



06 a 10 de Outubro de 2008  
Olinda - PE

<b>Engº Phillip Luiz de Mendonça</b>	<b>Engº Irany Pascoal de Macedo</b>	<b>Engª George Malheiros da Fonseca</b>
<b>CELPE</b>	<b>CELPE</b>	<b>CELPE</b>
phillip@celpe.com.br	irany@celpe.com.br	george.fonseca@celpe.com.br

## EMENDA TIPO BY-PASS PARA REFORÇO EM CONEXÕES EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

### PALAVRAS CHAVE:

Conexão, Emenda, Linhas de Transmissão.

### DADOS DA EMPRESA:

Nome: CELPE  
Endereço: Rua Isaac Marckman, 421 Bongji Recife –PE  
CEP: 50751370  
Telefone/fax: (81) 3217-5610 / 3217-5655  
E-mail: phillip@celpe.com.br

## RESUMO

Devido a potencialidade de falha que as conexões oferecem dentro de um Sistema Elétrico de Potencia, sobretudo nas linhas de transmissão, este trabalho vem abordar uma solução ágil, compacta e eficaz que resulte no aumento da disponibilidade alinhada a redução de custos, sendo esta, obtida através do desenvolvimento de uma emenda tipo by-pass com características elétricas e mecânicas aprimoradas e procedimentos específicos.

## 1. INTRODUÇÃO

O fornecimento de energia elétrica está fortemente associado à disponibilidade do sistema, o qual deve manter um nível de confiabilidade de seus condutores e, sobretudo de suas emendas. A má aplicação de emendas e o aumento de resistência elétrica destas, devido a fatores como ações de vento e efeitos dinâmicos de correntes de curto podem causar a elevação de temperatura no ponto de conexão com conseqüente fusão, gerando assim o rompimento do condutor e o desligamento de vários e/ou grandes clientes, causando prejuízos à empresa.

O setor de manutenção se defronta há algum tempo com um problema de suma importância, que é o aumento da resistência elétrica nas conexões, as quais geram falhas de proporções relevantes, podendo até ocasionar incêndios com vítimas fatais. Embora o uso de técnicas preditivas, como a termovisão tenha se intensificado, tal problema ainda necessita de ações proativas, pois a carência de meios para minimizar as falhas se sobressai ao monitoramento delas.

Diante disto, a solução imediata seria a não utilização de emendas no sistema elétrico, o que acarretaria sérios problemas para o setor de construção e até mesmo o de manutenção quando do rompimento do cabo condutor numa situação de emergência.

Admitindo esta impossibilidade, o setor de Engenharia de Manutenção da CELPE, criou em parceria com a PLP - Produtos para Linhas Preformados LTDA, um tipo de emenda que visa garantir um reforço aos pontos potenciais de falha, que são as conexões elétricas. Tal emenda vem solucionar de forma simples o problema de manter a condutividade elétrica e a resistência mecânica nos pontos de conexão quando de uma falha.

No trabalho proposto, são abordados os procedimentos de instalação da emenda bem como a praticidade quanto à aquisição e manuseio das peças que a compõe.

É importante destacar que a CELPE dispõe de emendas com as finalidades propostas, todavia a composição destas e a praticidade na hora da montagem estão a quem do que se deseja na comunidade de manutenção, em termos de agilidade, manuseio e estocagem.

## 2. HISTÓRICO DA PROBLEMÁTICA

Diante da indagação quanto ao desempenho de algumas emendas, a CELPE, em 2000, iniciou seu processo de monitoramento e análise dos pontos de conexões em suas Linhas de Transmissão. Tal ação vinha desencadear uma série de avaliações, as quais objetivavam a detecção da causa raiz do funcionamento indevido.

Embora o embate entre fornecedor e a CELPE se desse de maneira construtiva, uma vez que nesse processo foram descobertas várias possibilidades de melhoria de ambas as partes, a problemática em questão exigia de forma imperativa uma solução em tempo hábil, pois a confiabilidade das linhas de transmissão se comprometia. A solução então encontrada pela CELPE foi à realização de by-pass nos pontos de conexão, através da instalação de um conjunto formado por cabo, sapatilhas, alças e conectores.

A solução interna vinha estruturar o projeto hoje concebido, apesar de ainda não atender aos conceitos de logística, aplicabilidade e algumas características técnicas almejados pelo setor de engenharia de manutenção. Além disto veio a intensificar os estudos ora do fornecedor ora da CELPE, de forma a estabelecer em meados de 2003 uma solução definitiva com aval de ambas as partes.

Nesta avaliação ficou constatado que o desempenho das emendas era influenciado pela forma de aplicação por parte das equipes de manutenção, já que a CELPE não tem como controlar a rotatividade destes bem como pelo tempo de vida útil em campo face a fatores, como o vento, ciclo de temperatura e esforços eletromecânicos.

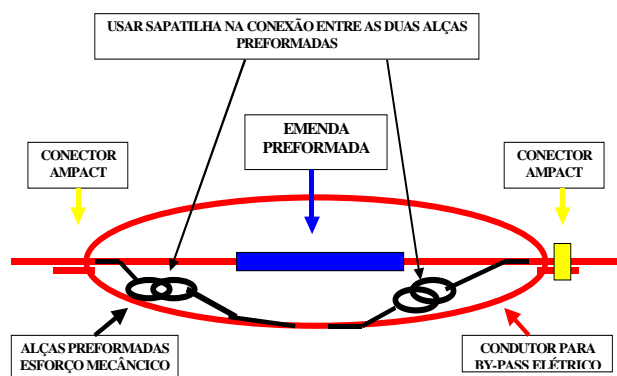


Figura 1 - Emenda by-pass inicial

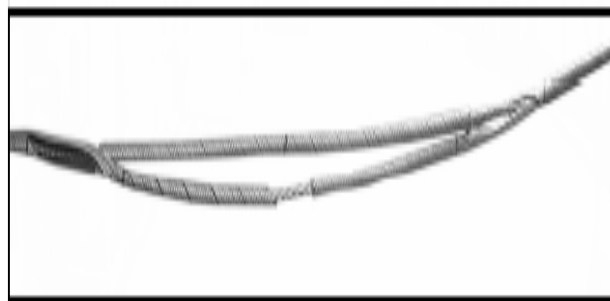


Figura 2 - Emenda by-pass evoluída

### **3. SITUAÇÃO DA CELPE FACE À PROBLEMÁTICA**

Para melhor entendimento do trabalho proposto se faz necessário uma breve descrição da situação cadastral e de algumas ações adotadas pela CELPE.

#### **Cadastro:**

Km de LT: 3896

Quantidade de emendas:

395,5 CAA 91 ud.

266,8,5 CAA 41 ud.

4/0 CAA 3635 ud.

1/0+2/0 CAA 569 ud.

336,4 CAA 835 ud.

477 CAA 52 ud.

#### **Ações:**

A CELPE além de treinar continuamente seus empreiteiros, estabeleceu como padrão a aquisição de bobinas cujo comprimento fosse superior aos tramos médios de suas linhas de transmissão. Esta ainda dispõe ao longo dos seus oito regionais instaladas cerca de 500 unidades de emendas by-pass para cabo 4/0 CAA e adquiriu mais de 1000 unidades, entre elas para cabo 336,4 CA e CAA, 1/0 e 2/0 CAA e 4/0CAA.

### **4. DESENVOLVIMENTO DA TÉCNICA**

#### **4.1 A TÉCNICA**

O desenvolvimento da emenda by-pass fundamenta-se num processo o qual vem sendo amplamente utilizado em diversas aplicações, pela indústria eletromecânica, o de metalização de contatos elétricos.

O processo consiste basicamente na deposição sob pressão de metal fundido ( alumínio ), sobre a superfície a revestir. Após a fusão, o material é injetado sobre a superfície interna do contato das emendas, em forma de um jato de partículas metálicas. Estas partículas ao alcançarem a superfície do metal base sofrem fortes colisões e aderem à mesma devido a alta velocidade de impacto.

Devido ao alumínio depositado possuir elevado grau de pureza, a superfície de contato da emenda preformada com o condutor, apresenta excelente condutividade elétrica e alta resistência a corrosão e oxidação, características indispensáveis para um bom contato elétrico.

#### **4.2 O PROCESSO DE METALIZAÇÃO**

A metalização de emendas preformadas consiste basicamente em depositar sob pressão, o alumínio de alto teor de pureza, fundido por processo de oxiacetileno, na superfície interna das varetas componentes da emenda preformada. O alumínio é aplicado em forma de um jato de partículas, que sofrem fortes colisões e aderem à emenda devido à alta velocidade de impacto. Porém, antes de receber a metalização, a superfície interna das emendas recebe um tratamento de limpeza e desoxidação através de jateamento de areias. Por se tratar de um processo de metalização a frio no qual a temperatura superficial da emenda nunca excede a 150 graus, as características mecânicas dos arames não são afetadas.

#### **4.3 CONTROLE DO PROCESSO**

As atuais especificações de controle de processo foram baseadas nas seguintes investigações:

- **EFEITOS DE JATEAMENTO NA DUCTILIDADE DO ARAME:**

O jateamento de superfície a ser metalizada é pré-requisito para uma boa aderência do revestimento. Contudo, para certificar que não seja criado acúmulo de tensão nas varetas, controles de limites foram estabelecidos após o jateamento.

- **EFEITO COMBINADO DE JATEAMENTO E METALIZAÇÃO:**

Os ensaios comprovam que, devido à baixa temperatura que envolve o processo, as propriedades de tensão e fadiga são essencialmente as mesmas da matéria-prima do arame.

- **ESPESSURA DE REVESTIMENTO:**

A espessura de revestimento é obtida através do controle dos seguintes parâmetros de processo: fluxo de oxigênio, acetileno e ar, velocidade das varetas e pressão do jateamento.

Inspeção visual e micro gráficos da seção transversal das varetas são utilizados no controle da espessura e uniformidade do revestimento.

#### **4.4 ENSAIOS DE AVALIAÇÃO**

O objetivo destes ensaios é avaliar os efeitos da temperatura e oxidação na elevação de resistência de contato da emenda e comprovar sua capacidade de agarramento.

- Exposição a UV

A finalidade deste teste é determinar os efeitos da UV e condensação sobre a resistência de contato da emenda, e avaliar a capacidade do revestimento metalizado em atender o processo de oxidação que pode ocorrer em condições de armazenagem externa do produto, uma vez que os óxidos de alumínio, em estágio avançado, agem como um isolante aumentando a resistência de contato.

O método utilizado pelo fabricante, simula o envelhecimento acelerado a exposição externa( ao tempo ), e combina 08 horas de exposição a luz UV a50°C e 08 horas de condensação, para cada ciclo.

Os resultados obtidos estão relatados abaixo:

Variação das leituras do início ao final do ensaio(após 2520hs):

Controle – 1200 a 1210

Teste – 1160 a 1210

Com os resultados acima se conclui que a oxigenação que pode ocorrer durante longo período de armazenagem externa, não afeta a resistência de contato das emendas.

- Exposição a nevoa salina

A finalidade deste teste é determinar se os efeitos de corrosão afetam a resistência de contato da emenda. Este ensaio foi feito após a realização do anterior com o mesmo material.

A amostra foi colocada na câmara de teste suspensa por um fio de nylon e apoiada sobre uma barra de fiderglass, visando simular uma condição mais severa. Esta foi retirada para inspeção visual quanto a corrosão superficial a cada intervalo de 2 semanas durante um período total de exposição de 2500 hs.

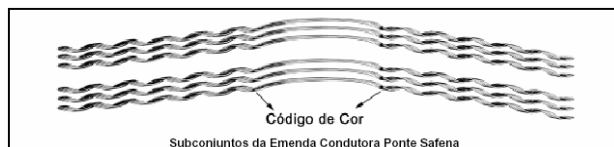
Conclui-se que ligas de alumínio de alto teor de pureza, do tipo que é depositada na emenda, possuem resistência a corrosão superior a ligas com maior porcentagem de elementos, devido a baixa formação de constituintes catódicos que promovem ataque eletroquímico no alumínio base. Foi verificado que além da resistência de contato se manter constante não houve corrosão visual na superfície da emenda.

- Ciclo térmico

A finalidade deste teste é verificar o comportamento da emenda e sua variação de temperatura quando submetidos a ensaios prescritos na classe A NEMA TDJ 162.

Conclui-se que a emenda apresentou resistência estável ao longo dos testes além de demonstrar uma variação de temperatura bastante satisfatória, cerca de 3°C.

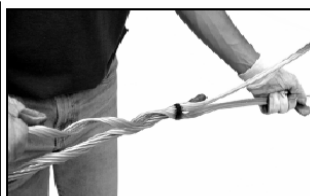
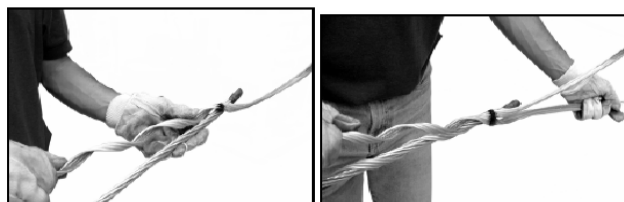
## 5. PROCEDIMENTO DE APLICAÇÃO



A) É obrigatório que se proceda a limpeza dos condutores (principal e paralelo) com escova de aço e se aplique pasta inibidora anti-óxido.

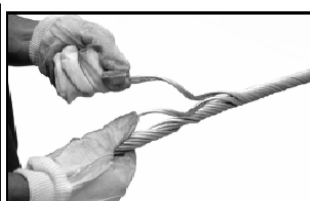
B) Cortar o condutor paralelo no comprimento adequado.

C) Aplicar os subconjuntos da Emenda nas extremidades do Condutor Paralelo, no solo.



1. Inicie a aplicação do primeiro subconjunto da Emenda posicionando o código de cor na parte superior do cabo paralelo.

2. Aplique somente metade do primeiro subconjunto da Emenda e repita o mesmo procedimento para os demais subconjuntos.



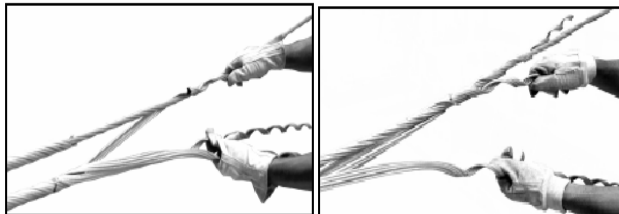
3. Termine a aplicação dos subconjuntos da Emenda Simultaneamente.

4. Para facilitar o término da aplicação, separe as pontas das varetas dos subconjuntos e finalize a aplicação, sem uso de ferramentas. Repita os mesmos procedimentos para aplicar os subconjuntos da Emenda na outra extremidade do Cabo Paralelo.



5

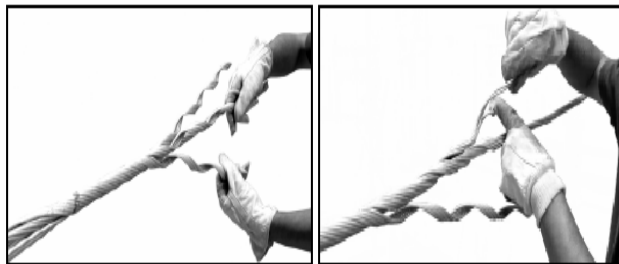
5. Emenda Preformada Condutora aplicada no Condutor Paralelo.



6

7

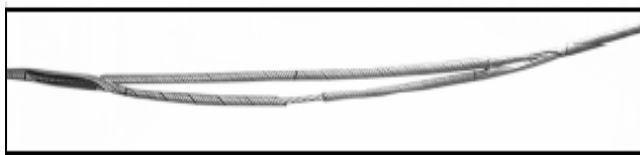
7. Aplique somente metade do primeiro subconjunto da Emenda e repita o mesmo procedimento para os demais subconjuntos.
6. Inicie a aplicação do primeiro subconjunto da Emenda posicionando o código de cor no cabo principal.



8

9

8. Finalize a aplicação dos subconjuntos da Emenda Simultaneamente.
9. Para facilitar o término da aplicação, separe as pontas das varetas dos subconjuntos e finalize a aplicação, sem uso de ferramentas. Repita os mesmos procedimentos para aplicar os subconjuntos da Emenda na outra extremidade do Cabo Principal.



10

10. Emenda by-pass Preformada Condutora totalmente aplicada nos Condutores Principal e Paralelo.

## 6. APLICAÇÃO EM CAMPO





## 7. RESULTADOS

O desenvolvimento do produto proposto neste trabalho trouxe a CELPE resultados de grande importância a macrocadeia de manutenção, quais sejam:

- Simplicidade na logística de estocagem, transporte e manuseio do material;
- O material apresenta excelente condutividade elétrica a partir do processo de metalização;
- O material apresenta excelente resistência mecânica;
- O material apresenta excelente resistência à corrosão e oxidação;
- Agilidade e praticidade quando da aplicação;
- O material apresenta variação de temperatura bem inferior aos prescritos pela norma NEMA, deixando claro a possibilidade remota de ponto quente.

## 8. CONCLUSÕES

A decisão da CELPE em desenvolver uma emenda by-pass para reforço em linhas de transmissão faz parte de um conjunto de ações adotada pelo setor de Engenharia de Manutenção que busca o ganho de produtividade alinhado as estratégias da empresa através da redução dos custos, aumento da confiabilidade do sistema melhorando a qualidade de fornecimento e otimizando o homem-hora disponível.

Diante disto a CELPE insere em suas práticas o desenvolvimento de técnicas e ferramentas que venham a intervir em suas ações no sentido de buscar eficácia e eficiência em processos.

A aquisição de emendas by-pass para reforço em linhas de transmissão e sua conseqüente instalação é prática adotada pela CELPE, pois esta atende aos requisitos estabelecidos pela empresa de forma sistêmica, fazendo assim parte de um planejamento estratégico e proativo de seu Sistema Elétrico de Potência.