



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

GLT  
22 a 25 Novembro de 2009  
Recife - PE

**GRUPO - GLT**

**GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO**

**PÁRA-RAIOS DE ZNO EM LINHA DE TRANSMISSÃO DE 138 KV DEFINIÇÃO DOS LOCAIS, METODOLOGIA DE INSTALAÇÃO E ACOMPANHAMENTO DO DESEMPENHO**

**Armando Issac Nigri(\*)  
LTs Consultoria e Serviços**

**Ricardo Fraga Abdo      Ricardo Perez Corrêa  
FURNAS Centrais Elétricas S.A**

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho é apresentar o critério para utilização e o método de instalação de pára-raios de ZnO, com invólucro polimérico, na linha de transmissão de 138 kV de FURNAS, Rio Verde - Couto Magalhães, bem como o acompanhamento do desempenho quanto a descargas atmosféricas, desta linha específica, após a instalação dos pára-raios.

**PALAVRAS-CHAVE**

Linhas de transmissão - pára-raios - descargas atmosféricas - desligamento - linha energizada

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Os desligamentos não programados das linhas de transmissão são classificados, para facilidade de análise, pela causa que o acarretou. Como exemplo pode-se citar as seguintes causas: descargas atmosféricas, poluição, vento, vandalismo, queimadas, defeito de fabricação de material, etc.

Na grande maioria dos casos, estes desligamentos são de caráter temporário, ou seja, as linhas de transmissão são religadas após um intervalo de tempo muito curto, da ordem de milissegundos, e, eventualmente, podem ser de caráter permanente, requerendo a intervenção da manutenção para o restabelecimento operacional da linha.

O acompanhamento permanente do desempenho das linhas de transmissão, particularmente no tocante a descargas atmosféricas, permite não somente que os órgãos responsáveis pela manutenção adotem as providências necessárias para manter o número de desligamentos dentro dos valores preestabelecidos, mas também uma realimentação aos órgãos responsáveis pelo projeto das linhas para avaliação dos critérios adotados.

Caso o número de desligamentos, devido a descargas atmosféricas, de uma determinada linha esteja acima do especificado, pode-se melhorar o seu desempenho através da adoção de um dos seguintes procedimentos:

- melhoria do sistema de aterramento da estrutura;
- aumento do isolamento;
- utilização de pára-raios de ZnO, em paralelo com a cadeia de isoladores.

**2.0 - ANÁLISE DO DESEMPENHO**

FURNAS acompanha permanentemente o desempenho de todas as linhas de transmissão, através dos relatórios emitidos pelos órgãos responsáveis pela operação do sistema, onde são analisadas as proteções que atuaram, os oscilogramas das linhas e outros dados importantes, além dos relatórios das inspeções periódicas, aéreas e terrestres, emitidos pelas áreas de manutenção, onde são observadas unidades de isoladores queimadas, indicativo da ocorrência de "flashover" sobre a cadeia.

As interrupções motivadas por descargas atmosféricas são consideradas separadas das demais pelo fato de se tratar de um dos parâmetros considerados na fase de projeto para determinação do isolamento das linhas.

Observou-se deste acompanhamento que a LT, 138 kV, Rio Verde - Couto Magalhães, vinha apresentando um desempenho insatisfatório.

### 3.0 - PÁRA-RAIOS DE ZNO EM LTS

Uma solução de manutenção, para reduzir o número de desligamentos devido a descargas atmosféricas, que vem sendo muito adotada atualmente, é a instalação de pára-raios de ZnO, eletricamente, em paralelo com as cadeias de isoladores.

Assim, face ao elevado número de desligamentos, quanto a descargas, na linha, 138 kV, Rio Verde - Couto Magalhães, e como a utilização das técnicas convencionais para melhoria do desempenho não surtiram o efeito esperado, esta linha foi selecionada para instalação deste tipo de equipamento.

O objetivo foi colocar esta linha nos mesmos padrões de desempenho das demais linhas do Sistema FURNAS.

#### 3.1 Instalação Piloto

Como FURNAS não possuía experiência na utilização de pára-raios em linhas de transmissão decidiu-se realizar uma instalação preliminar cujo objetivo principal seria a determinação do método e critério de fixação. Optou-se pela seleção de uma linha nas proximidades do Rio de Janeiro e que apresentasse algum problema quanto ao desempenho.

Após análise das linhas de 138 kV que atendessem a estes quesitos, foram selecionadas as seguintes linhas: Jacarepaguá - Cosmos e Angra - Santa Cruz.

##### 3.1.1 Seleção das Estruturas

Em função dos relatórios das inspeções periódicas das linhas, foram selecionadas as 3 (três) estruturas, de cada uma das linhas, que apresentassem a maior incidência de cadeias queimadas.

Assim, na linha Jacarepaguá - Cosmos foram selecionadas as estruturas 52, 53 e 55 e na linha Angra-Santa Cruz as torres 228, 231 e 232.

##### 3.1.2 Método de Instalação

Face ausência de experiência na instalação dos pára-raios decidiu-se, por questões de segurança, que nesta etapa as instalações deveriam estar desenergizadas.

Foram analisadas diversas posições possíveis para instalação do pára-raios de ZnO em paralelo eletricamente com a cadeia de isoladores, conforme pode ser observado nas figuras 1,2, e 3 a seguir.

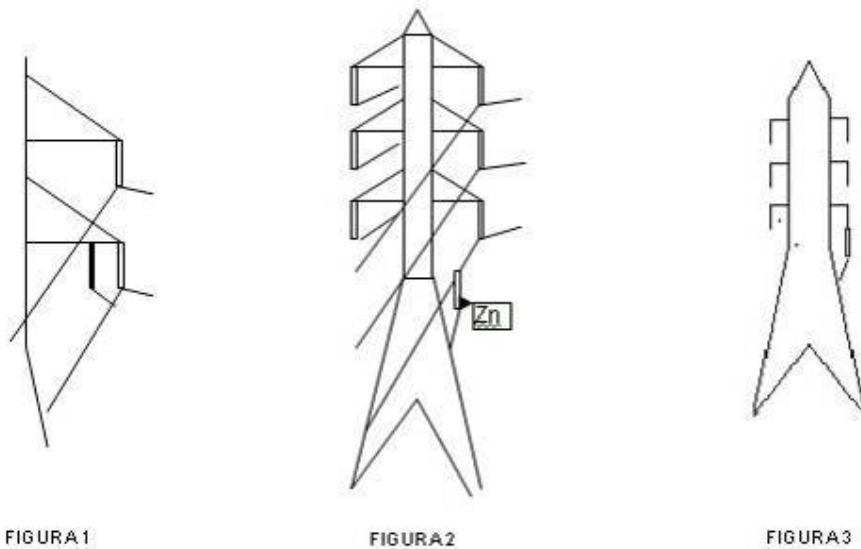
Na figura 1 o pára-raios é preso na mísula e interligado ao cabo condutor através do desconectador.

Nesta configuração, a desvantagem observada é que, caso o mesmo atue, as distâncias elétricas ficarão muito reduzidas possibilitando a ocorrência de "flashover".

Na figura 2 o pára-raios de ZnO é preso ao cabo condutor em um ponto afastado do grampo de suspensão.

Apesar do invólucro polimérico do pára-raios apresentar um baixo peso, ainda assim é um esforço que pode vir a danificar o condutor.

A fixação do pára-raios diretamente no prolongamento da cadeia de isoladores, conforme figura 3, garante a transferência dos esforços para mísula da estrutura não trazendo riscos aos cabos condutores, nem redução de isolamento, caso atue o desconectador.



Desta forma os pára-raios foram instalados na fase inferior, exatamente no prolongamento da cadeia de isoladores.

### 3.1.3 Monitoramento

Para acompanhar o desempenho dos pára-raios de ZnO foram instalados sensores para monitorar a incidência de descargas atmosféricas nas proximidades destas estruturas.

Os sensores, constituído de fitas magnéticas, do tipo K7, pré gravadas, foram instalados no cabo pára-raios, na conexão do equipamento à torre e nas pernas das estruturas.

### 3.1.4 Inspeção e Resultados

Foi realizada inspeção no dia 29/09/1998, nas torres 53 e 55 da linha Jacarepaguá - Cosmos, para acompanhamento do desempenho do pára-raios, bem como retirada das fitas dos sensores para análise.

Observou-se que:

- Os tubos de PVC, utilizados nos sensores para proteção das fitas, apresentavam-se ressecados e quebradiços após cerca de 2 (dois) anos de exposição. Não sendo, portanto, recomendada a sua utilização.
- Os sensores instalados nos cabos pára-raios de ambas as estruturas, encontravam-se caídos e sem as fitas.
- A extremidade de um dos sensores presos ao cabo pára-raios encontrava-se totalmente queimada, conforme pode ser visto na foto 1 a seguir.



FOTO 1

- Os pára-raios de ZnO das 2 (duas) estruturas apresentavam-se em perfeitas condições.
  - O invólucro polimérico aparentemente não apresentava sinais de envelhecimento, tais como trincas, fissuras ou trilhamento.
  - Apesar de a inspeção ter sido apenas visual, pode-se considerar um nível médio de poluição depositada na superfície isolante, sem comprometimento para o desempenho da linha.
- Registra-se que a época da inspeção (setembro), coincidindo com o final do período de estiagem, é o mais indicado para avaliar o nível de poluição.

- Não foram detectadas quaisquer marcas de queimado nas cadeias de isoladores podendo concluir que não ocorreram “flashovers” nestas estruturas.

### 3.2 Instalação na linha Rio Verde - Couto Magalhães

#### 3.2.1 Características da linha

A linha Rio Verde - Couto Magalhães apresenta as seguintes características:

- nome: Rio Verde - Couto Magalhães
- tensão: 138 kV
- extensão: 254 km
- circuito: simples
- disposição das fases: triangular
- condutor: 336.4 MCM Linnet
- terreno: levemente ondulado
- número de pára-raios: um
- cabo pára-raios: 3/8”EHS

#### 3.2.2 Característica do Pára-Raios De ZnO

Os pára-raios de ZnO utilizados na linha Rio Verde - Couto Magalhães são de fabricação ABB com as seguintes características:

- sem gap
- modelo PEXLIM Q
- classe 3
- tensão nominal 144 kV
- corrente de descarga nominal – 10 kA crista
- invólucro polimérico – borracha de silicone
- desconectador

#### 3.2.3 Seleção das Estruturas

Os estudos teóricos indicam que a instalação de pára-raios em todas as estruturas da linha e em todas as fases reduziriam a zero o número esperado de desligamentos devido a descargas atmosféricas. Isto, no entanto, conduziria a instalação de quase 2000 pára-raios.

Considerando que:

- como os custos de cada pára-raios é da ordem de US\$ 1.000,00 teríamos um custo total impraticável;
- como flui permanentemente para terra uma corrente da ordem de 1 a 2 mA, em cada um dos pára-raios, teríamos um acréscimo da perda ativa em torno de 1%.

A análise de três inspeções periódicas consecutivas mostrou que existia uma concentração de cadeias de isoladores queimadas em certos trechos da linha,

Optou-se então pela instalação somente nestes trechos com o acompanhamento do desempenho para verificar se ocorreria alteração no comportamento da linha quanto a descargas.

Caso não ocorresse uma redução no número de desligamentos seria analisada a necessidade de instalação de mais pára-raios em outras estruturas

Assim foram selecionados os seguintes trechos da linha:

- entre as torres 107 e 121
  - entre as torres 153 e 158
  - entre as torres 422 e 433
  - entre as torres 583 e 590
  - entre as torres 600 e 612
  - entre as torres 617 e 624
- totalizando 62 pára-raios

#### 3.2.4 Instalação dos Pára-raios

O início da instalação dos pára-raios de ZnO foi em junho de 2001 e todos os demais foram instalados ao longo do 2º semestre de 2001.

Com relação ao posicionamento, foi aproveitada a experiência adquirida na instalação piloto, quando os pára-raios foram instalados diretamente no prolongamento da cadeia de isoladores.

Os pára-raios foram instalados com a linha energizada, utilizando uma combinação do Método Trabalho ao Potencial, no qual o eletricitista fica diretamente em contato com o cabo condutor energizado, e do Método à Distância.

As fotos 2 a 6, a seguir, apresentam a seqüência de instalação.



FOTO 2 - Início da instalação



FOTO 4 – Conexão à cadeia



FOTO 3 - Instalação do extensor

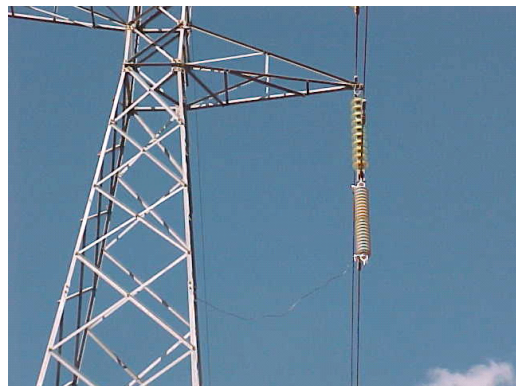


FOTO 5 - Vista Geral

#### 4.0 - ACOMPANHAMENTO DO DESEMPENHO DA LINHA DE TRANSMISSÃO

Tendo em vista que os pára-raios já estão em operação há cerca de 7(sete) anos, é possível uma avaliação do desempenho destes equipamentos, já que a literatura recomenda um mínimo de 5 (cinco) anos para qualquer conclusão consistente quando estão envolvidas condições meteorológicas.

Observou-se, tanto através do acompanhamento do desempenho da linha de transmissão, quanto dos relatórios das inspeções periódicas, que até o momento ocorreu uma redução significativa do número de desligamentos devido a descargas atmosféricas.

##### 4.1 Identificação dos Desligamentos

A análise dos relatórios de operação do sistema em conjunto com o sistema de detecção de descargas atmosféricas permitiu identificar quais os desligamentos da linha que foram causados por descargas atmosféricas bem como suas localizações, já que todas as torres estão georreferenciadas.

A tabela 1 apresenta o número de desligamentos por ano devido a descargas atmosféricas ocorridos após a instalação dos pára-raios.

Tabela 1 – Número de desligamentos por ano devido a descargas

Ano	Nº de Desligamentos
2001	12
2002	8
2003	2
2004	1
2005	3
2006	2
2007	4

Por meio das informações providas pela RINDAT (Rede Integrada Nacional de Detecção de Descargas Atmosféricas), foi possível constatar que todos os desligamentos causados por descargas atmosféricas, a partir da instalação dos pára-raios de ZnO, ocorreram em trechos onde os mesmos não foram instalados, conforme mostram as imagens a seguir, obtidas a partir do software LTRaX.

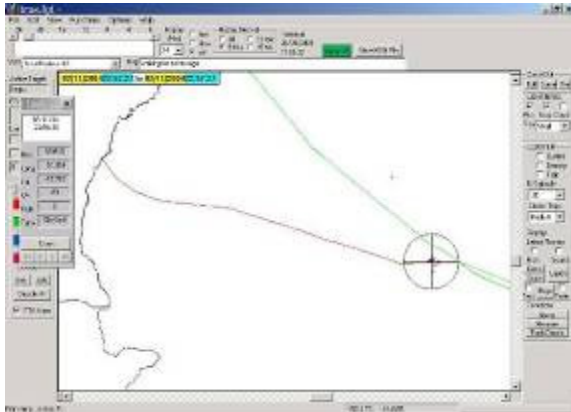


FIGURA 4: Descarga na torre 048

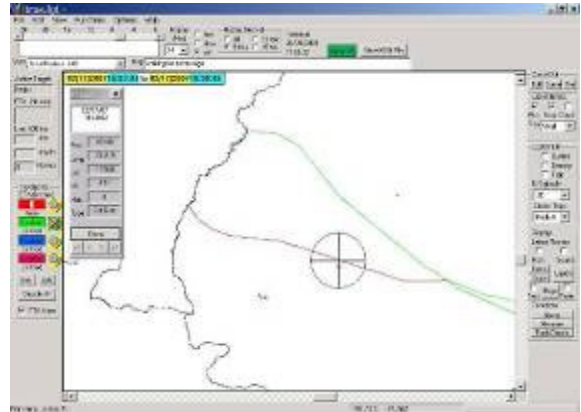


FIGURA 5: Descarga na torre 255

As informações do RINDAT também permitiram verificar que no período após a instalação dos pára-raios, houve incidência de várias descargas atmosféricas em trechos em que os mesmos estavam instalados, as quais não acarretaram desligamentos, comprovando assim que os pára-raios funcionaram adequadamente.

#### 4.2 Desempenho da Linha de Transmissão

Considerando o período anterior e posterior à instalação dos pára-raios de ZnO, é possível constatar uma considerável melhoria do desempenho dessa linha frente a descargas atmosféricas. No período de 6 anos, de 1996 a 2001, foram registrados 53 desligamentos por descargas atmosféricas, o que leva a um índice de desligamento por 100 km por ano de 3,48. Já no período, também de 6 anos, de 2002 a 2007, foram registrados 20 desligamentos por descargas atmosféricas, ou um índice de desligamentos por 100 km por ano de 1,31, evidenciando a melhora no desempenho.

### 5.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pode-se observar, através dos dados do sistema de detecção de raios, que após a instalação dos pára-raios de ZnO em alguns trechos da linha 138 kV Rio Verde - Couto Magalhães, mesmo ocorrendo descargas atmosféricas nestes trechos, não ocorreram desligamentos. Os desligamentos só aconteceram em estruturas em que não foram instalados pára-raios.

Conclui-se então que os pára-raios estão atendendo plenamente e recomenda-se que para qualquer linha que apresente número elevado de desligamentos devido a descargas seja realizado estudo para determinar a viabilidade de instalação de pára-raios de ZnO.

## 6.0 - BIBLIOGRAFIA

(1) Câmara, A., Esmeraldo, P., Nigri, A. Protection Against Lightning Surges Provided by Line Arresters – FURNAS' experience on 138kV system – V SIPDA – SP Brasil.

(2) Kastrup, O., Nigri, A, Zanetta, L. Aplicação De Pára-Raios Zno Em Linhas De 138kv - XIV SNPTEE – Belém Brasil.