



**XIV SNTPEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FL/ GSI / 23  
BELÉM - PA / BRASIL / 1997

**GRUPO XI**

**GRUPO DE ESTUDO DE SOBRETENSÕES, COORDENAÇÃO DE ISOLAMENTO E INTERFERÊNCIAS (GSI)**

**REISOLAMENTO PARA 138 kV EM UMA LINHA DE TRANSMISSÃO DE 69 kV  
COM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

Antônio Soncin  
COPEL

Danilo Rosset  
COPEL

Ilmar S. Moreira \*  
COPEL

Rogério Laurindo  
COPEL

**RESUMO**

O trabalho descreve as soluções adotadas no reisolamento de uma linha de transmissão (LT) em estruturas de concreto armado.

As estruturas existentes dimensionadas para 69 kV não apresentavam distâncias elétricas suficientes, portanto a fim de conseguirmos as distâncias mínimas necessárias para operar em um nível de tensão superior, utilizando os mesmos postes, foram desenvolvidos arranjos especiais para substituir as cruzetas de concreto existentes.

O custo do reisolamento foi aproximadamente 30% do custo de uma linha de 138 kV nova, com o mesmo nível de desempenho, resultando em uma economia em torno de R\$ 3.450.000,00.

Na expansão do sistema de transmissão do Paraná o nível de tensão de 69 kV prevaleceu por um longo período.

Em determinado momento foi dada preferência ao nível de tensão de 138 kV. Surgiu então a conveniência de aproveitar linhas e subestações de 69 kV existentes, através do reisolamento para 138 kV.

Estudos neste sentido foram iniciados em 1980, revendo os critérios adotados até então para o dimensionamento elétrico das estruturas.

Um dos princípios estabelecidos no processo de reisolamento foi o de manter o mesmo desempenho e o mesmo nível de isolamento das linhas projetadas de 138 kV.

**PALAVRAS-CHAVE:**

Reisolamento 69 kV para 138 kV -  
Reisolamento em estruturas de concreto -  
Linhas de Transmissão reisoladas.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

**2.0 - ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Até 1993 todas as LT's reisoladas eram linhas com estruturas metálicas do tipo tronco-piramidal. Os critérios que orientaram o projeto de tais estruturas eram conservadores

e aproximados em termos de distâncias elétricas. Este fato facilitou o reisolamento, mediante a aplicação de procedimentos técnicos atualizados, baseados em critérios probabilísticos e apoiados em ensaios de laboratório.

No caso das estruturas de concreto a situação é diferente. Devido as limitações na altura máxima dos postes, as estruturas de concreto foram dimensionadas com distâncias elétricas reduzidas ao mínimo, sem folga para adaptações. Na configuração original os espaços nas estruturas são absolutamente insuficientes para um aumento do isolamento, com exceção da ancoragem do circuito simples.

### 3.0 - O REISOLAMENTO

Os problemas mais importantes a serem abordados no processo de reisolamento são:

- aumento das distâncias mínimas entre os condutores e as partes aterradas da estrutura;
- aumento da distância mínima, exigido pelas Normas, entre os condutores e o solo.

As soluções adotadas foram as seguintes:

#### 3.1 Circuito simples

##### 3.1.1 *Substituição da cruzeta*

As estruturas de suspensão existentes para o circuito simples são equipadas com uma cruzeta tipo "cosmos" (Figura 1), pela qual o sistema de fixação ao poste permite uma certa liberdade de rotação, a fim de evitar que o poste seja solicitado a torção em caso de ruptura de condutor.

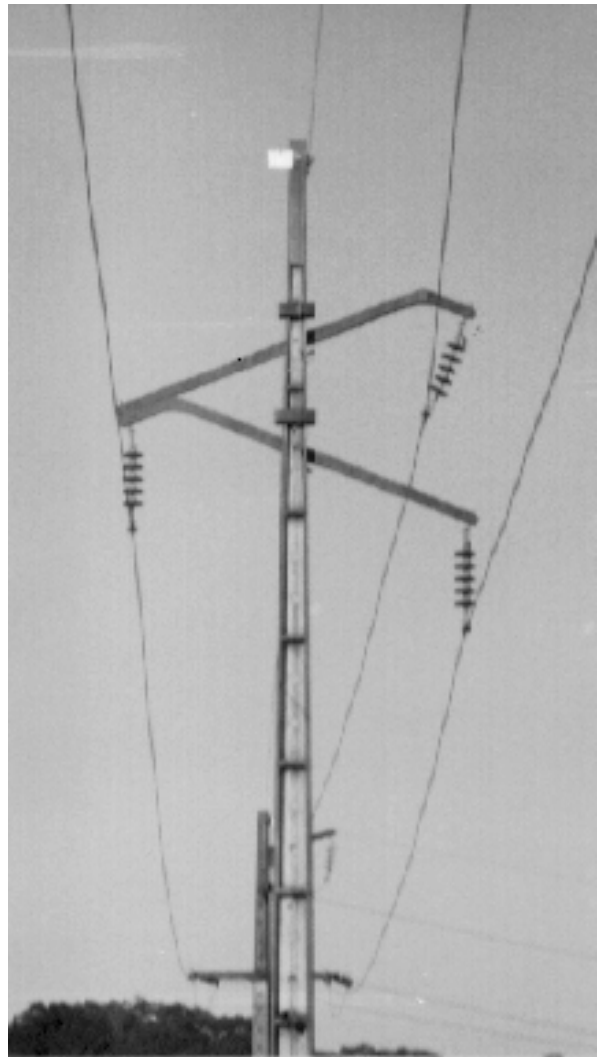


FIGURA 1

As distâncias elétricas na estrutura necessárias para atender ao nível de tensão, foram obtidas através da substituição da cruzeta existente por outra projetada especialmente para esta aplicação.

A forma da nova cruzeta foi concebida visando limitar a perda de altura no ponto de fixação do condutor inferior. Este objetivo foi alcançado e a perda de altura ficou quase nula, em contra partida o ângulo de cobertura do cabo pára-raios aumentou de 30° para 45° (Figura 2).

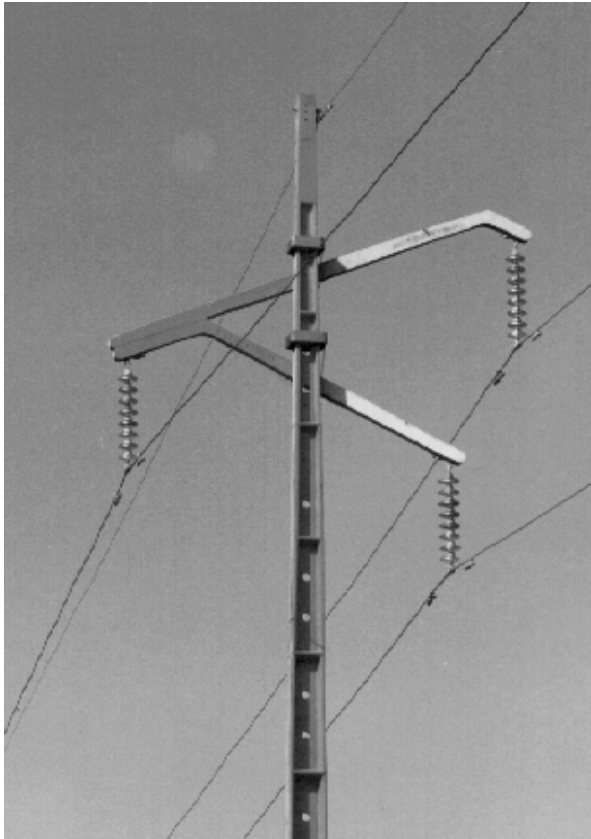


FIGURA 2

Foi feita uma verificação do desempenho frente às descargas atmosféricas da LT reisolada com o ângulo de cobertura de  $45^\circ$  e o resultado mostrou que o desempenho permanece nos limites estabelecidos para LT's de 138 kV. O índice calculado de desligamentos ficou inferior ao das LT's 138 kV com torres metálicas padronizadas e ângulo de cobertura de  $30^\circ$  <sup>(1)</sup>.

A estrutura reisolada com a nova cruzeta foi aplicada nos vãos onde existia uma folga na altura cabo solo que permitisse compensar o aumento desta altura exigido pela Norma, decorrente do aumento do nível de tensão.

### 3.1.2 Mísula isolada

Para os vãos onde não havia esta folga, foi estudada uma nova solução baseada no uso de mísula isolada (Figura 3).

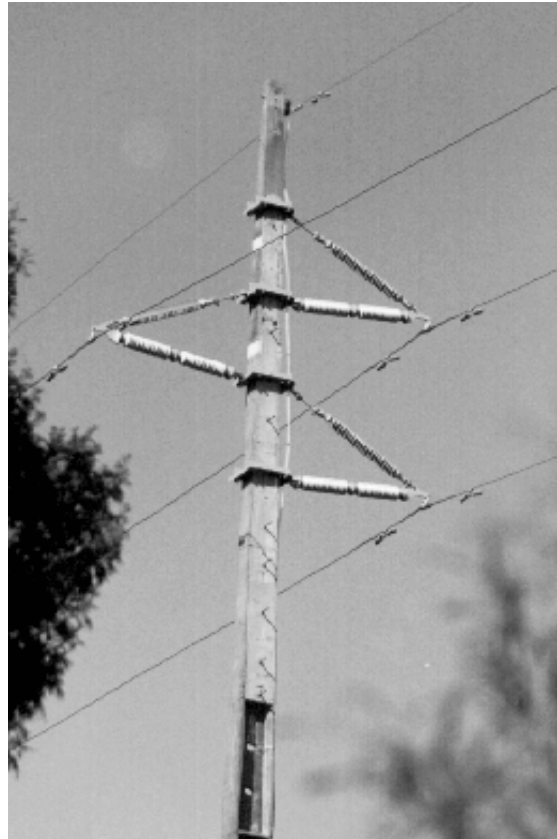


FIGURA 3

Foi desenvolvida uma configuração na qual a cruzeta de concreto foi substituída por 3 mísulas isoladas, resolvendo assim os dois principais problemas do reisolamento, ou seja, distâncias elétricas na estrutura e a altura do cabo ao solo. O ganho máximo de altura no condutor que se conseguiu com esta configuração foi de 1,7 m, o que permitiu resolver o problema de distância cabo-solo para o restante dos vãos.

A resistência dos postes de concreto de seção duplo T aos esforços de torção é mínima <sup>(2)</sup>, por esta razão a mísula é do tipo articulado, com o eixo de rotação vertical. Esta solução evita que a mísula transmita ao poste qualquer solicitação à torção.

Por outro lado, a livre articulação apresenta os seguintes inconvenientes de ordem construtiva e operacional:

- com a liberdade de movimento da mísula, tanto o lançamento como a regulagem dos condutores tornam-se de difícil execução;
- Nos trechos de linha onde há uma seqüência de várias estruturas de suspensão, a articulação livre cria uma situação de instabilidade pela qual, em caso de fortes ventos transversais, pode ocorrer uma rotação generalizada das mísulas. O efeito é acumulativo e pode causar uma perigosa aproximação dos condutores com os postes nos vãos mais afastados das ancoragens.

Tais inconvenientes foram anulados com a adoção de um sistema de travamento que permite a rotação da mísula somente quando o torque supera um determinado valor.

A limitação do torque foi obtida por meio de um parafuso de alumínio que atua como fusível mecânico, rompendo por cisalhamento.

O torque máximo é calibrado em função da resistência do poste ao esforço de torção.

O torque permitido é suficiente para eliminar os efeitos negativos decorrentes da livre articulação da mísula, garantindo ao mesmo tempo a integridade do poste.

### 3.1.3 Estrutura de ancoragem

Para este tipo de estrutura não foi necessário efetuar alterações substanciais, a não ser o aumento da quantidade de isoladores de disco nas cadeias, uma vez que as distâncias elétricas existentes, recalculadas aplicando critérios atualizados, resultaram ser compatíveis com o novo nível de isolamento.

## 3.2 Circuito duplo

Para as estruturas de circuito duplo (Figura 4), a troca das cruzetas existentes por cruzetas especiais não traria nenhum resultado.

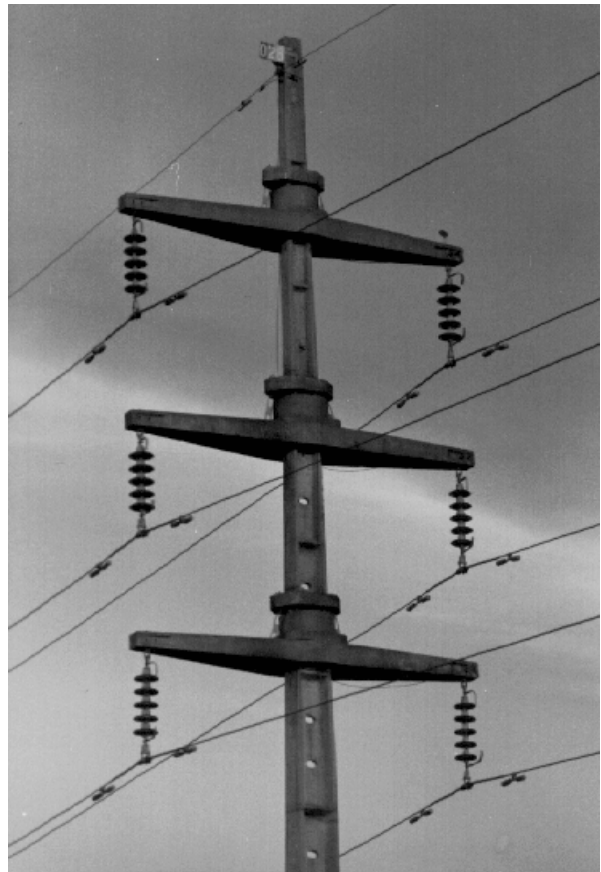


FIGURA 4

### 3.2.1 Estrutura de suspensão

A solução adotada foi a da substituição de todas as cruzetas de concreto por mísulas isoladas, do mesmo tipo utilizado para o circuito simples (Figura 5).

Desta forma foi possível obter, além do isolamento necessário, um ganho de altura para o condutor inferior de 1,60 m, suficiente para garantir em todos os vãos o aumento da distância cabo-solo exigida por Norma.

### 3.2.2 Estrutura de ancoragem

No que se refere às cadeias de ancoragem, o reisolamento deste tipo de estrutura não apresentou problemas, sendo suficiente o aumento do número de isoladores.

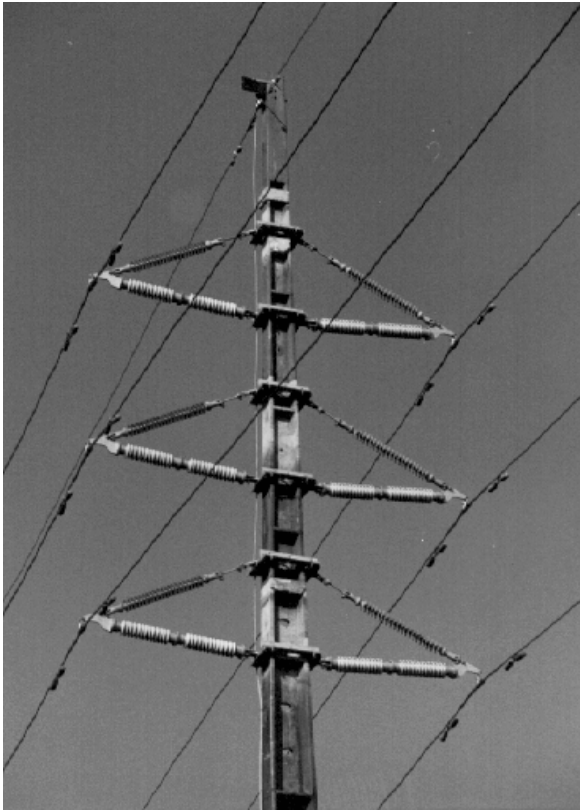


FIGURA 5

As dificuldades surgiram com o "jumper", para o qual o espaço existente entre as cruzetas é insuficiente, com ou sem cadeia auxiliar. Foi então utilizado um "jumper horizontal" (Figura 6), colocado externamente e suportado por um isolador polimérico, com base adaptada para fixá-lo na extremidade da cruzeta em posição horizontal.

#### 4.0 - OUTRAS INFORMAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE REISOLAMENTO

a) Todas as estruturas de suspensão, tanto no circuito simples como no circuito duplo, tiveram um ângulo de cobertura do cabo para-raios aumentado de 30° para aproximadamente 45°, mas conforme explicado anteriormente, com esta alteração o nível de desempenho elétrico das linhas permaneceu dentro dos limites estabelecidos <sup>(1)</sup>.

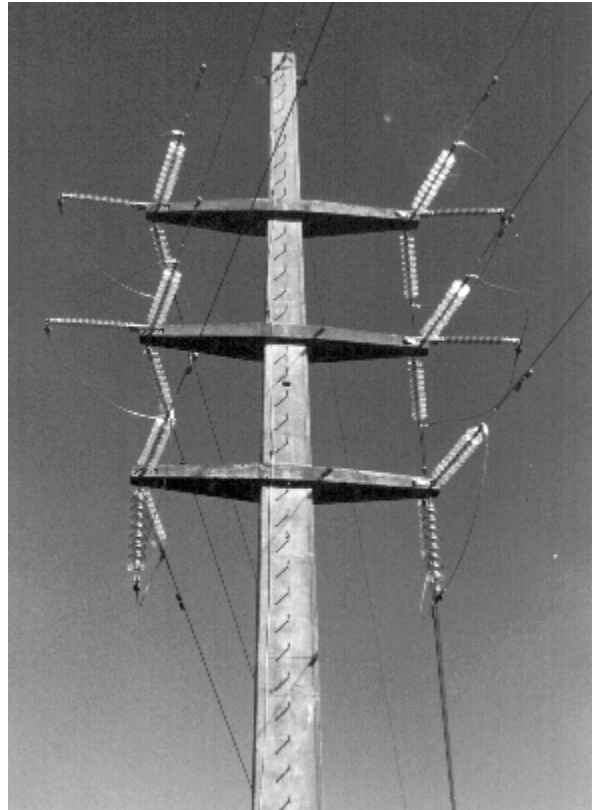


FIGURA 6

b) O reisolamento oferece vantagens econômicas, uma vez que seu custo está situado entre 25% e 30% do custo de uma linha nova (sem considerar o custo eventual desmonte da linha existente). Mesmo assim, trata-se de um investimento considerável, razão pela qual, junto com o reisolamento, a COPEL tem por Norma efetuar uma reforma da linha, sanando todos os defeitos que se apresentam, a fim de assegurar um longo período de utilização sem problemas operacionais ou de manutenção.

c) Na reforma é feita uma vistoria geral. Os principais itens de correção são:

- restabelecimento da verticalidade dos postes, reforçando as fundações quando necessário;
- nova regulagem dos cabos;

- substituição das ferragens que apresentam danos, desgastes ou sinais de corrosão;
- substituição dos amortecedores de vibração que perderam parcialmente ou totalmente sua eficiência;
- instalação de novos contrapesos de aterramento, quando os existentes estão com marcas de corrosão ou quando o valor da resistência de terra é superior ao limite estabelecido.

## 5.0 - CONSIDERAÇÕES ECONÔMICAS

Em 1980 a Superintendência de Obras de Transmissão - SOT, iniciou estudos para o reisolamento das linhas de transmissão - LT's - de 69 kV para 138 kV, inicialmente voltando a atenção para aquelas construídas em estruturas metálicas.

Esta tecnologia trouxe à COPEL uma economia de aproximadamente US\$ 30.000.000,00 neste últimos 15 anos, o que representa em média US\$ 2.000.000,00 por ano <sup>(3)</sup>.

A construção de uma linha nova em estrutura metálica entre as subestações de Areia e Socorro, inicialmente prevista para o atendimento do sistema do Médio Iguaçu, obrigaria a COPEL a investir aproximadamente R\$ 4.800.000,00 correspondentes a construção da linha nova (metálica) e a desmontagem da linha de concreto em 69 kV existente.

O investimento correspondente ao reisolamento da linha de transmissão de

concreto existente, cuja alternativa foi adotada, é da ordem de R\$ 1.350.000,00.

A economia, portanto, obtida com a alternativa do reisolamento desta LT, a qual se encontra concluída é da ordem de R\$ 3.450.000,00.

## 6.0 - CONCLUSÃO

A COPEL possui hoje mais de 700 km de linhas reisoladas de 69 kV para 138 kV, sendo que as primeiras estão em operação desde 1983. Os dados coletados até hoje sobre desligamentos indicam que o desempenho das linhas reisoladas é equivalente ao das outras linhas de 138 kV. Isto confirma que, apesar das diversas dificuldades encontradas, o reisolamento é uma medida economicamente conveniente e tecnicamente viável.

## 7.0 - REFERÊNCIAS

- (1) MOREIRA, Ilmar S., Análise do desempenho frente as descargas atmosféricas da LT 138 kV Areia - Socorro, documento SOT / DPLT / VEPZ - 003, DEZ 1993, Ctba - PR
- (2) \_\_\_\_\_, Ensaio de resistência a torção dos postes duplo T da LT 138 kV Areia - Socorro, documento SOT / DPLT / VEPZ - 008, MAR 1994, Ctba - PR
- (3) ROSSET, Danilo, Novas estruturas metálicas, Cadeias de isoladores e reisolamento - Redução de custos - 1º semestre / 1994, rev. 2.