



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

**GLT/ 08**

**17 à 22 de outubro de 1999  
Foz do Iguaçu – Paraná - Brasil**

**GRUPO III  
GRUPO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO (GLT)**

**REISOLAMENTOS E REFORMAS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO -  
A EXPERIÊNCIA DA COPEL.**

Ilmar S. Moreira \*

João L. S. Mello

Nelson Prosdócimo

Rogério L. Souza

**COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL**

**RESUMO**

As empresas concessionárias de energia elétrica necessitam urgente e rapidamente aumentar a capacidade de transmissão das suas redes de energia elétrica, com qualidade e custos mínimo, com o intuito de reduzir os crescentes riscos de racionamento.

O Reisolamento e as reformas de linhas de transmissão (LTs) na COPEL tem permitido incrementar de uma maneira rápida e significativa a capacidade de transmissão com conseqüente aumento na confiabilidade na operação a um custo situado entre 15 e 20% do custo de uma LT nova.

Este trabalho descreve a experiência da Companhia Paranaense de Energia - COPEL nas soluções adotadas para o reisolamento e reforma de 21 linhas de transmissão (LTs) ocorrido entre o período de 1982 a 1997.

**PALAVRAS-CHAVE**

Capacidade, Reforma, Reisolamento, Linhas de Transmissão, Projeto de Linhas.

**1.0 INTRODUÇÃO**

No início da década de oitenta, o nível de tensão de 69 kV prevalecia no sistema de transmissão paranaense, conforme é demonstrado no gráfico 1.

Estudos de viabilidade técnico-econômica, realizados pela área de planejamento da COPEL determinaram,

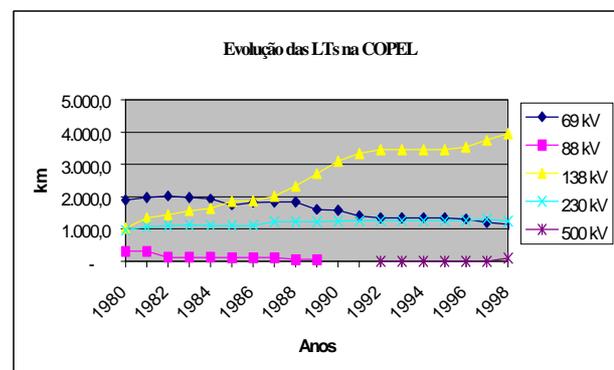
no início dos anos 80, a preferência pelo nível de tensão de 138 kV.

Logo surgiu a oportunidade de utilizar as linhas de transmissão (LTs) e subestações (SEs) de 69 kV existentes, através do reisolamento e reforma para 138 kV.

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

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

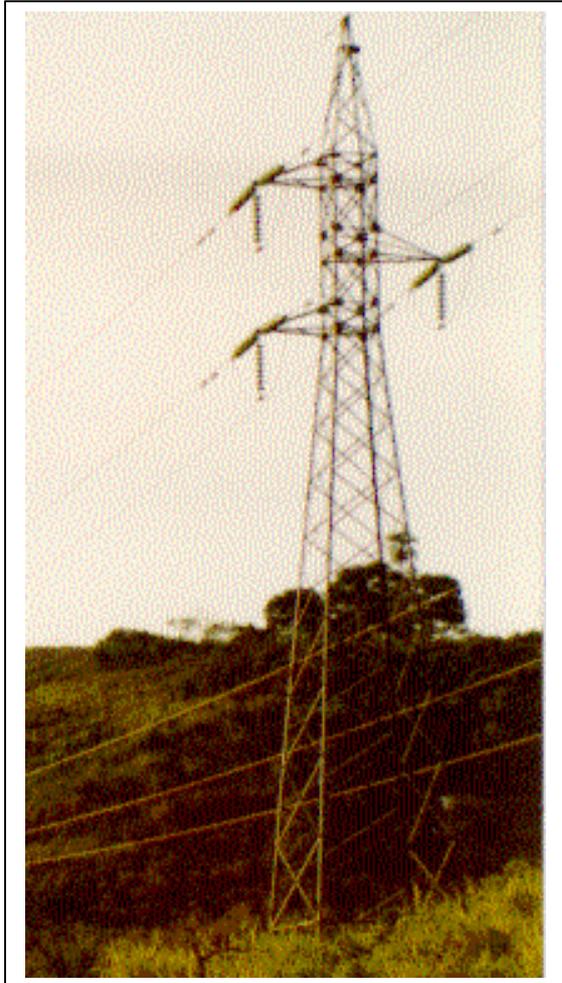
**GRÁFICO 1**



**2.0 REISOLAMENTO DE LTS COM ESTRUTURAS METÁLICAS**

As linhas de transmissão com estruturas metálicas do tipo tronco piramidal foram reisoladas no período compreendido entre os anos de 1982 a 1993 (ver Figura 1).

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.



*Estrutura Metálica de Circuito Simples em Ancoragem reisolada para 138 kV.*

FIGURA 1

## 2.1 Critérios de projeto

No desenvolvimento dos projetos para o reisolamento de 69 kV para 138 kV das linhas de transmissão da COPEL, os critérios básicos utilizados objetivaram, com o menor custo possível, o aumento da altura **cabo-solo** de forma a atender os valores recomendados pela NBR 5422 para a nova tensão de operação pretendida (138 kV), porém sem o comprometimento das

condições de segurança no que se refere a utilização das torres e com desempenho satisfatório no que se refere a desligamentos por sobretensões provenientes de descargas atmosféricas ou na frequência industrial. Para isto, os critérios de projeto utilizados foram:

### 2.1.1. Revisão do perfil topográfico

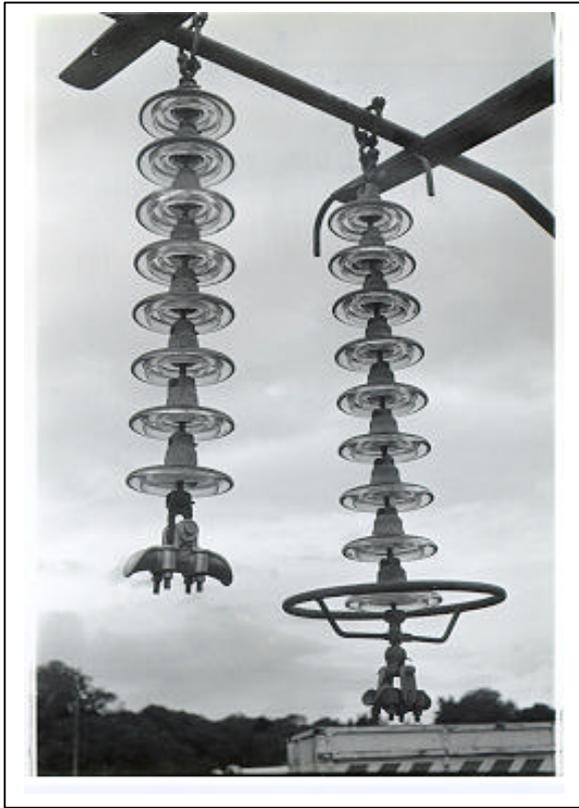
A revisão do perfil topográfico da linha de transmissão a ser reisolada permitiu que o projeto fosse elaborado a partir de dados confiáveis, uma vez que em geral se trataram de LTs muito antigas e desta forma o perfil original pode ter sofrido alterações significativas, ou apresentar erros devido a alterações para as quais não foram efetuadas as respectivas revisões nos projetos.

Tendo em vista que, após o reisolamento, as condições operacionais deveriam ser equivalentes àquelas de uma nova linha, a revisão do perfil permitiu também que fossem identificados e quantificados outros serviços e procedimentos contemplados no desenvolvimento do projeto, tais como:

- a) Condições gerais da faixa de segurança no que se refere à necessidade de manutenção;
- b) Condições gerais das estruturas no que se refere à corrosão, peças danificadas ou peças faltantes;
- c) Estado geral das fundações na região mais sujeita à corrosão (nível do solo), e provável solução a ser adotada (limpeza e pintura, reparo parcial, reforço ou substituição);
- d) Estado geral da sinalização existente (pintura e/ou esferas), e identificação de novos pontos a serem sinalizados;
- e) Estado geral dos aterramentos das estruturas no que se refere às conexões e integridade;
- f) Estado geral dos aterramentos de cerca e identificação de novos casos;
- g) Identificação de novos obstáculos como benfeitorias, travessias, etc...;
- h) Identificação dos pontos de ocorrência de vandalismo.

### 2.1.2 Alteração da configuração das cadeias de isoladores

Visando reduzir o comprimento da cadeia de isoladores foi realizada a alteração da configuração das cadeias de isoladores, conforme pode ser visto na Figura 2.



*Comparativo entre os comprimentos das cadeias de suspensão nova e antiga.*

FIGURA 2

Para possibilitar esta redução no comprimento várias configurações foram testadas, buscando uma solução que não comprometesse o desempenho no que se refere às sobretensões e arco de potência. Os resultados obtidos levaram a utilização dos seguintes arranjos:

a) Cadeias de Suspensão

Cadeias com 8 isoladores de vidro temperado sendo o último isolador do tipo anti-corona, sem dispositivos de proteção, com utilização de grampo de suspensão armado. A utilização do isolador anti-corona e grampo de suspensão armado devem-se aos bons resultados constatados nos ensaios de arco de potência no que se refere a integridade mecânica do conjunto;

b) Cadeias de Ancoragem

Cadeias com 10 isoladores de vidro temperado sendo o último isolador do tipo anti-corona, sem dispositivos de proteção. A utilização de 10 isoladores e do isolador anti-corona deveu-se ao bom resultado constatado nos ensaios de arco de potência no que se refere a

integridade mecânica do conjunto, uma vez que foi transferido assim para as cadeias de auxiliares (jumpers) a função de elemento de sacrifício;

### 2.1.3 Cadeias Auxiliares

Utilização obrigatória de Cadeias Auxiliares (“jumpers”), de forma a garantir que esta seja o elemento de sacrifício nas estruturas de ancoragem na ocorrência de arco de potência, objetivando-se a integridade mecânica da linha;

### 2.1.4 Retensionamento dos Condutores

Os condutores são retensionados, até o limite de 23 % da sua carga de ruptura na condição EDS, para que se obtenha as distâncias mínimas de segurança. Este retensionamento foi aplicado individualmente para cada um dos cabos condutores de cada tramo, de forma a utilizar os menores valores possíveis que atendam as distâncias mínimas fase-solo e fase-fase, mantendo as solicitações dentro dos limites de ruptura das estruturas para a hipótese de rompimento do cabo condutor com maior tração;

### 2.1.5 Retensionamento do Cabo Pára-raios

O cabo para-raios é retensionado de forma a se obter a igualdade de flecha na condição EDS em relação a cabo condutor superior, mantendo as solicitações dentro dos limites de carregamento das estruturas para a hipótese de rompimento mais desfavorável do cabo para-raios;

### 2.1.6 Ancoragem do Cabo Condutor Inferior nas Estruturas de Suspensão

O cabo condutor inferior foi ancorado, para que se obtenha as distâncias mínimas de segurança nos casos onde os procedimentos anteriores não permitiram obter os resultados desejados, de forma a não ultrapassar os limites máximos de carregamento das estruturas, para a pior hipótese de rompimento do deste cabo condutor;

### 2.1.7 Substituição e/ou Implantação de Novas Estruturas

Nos pontos onde os procedimentos anteriores não permitiram obter as distâncias mínimas de segurança desejadas utilizou-se a implantação de uma nova estrutura ou a substituição da estrutura existente.

### 2.1.8 Readequação dos Amortecedores

Inclui o reposicionamento dos amortecedores com base nas distâncias calculadas para os novos valores de tração, substituição de amortecedores defeituosos e utilização de um amortecedor adicional nos vãos onde foram utilizados trações na condição EDS superiores a 20 % da tração de ruptura do cabo.

### 3.0 REISOLAMENTO DE LTS COM ESTRUTURA DE CONCRETO

A COPEL possui hoje, 78,3 km de linhas de transmissão com estruturas em concreto armado, projetadas para operar em 69 kV e reisoladas para 138 kV.

Os critérios de projeto e as soluções adotadas para o reisolamento destas linhas em estruturas de concreto foram apresentadas e discutidas no XIV SNPTEE em Belém-PA.<sup>(1)</sup>

Para aumentar as distâncias mínimas entre os condutores e as partes aterradas das estruturas, bem como o aumento da distância mínima entre o condutor e o solo, as soluções adotadas para as estruturas de circuito simples foram:

#### 3.1 Substituição da cruzeta

Uma nova cruzeta foi desenvolvida visando limitar a perda de altura no ponto de fixação do condutor inferior. O objetivo foi alcançado e a perda de altura ficou quase nula, porém o ângulo de cobertura do cabo pára-raios aumentou de 30° para 45° como pode ser visto na Figura 3.

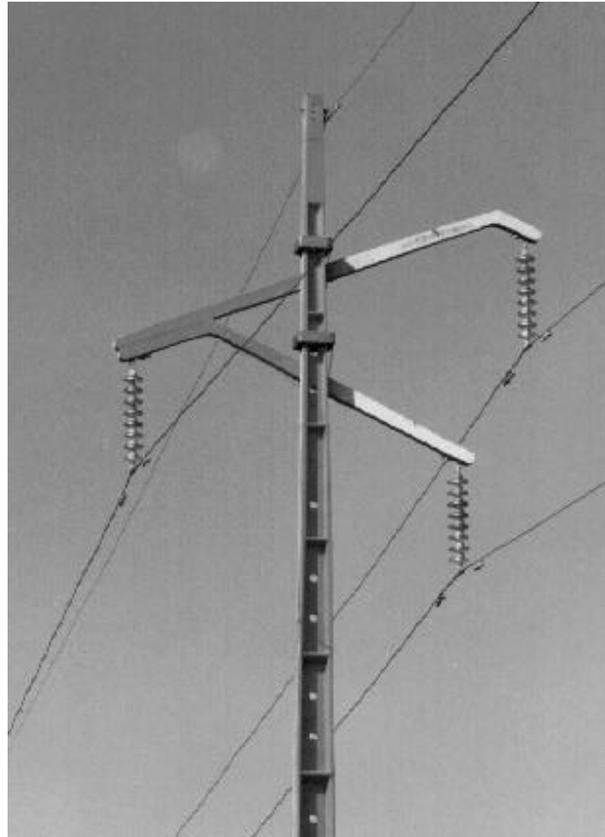
A estrutura reisolada com a nova cruzeta foi aplicada nos vãos onde existia uma folga na altura cabo solo que permitisse compensar o aumento desta altura exigido pela Norma, decorrente do aumento do nível de tensão.

#### 3.1.2 Mísula Isolada

Para os vãos onde não havia folga, a solução encontrada para o reisolamento das estruturas em concreto armado foi o desenvolvimento de uma configuração na qual a cruzeta de concreto foi substituída por 3 mísulas isoladas (ver Figura 4), solucionando os problemas de distâncias elétricas na estrutura bem como a altura mínima do cabo ao solo.

### 4.0 OUTRAS INFORMAÇÕES SOBRE O PROCESSO DE REISOLAMENTO

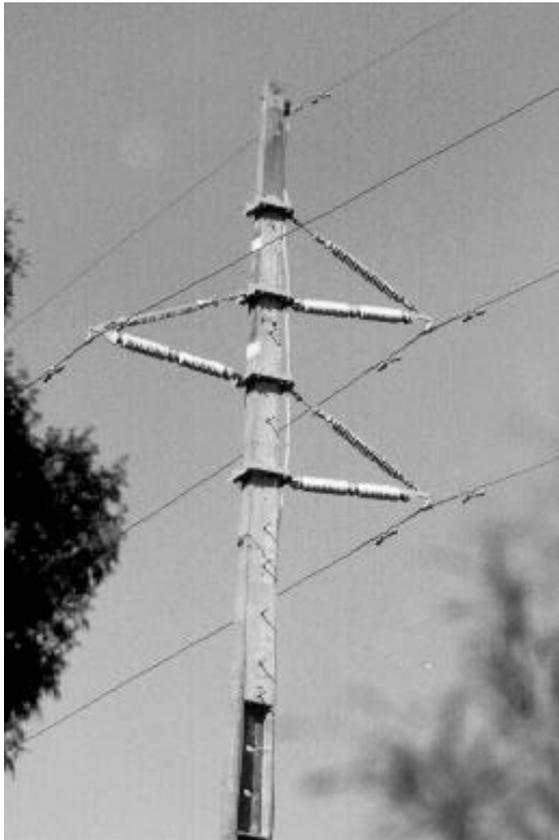
- a) Para todas as LTS reisoladas foi feita uma análise do desempenho da LT frente as descargas atmosféricas. O desempenho elétrico das linhas permaneceu dentro dos limites estabelecidos. Tais resultados foram confirmados em levantamentos efetuados com as LTS em operação<sup>(2)</sup>.



*Estrutura em Concreto Armado de Circuito Simples em Suspensão reisolada com Cruzetas projetadas para 138 kV*

FIGURA 3

- b) O reisolamento oferece vantagens econômicas, uma vez que seu custo está situado entre 15% e 20% do custo de uma linha nova com estruturas metálicas (sem considerar os custos de eventual desmontem da linha existente). Trata-se de uma redução considerável de custos, 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) Nas reformas foram feitas vistorias gerais, onde os principais itens de correção foram:



*Estrutura em Suspensão de Circuito Simples Reisolada para 138 kV com Mísulas Isoladas*  
**FIGURA 4**

- restabelecimento da pintura anti-corrosiva para os pés das estrutura, bem como o reforço das fundações quando necessário;
- restabelecimento da verticalidade dos postes, reforçando as fundações quando, bem como o reforço das fundações quando necessário;
- nova regulagem dos cabos;
- substituição das ferragens que apresentavam 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

Foram levantados dados referente a valores atualizados para a mão-de-obra e materiais relativos a dez projetos de reisolamentos executados entre 1982 e 1997.

Foi determinado o custo médio por km de linha reisolada. O custo médio para mão-de-obra e materiais foram respectivamente US\$ 3.460,00 e 3.800,00 perfazendo um total por km de US\$ 8.840,00, não foram incluídos nestes custos, valores referente a pagamentos de danos e eventuais desapropriações.

A LT 138kV padrão metálica circuito simples com cabo condutor IBIS e pára-raios EHS de 8 mm, apresentava custo médio por km de R\$ 71.020,00 ou US\$ 59.183,00 (referência dez/98).

Caso não fosse possível reisolares os 1152 km de LTs do sistema de transmissão elétrico da COPEL, a Companhia teria que desembolsar um montante de R\$ 81.815.040,00 (US\$ 68.179.200,00) referente à construção de novas linhas.

Com base nesta consideração, verificou-se que esta tecnologia permitiu à COPEL uma economia de aproximadamente US\$ 57.995.520,00 entre os anos de 1982 à 1997, o que representou em média US\$ 3.866.368,00 por ano <sup>(3)</sup>

## 6.0 CONCLUSÃO

Atualmente, o sistema de transmissão da COPEL possui 6445,8 km de linhas de transmissão nas tensões de 69, 138, 230 e 525 kV. Do total deste sistema 61,2 % opera no nível de 138 kV ou seja 3950 km.

No período de 1982 a 1997 foram reisolados 1152 km de LT, ou seja 17,8% da totalidade do seu sistema de transmissão. Destes 1152 km de linhas reisoladas, 835,3 km de 69 kV para 138 kV e 316,7 km de 88 kV para 138 kV.

As primeiras LTs reisoladas estão em operação desde 1983 e os dados coletados até hoje <sup>(2)</sup> 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) SONCIN, Antonio, MOREIRA, Ilmar S., Reisolamento de 69 kV para 138 kV em LTs com Estrutura de Concreto Armado, XIV SNPTEE Out 1997, Belém - PA
- (2) BICHELS, A., RONNIE, J., Atualização dos dados estatísticos de falhas das linhas de transmissão e dos transformadores da COPEL 1981/1997. Relatório Técnico CPL/CNET 36/98, DEZ 1998, Ctba - PR
- (3) ROSSET, D., Novas estruturas metálicas, Cadeias de isoladores e reisolamento - Redução de custos - 1º semestre / 1994, rev. 2.