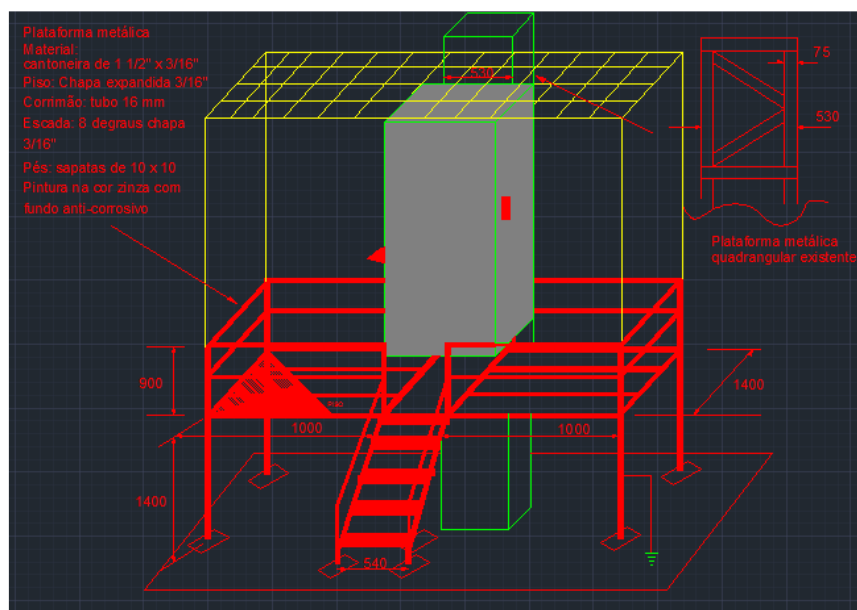


FIGURA 4 – Desenvolvimento do protótipo utilizando o software AutoCad

4.1 Construção do protótipo

O protótipo foi concebido com a parte superior sendo composta por uma grade de alumínio e bases do mesmo material para seu suporte e fixação na plataforma já existente.

Uma importante precaução tomada, foi a questão da fixação do equipamento à estrutura existente no local, pois devido a suas grandes dimensões, uma vez mal fixado, a estrutura poderia se deslocar com a ação de ventos, por exemplo, e causar um flash over por rompimento da distância dielétrica entre a parte energizada e a parte aterrada do disjuntor.



Figura 5 – Instalação e medição

5.0 – CONCLUSÃO

Após a instalação do equipamento, a empresa EMField realizou novas medições no ponto onde foi instalado o dispositivo e que apresentava violação dos valores limites de exposição de campo elétrico.

O resultado é que a redução da emissão de campo elétrico no ponto onde foi instalado o protótipo foi de 80% em média, reduzindo os índices de exposição a valores permitidos até mesmo a população em geral.

Tabela 4 – Comparação de resultados obtidos nas medições realizadas antes e depois da instalação do dispositivo.

Ponto	Sem blindagem (kV/m)	Com Blindagem (kV/m)	Limite Aneel (kV/m)	Atenuação	Média da atenuação
A	27,1	4,54	16,66	83,2%	80%
B	29,7	5,61	16,66	81,1%	
C	31,6	7,69	16,66	75,7%	
D	31,3	6,93	16,66	77,9%	
E	30,0	5,66	16,66	81,1%	

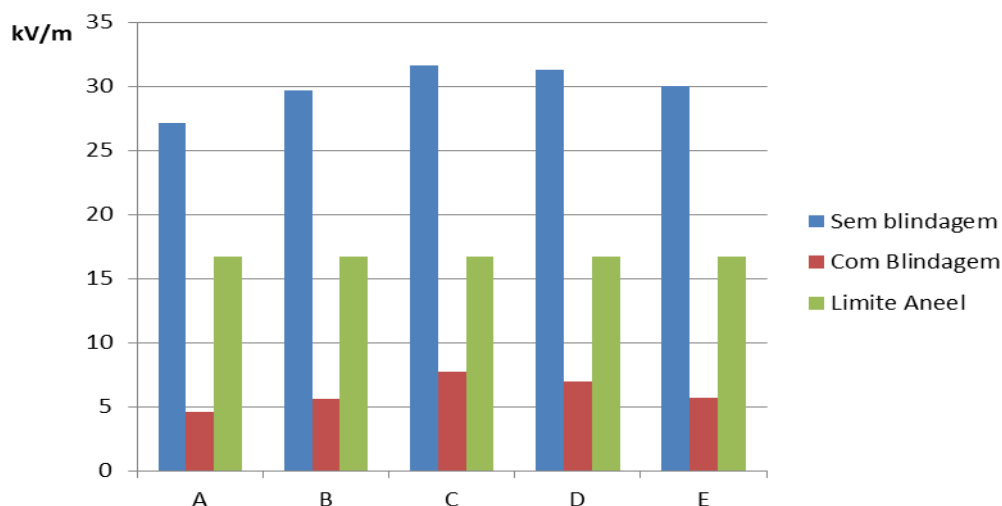


Figura 6 – Comparação dos resultados com o limite estabelecido

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) British Standards Institution (BSI). Publicly Available Specification PAS 55 (Partes 1 e 2). Tradução Associação das empresas brasileiras de manutenção-ABRAMAN. 2008.
- (2) Estrutura Estratégica da Manutenção – Nelson Cabral de Carvalho - UFF
- (3) BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. LEI Nº 11.934 - Limites à exposição humana a campos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos. Brasília, DF, maio de 2009.
- (4) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, Resolução Normativa nº 398, de 23 de março de 2010.
- (5) AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, Resolução Normativa nº 413, de 03 de Novembro de 2010.
- (5) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields. 2010.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Carlos Eduardo de Azevedo Dantas, nascido no Rio de Janeiro em 15 de Maio de 1970. Graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistema Elétrico de Potência pela Universidade Santa Úrsula do Rio de Janeiro, cursou MBA em Gestão de Produção e Manutenção pela Universidade Federal Fluminense do Rio de Janeiro.

Sua experiência profissional se concentra nas atividades de Manutenção de Subestações da concessionária Light Serviços de Eletricidade S.A, trabalhou como Engenheiro de Manutenção de Subestações do Grupo Abengoa Brasil e atualmente como Engenheiro de Equipamentos da concessionária State Grid Brazil Holding S.A.

Márcio Antonio de Castro Souza, nascido em 07 de Dezembro de 1977 em Jacareí, SP, graduado em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistema Elétrico de Potência pela Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ) em 2006 e pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade FUMEC, em Belo Horizonte em 2007.

Atuou como Engenheiro Eletricista na COMW Teknotrafo Transformadores LTDA em Belo Horizonte realizando trabalhos na área de qualidade de energia, como Engenheiro Eletricista na Gemon Geral de Engenharia e Montagens S.A. em contratos com a concessionária Ampla no norte do estado do Rio de Janeiro, como Engenheiro de Segurança do Trabalho na concessionária Light Serviços de Eletricidade S.A e atualmente como Engenheiro de Segurança do Trabalho na State Grid Brazil Holding S.A.