



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

**GLT/ 02**

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

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

**ADEQUAÇÃO DE MATERIAIS ÀS LPNE - PADRONIZAÇÃO VERSUS DESENVOLVIMENTO**

Antônio Pessoa Neto  
CHESF  
Fernando Chaves Dart  
CEPEL

Sebastião José Gusmão Cavalcanti\*  
Consultor

Oswaldo Régis Júnior  
CHESF  
Michael Albert Morrel  
SADE / VIGESA

**RESUMO**

O Informe apresenta os materiais mais adequados a esta nova Tecnologia já implantada na CHESF, e ora em implantação em FURNAS, em 230kV e 500kV, bem como de possível aplicação em outras tensões. Detalha a razão da escolha de alguns, de uso normal nas Empresas, mais próprios a cada aplicação. Mostra a necessidade de desenvolver novos materiais para os **FEX** atuais e a conveniência de outros futuros. Enfoca relações custo / benefício comparando com **LT** convencionais e aborda os percalços comerciais dos empreendimentos em "turnkey", que exigem participação integrada de todos os setores da Empresa.

**PALAVRAS-CHAVE**

- Linha de Potência Natural Elevada (**LPNE**);
- Feixe Expandido (**FEX**);
- Materiais; - Desenvolvimento; - Padronização.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

**1.1 - Considerações iniciais**

O próprio conceito do Feixe Expandido resulta de um desenvolvimento da LPNE, em que se usam materiais padronizados de LT, exceto as ferragens que conformam os feixes dos condutores, ampliados às dimensões convenientes para equalizar gradientes e ajustar os parâmetros elétricos necessários ao sistema. Não se pretende aqui abordar aspectos científicos desta tecnologia, que já vem sendo divulgada neste fórum e em outros do meio desde o XII SNPTEE [1], ou das áreas de planejamento de sistema e operação das

instalações que a utilizam, que estão até sendo apresentados em outros IT deste mesmo evento.

Entretanto, os motivos destes desenvolvimentos são historiados e as decorrências que afetam aquelas áreas são abordadas, sucintamente, para inserção no tema.

**1.2 - Histórico resumido**

A primeira aplicação de materiais no Brasil ocorreu em 1993, na LPNE Experimental da CHESF, em que improvisaram-se com cantoneiras os reforços das janelas de torres de 500kV para fixar as barras de cadeias "U", envolvidas em tubos de alumínio e usando ferragens anti-corona de estoque, já que o objetivo era observar o comportamento elétrico/mecânico dos feixes triplos horizontais, sem otimização de custos. Os resultados excelentes de medições em campo e laboratório do CEPEL [2] permitiram conceber as primeiras ferragens para recapitação de LT 230kV, as circuito duplo Transformáveis em 500kV com feixe duplo vertical [3]. Barras chatas unidas por talas e parafusos anti-corona mostraram-se eficientes nos testes de campo em P. Afonso e foram aplicadas na construção já então em andamento nos 180km finais da LT. A eficiência do método (menos de 1% do custo para mais de 25% de ganho na potência natural) avalizaram a aplicação nos primeiros trechos da LT já em operação. Porém a urgência desta recapitação, à época de conjuntura empresarial impeditiva do fabricante que fornecera protótipos e cadeias instaladas nas LT, levaram a CHESF a improvisar, como alternativa, alça de cabo de aço 3/8" com sapatilhas e emenda pré-formada para separar os grampos existentes.

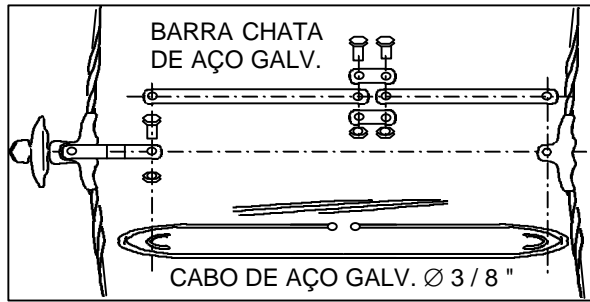


FIGURA 1: EVOLUÇÃO EXTENSÃO FEX 230kV

Ambas extensões, com área de 5cmx1cm, mostraram desempenho elétrico satisfatório, tanto no laboratório quanto na LT real, mesmo com as arestas e pontas. Quanto aos efeitos dinâmicos, não preocupam para as tensões estáticas de 10% a 15% UTS, amortecidos a menos de 150µm/m, mas mostraram uma instigante sintonia de oposição do cabo de baixo com o de cima. Os custos totais foram equivalentes, compensando-se a mão de obra mais cara na recapacitação (devida à linha viva) com ferragens mais baratas.

Quando as extensões em barras sofreram atrasos na entrega, devido a problemas na licitação de cadeias seguido de crise empresarial do fabricante contratado, a equipe de obra da CHESF fabricou nas suas e em oficinas de Fortaleza as extensões de cantoneiras de sucata, necessárias à complementação dos estoques de ferragens para a energização da LT Transformável. Parte destas, após a substituição das ferragens pelas definitivas, foi relocada para a recapacitação do trecho inicial, onde o risco de corrosão é suposto menor.

A experiência adquirida incentivou o autor a produzir os primeiros protótipos de espaçador-alargador de feixe quádruplo de 500kV, em cantoneiras ou tubos Al de barramento, com até 2m de lado, e dotados de grampos AGS com bico de papagaio. Instalados (junto com protótipo do fabricante deste grampo) em vão compacto isolado de 320m, onde o campo elétrico aumenta os gradientes até 25%, permitindo às medições do CEPEL validarem os cálculos com que se chegou a observar corona na ponta das armaduras. É também interessante notar que aí se testaram os "stockbridge" voltados para o centro do feixe, que não produzem corona e operam assim desde fevereiro/97.

A razão do FEX-500kV foi a recapacitação do tronco sul, que ainda aguarda a conclusão de nova LT. Prevendo que não haveria empenho em aplicá-lo até que fosse inviável o desligamento para a obra, os protótipos fornecidos pelo fabricante co-autor (FEX "I" 120kN), junto com pré protótipos desenvolvidos pelo autor para testes elétricos no CEPEL [4], estes para 40kN (em torres com de 17kN), foram levados para 4 vãos de LT. Montados pela Empreiteira mais experiente em "Linha Quente" com platéia numerosa (usou técnica mais eficiente que a prevista [5]), estão operando desde junho/97, suportando 2 vezes El Niño!

Concebido para expandir apenas as fases externas de feixes em 4 Grosbeak, reduzindo na reforma o tempo de intervenção, o material foi testado comercialmente no fornecimento para 25% da próxima obra em "Turnkey", ora monitorando o sistema de amortecimento pelo fabricante de maior experiência na CHESF.

O custo do desenvolvimento foi menor que o saldo em favor do feixe expandido (amortecedores e FEX em lugar de espaçadores-amortecedores com 457mm). Porém ensaios e monitoramentos dos novos tipos de "stockbridges" encareceram o contrato.

### 1.3 - Universalização do FEX 500kV

A possibilidade de utilizar esta tecnologia na nova LT 500kV com 720km, com FEX de 4 Rail nas 3 fases da torre padrão, com aumento de até 30% na potência natural, atendendo o Planejamento da CHESF, resultou no ajuste do SIL em 1200MW [6].

A concepção dos quadruplicadores em cantoneiras foi aperfeiçoada, suportando 35% mais carga com 40% menos peso e 20% menos parafusos (com a arruela de pressão e porca auto-travante). Mesmo assim, a concepção italiana, em fabricação no Brasil para um terço da LT, preferiu chapas oxicrotadas unidas com um terço dos parafusos, porém com o dobro do peso, e a concepção alemã que previa chapas múltiplas soldadas exigiria alto controle de qualidade mas foi comercialmente inviabilizada pelo reajuste cambial.

Além disso, foi desenvolvido o quadruplicador das fases centrais, em "V" ou em "I" usando a maior dimensão para embutir o isolador no feixe e aplicável a 2/3 das torres (relação peso / vento > 0,7 em torres estaiadas altas). As concepções em cantoneiras com chapas e chapas inteiriças também foram mantidas pelos fabricantes subcontratados em "turnkey".

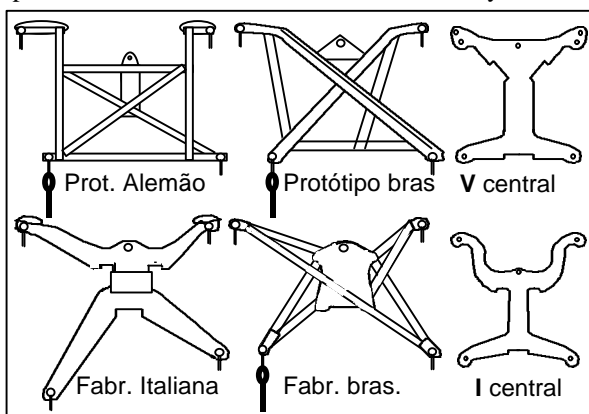
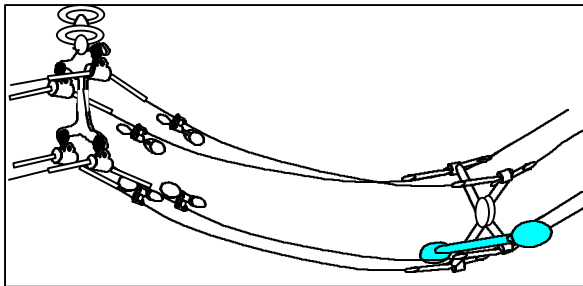


FIGURA 2: EVOLUÇÃO QUADRUPPLICADOR FEX

As propostas de construção com sub-fornecimentos superaram os preços básicos, por conveniências comerciais, já que houve extensa negociação entre empreiteiros e fabricantes, após acirrada competição. No estágio atual, com a construção em andamento, estão em avaliação os sistemas de amortecimento que

prevêem sub-vãos máximos de 250m (fase interna) e 300m (demais fases), na concepção italiana de espaçadores em tubos de aço comprimidos em garra aparafusada com borracha à compressão; ou 600m na concepção franco-brasileira que adota espaçadores de alumínio com garras presas por varetas pré-formadas e amortecidas com borracha a torção ou rígidas (fases externas). Os sistemas são em amortecedores de 4 ressonâncias, em posição e quantidades confirmadas por medidas em vão experimental.

Embora ainda carente de modelo teórico para justificar os sub-vãos e intercalar espaçadores nos maiores vãos ou em microclimas de vento turbilhonar, amortecedores torsionais do tipo belga-austríaco poderão ser necessários, caso sobrevenham fortes oscilações e até cruzamento de cabos em pontos particulares a serem detectados pela manutenção com monitoramento.



**FIGURA 3: AMORTECEDOR ANTI-TORSIONAL**

## **2.0 - PADRONIZAÇÃO X DESENVOLVIMENTO**

### **2.1 - FEX 500kV**

A próxima LT de elevada potência natural prevista para o sistema CHESF é uma interligação com o Tronco Norte - Sul, estudada para SIL de 1200 MW para compatibilizar parâmetros elétricos da LT com as demais e equipamentos de transmissão. Naturalmente preferiu-se adotar as torres padrão CHESF, com o feixe 4 Rail expandido para aquela potência, já consagrado na obra da LT P. Dutra - Fortaleza, em alternativa vantajosa por custo e operacionalidade às torres raquete. Configura-se a padronização do FEX, embora seja imprescindível adequar-se os gráficos de utilização de torres e cadeias ao clima mais severo, ao relevo mais acidentado, à ocupação do terreno mais exigente com "pivôs" de irrigação e matas de cacau, e outras peculiaridades ainda não levantadas. Espera-se que o projeto básico possa resolver estas questões sem onerar a solução, embora maior número de fundações especiais, de torres mais altas, de cadeias "V" e de ancoragem, de amortecedores e espaçadores já estejam custeados no estudo da rota.

Aguarda oportunidade para desenvolvimento oportuno a alternativa que fora preconizada pelo autor, mais adequada em custo e versatilidade, com os materiais

específicos já escolhidos e em fase de protótipos. Trata-se do padrão estrutural "Cross-Rope" (versão das "chainette"), ferragens pré-formadas e fundações em estacas escavadas. Estas torres, pela simples variação da distância entre mastros, permitem usar o suporte padronizado em larga faixa de geometria de fases e tipos de cabos, adequados aos parâmetros elétricos requeridos pelo sistema para cada LT.

Adiante resumimos na Tabela 1 algumas opções de feixes em CAA para 500kV por equivalência de seção alumínio e as faixas de potência natural obtidas.

**TABELA 1 : SIL\* DE FEIXES COM 4 x 954 MCM**

Feixe	Código	Seção Al	Diâmetro	SIL*
MCM x n	ASTM	mm <sup>2</sup>	n x Ø mm	GW
954 x 4	Rail	1 933,6	118,44	1,0-1,35
795 x 5	Drake	2 014	135,15	1,15-1,5
636 x 6	Grosbeak	1 933,6	150,90	1,2-1,65
556 x 7	Dove	1 974	164,85	1,3-1,8
477 x 8	Hawk	1 933,6	174,40	1,4-2,0

\* SIL (Surge Impedance Loading) ~ Potência Natural  
Em apresentações anteriores a tabela ilustrou a relação entre o número de cabos por fase da fórmula das LPNE e a potência, o que se explica pela maior dispersão de equipotenciais, além da maior tensão início de corona nos cabos mais finos e facilidade para igualar seus gradientes em arranjos viáveis. Mas um aspecto mecânico importante é o notável aumento da área de cabos sob pressão de vento, que varia com o quadrado do aumento do número de cabos, afetando diretamente a carga nos suportes (25% do custo da LT). No exemplo acima, a taxa de aumento do produto  $n \times \text{Ø}$  supera o ganho de potência, mas a variação de preço das estruturas (padrão ou nova) fique aquém, por efeito das alturas, braços e vento na torre.

Outros fatores diretamente envolvidos na determinação da seção e número de cabos e geometria dos feixes são a carga nas ferragens e isoladores, soluções de engates, balanço de cadeias e distâncias elétricas (cabo mais fino balança mais, onerando silueta da torre, largura da faixa de desmatamento e complicando o paralelismo). Cabos menores têm menos auto-amortecimento e resistência à fadiga, onerando sua proteção. A complexidade destas interações não permite funções técnico-econômicas simples, exigindo ainda muita pesquisa e estudos, levando a engenharia a usar bom senso no exame de cada caso, o que explica também a tendência gerencial de padronizar e simplificar os desenvolvimentos.

### **2.2 - FEX 230kV**

Os pontos acima abordados para os FEX e LPNE de 500kV aplicam-se, no todo ou em parte, aos de 230kV

embora nestes, maior economia e viabilidade de atendimento sejam mais geralmente mascarados por processos rotineiros e padronizações superadas. Além disso, a tecnologia mais antiga e vulgarizada induz à noção de que se possa dispensar desenvolvimentos e adequações. Ao contrário, disponibilidades maiores, quantitativa e qualitativamente, encontram-se na bem maior e mais antiga malha de alta tensão. Intimamente relacionado com os diversos informes já publicados sobre o FEX 230kV, o exemplo inédito adiante apresentado é bastante esclarecedor da dicotomia entre a padronização e o desenvolvimento, embora (ou talvez por isso) não tenha se concretizado. Em 97 investigaram-se alternativas para o sistema de 230kV de Campina Grande (três LT simples horizontal) e Natal (uma LT dupla vertical, todas com 1 Grosbeak por fase). Após tentar geminar um duplo 138kV reisolando-o para 230kV, optou-se pela recapacitação por feixe expandido em LT com um só cabo, já relatada [7], sendo o feixe modelado com o condutor existente e um novo cabo, mais fino (em função das disponibilidades mecânicas dos suportes), sendo eficazes as alternativas apelidadas DUFEX (ou BIFEX) e SUPER-FESTÃO (ou SUPER-BRETELLE).

### 2.2.1 - Desenvolvimento do DUFEX

Adequada à recapacitação das LT padrão da CHESF, a DUFEX permite ganhos de 60% a 70% do SIL atual, usando o cabo Linnet sempre ancorado nos postes e cruzeta, acima do atual, a 3,7m e 2,9m do Grosbeak com a LT operando, desligando-se apenas para a execução dos jumpers ou operações especiais de reforma. Além das precauções contra os riscos envolvidos na intervenção que oneram a mão de obra, o maior custo é dos isoladores, depois do cabo e, em graus variados, a reforma necessária à importância que a LT adquire no sistema, bem como a extensão de vida útil compatível com o investimento. O custo do empreendimento é competitivo com LT convencional nova, na mesma base de potência, ainda que se considerando longos períodos de amortização. Vantagens adicionais de prazo (mais de 10km / turma - mês), de dispensa de licenciamento e aquisição de faixa, aliadas à melhoria do sistema proporcional ao avanço da obra, se tornam vantagens irrefutáveis.

Os materiais empregados são essencialmente os convencionais, só havendo necessidade de observar as peculiaridades dos engates de cadeias nos postes e torres. A despadronização de material está na forma destas braçadeiras e qualidade dos conectores. Entretanto, semi-ancoragens (raras) e transposições em cadeias (poucas) exigirão amarrações conjuntas com o Grosbeak, para o que foram desenvolvidas chapas duplicadoras especiais, com jogos de furação para equilibrar as trações diferenciadas dos cabos.

### 2.2.2 - Desenvolvimento do super-festão

Adequado aos padrões CHESF de torres verticais em circuito duplo, permite ganhos de 30% a 40% da potência natural, usando cabo CA (4/0 AWG, no caso) sempre pendurado sob o Grosbeak atual, ao longo do vão, e amarrado a este junto de cada grampo. Os feixes assim formados exigiram o desenvolvimento de fixações leves, flexíveis e confiáveis, optando-se por alças pré-formadas de 4 varetas em aço aluminizado com 0,35m de abertura (como meio espaçador duplo flexível) com dois diâmetros de espira e pontas caindo no interior do feixe; e alças de amarro em 2x5 varetas idênticas, porém sem curvatura e com abrasivo (Grit). Os Protótipos para LPNE Preformado foram produzidos e ofertados pelo mais conhecido fabricante desta classe de materiais, mas os competidores ainda não acreditaram neste mercado ( 50 mil conjuntos leves e 10 mil duplos só na consulta hoje na praça). A alternativa especificada (alça em fita de aço inox com borracha semi-condutiva) não atraiu fornecedores até o momento. Já os conectores elétricos essenciais a cada ponta do novo cabo e a cada amarração no cabo atual, contam com diversos padrões e fornecedores, cabendo apenas a adequação de modelos mais leves e confiáveis, com os melhores do tipo cunha podendo se tornar mais baratos para o 4/0 e os aparafusados necessitando de dispositivos de garantia de aperto.

Da mesma forma que na DUFEX, o lançamento do cabo na linha em operação (pelo menos um lado energizado enquanto se grampeia o outro circuito desligado) onerará o custo principal da Empreitada, embora métodos tenham sido desenvolvidos pela manutenção da CHESF para confiabilizar e agilizar as intervenções. O material mais caro é o cabo novo, R\$8.000,00 /km, cerca do dobro dos materiais a serem fornecidos pelo contrato dos construtores, caso não haja recuperações de monta. Mesmo assim, o Super-Festão é mais econômico que linha nova para a mesma potência, gozando-se ainda de todas as vantagens apontadas para a DUFEX.

### 2.2.3 - Solução padrão para o Sub-Sistema Leste

Nenhuma destas alternativas foi aplicada em favor da área prevista, pelas razões gerenciais padronizadas. Primeiro, não havia tempo para se desenvolverem os métodos, já que nada fora feito desde as publicações de 1996. Segundo, que se iniciava a obra (ainda sem projeto mas com torres e cabos já comprados) de nova LT dupla com dois Grosbeak por fase, prevista para energizar em novembro de 1998. Terceiro, que após ela só se necessitaria de outra LT em 2005 ficando o investimento em recapacitação ocioso.

Quando uma avaliação concluiu que a LT paralela com um cabo / fase e impedância pouco maior seria sempre limitadora do despacho energético no tronco, deixando a nova com folga de 25%, a solicitação de se mudar o feixe para o padrão Hawk (477MCM, ¾ do

Grosbeak), alegou-se a urgência para não rever o processo.

#### **2.2.4 - Desenvolvimento da FLEX**

Contrariamente às anteriores, a solução inédita combina o FEX da LT Transformável com a sugestão russa de se afrouxar o cabo de baixo, só não aceita lá por conta da futura configuração quádrupla, mas já estudada e vantajosa em próximas LT de padrão vertical.

Quando uma análise do sistema verificou que a nova linha dupla vertical com 2 Grosbeak por fase poderia, se repotencializada, postergar o 5º circuito para além do horizonte do plano de obras, a equipe LPNE encarou o desafio de aumentar 20% a potência da LT padrão. Isto foi conseguido por extensão do tipo da LT Transformável, de 2+0,3m na fase inferior e 0,3 +0,3m nas superiores (limitadas pela janela de manutenção), nestas a flecha de baixo até 2,4m maior que a de cima.

O feixe inferior permite balanço de cadeia dentro do critério de norma e projeto ( 35° ), e os de cima, no critério de balanço assíncrono, admitem vão até 900m, garantindo coordenação fase - fase. O feixe médio ponderado de 2,2m conduz ao aumento de 23% no SIL, 88MW a mais para os dois circuitos.

O único preço real seria de +1,5m de altura média de torre ( ~ 5% do peso, 1,5% do custo total). As 25t de extensões já computadas na proposta (barras de 1m em média), seriam 0,2% do total. De fato, o único material novo foi desenvolvido pelo autor, o balancim de ancoragem 0,3m maior, para acomodar grupos de furos do engate equilibrado com vários decrementos de tração no feixe. O preço disso foi desprezado pelo fabricante, dada a pequena quantidade do material. Também o projeto não foi onerado pela duplicação de tabelas de lançamento e o pessoal de fiscalização considerou irrisória a duplicação de visadas para controle de flechas. O processo de manutenção em linha viva mostrou-se mais fácil que nos FEX da LT Transformável e o custo do incremento de SIL ficaria, tudo contando, 10 vezes menor que para a LT padrão. Dificuldades na negociação com a Contratada, que argüiu prazo e preço, cancelaram a FLEX em abril/98. A obra padronizada não chegou ao meio após um ano e o balancim desenvolvido ficou de herança da DUFEX.

#### **2.2.5 Outros FEX previstos para LT 230kV**

As diversas idéias já publicadas foram o "Balanção" (balancim largo assimétrico, sustentando o atual cabo mais pesado do lado do suporte e o novo mais leve para longe), o "Gangorrão" (semelhante, porém sustentado por duas cadeias "I", a nova a meio da mísula em ponto reforçado), a "Cadeia U" (como na anterior, porém com cabo mais leve e feixe pequeno, as cadeias inclinadas e os grampos unidos por tirante

no dia do desligamento) e o FEX de LINEPOST (de fato, uma mísula isolante suportando na ponta o cabo mais leve, e abaixo, em extensão de até 3m, o cabo mais pesado. Nenhuma foi desenvolvida por falta de patrocínio, quer das Empresas, quer de fabricantes ou construtores.

A mais promissora em elevação de potência, chegou a receber protótipo de monocorpo em porcelana, porém a obra (desvio de duplo vertical perto de Recife), passou por dificuldades empresariais e de prazos, ficando o desenvolvimento de ferragens da adaptação nas torres aguardando o Super-Festão. As demais ainda exigem muitos testes com as ferragens, que são específicas para cada tipo de cabos e torres, e do SIL pretendido, função de condições locais do sistema.

#### **3.0 - FEX em 138kV E 69kV**

Nas tensões mais baixas, se por um lado o corona não preocupa muito, por outro as reatâncias e capacitâncias não são determinantes na capacidade de transmissão das LD curtas onde o problema de ampacidade é mais constante. Entretanto, nas linhas radiais longas ou nos corredores curtos de várias linhas com desigualdade de seção condutora os ganhos de transmissão podem surpreender, resolvendo quedas de tensão exageradas ou controlando o fluxo com alívio da superação de ampacidade nas paralelas mais fracas. Como exemplo do primeiro caso, o autor estudou LT padrão 230kV da CHESF com 160km operando em 69kV, cuja potência natural foi dobrada, compactando-se as fases com um Grosbeak na janela da torre (cadeias V-I-V ) e 3 pára-raios Dotterel isolados para 69kV. Após separados em LE, podiam substituir LD futura, necessária em metade da rota. O desenvolvimento, remunerado só pelo maior SIL, permitia adiar por 2 anos a SE 230kV. Interesses políticos aliados à promiscuidade operativa do 69kV com o 230kV levaram ao abandono da idéia.

No segundo caso, em LT 2x 230kV com dois Hawk por fase operando em 69kV para aguardar a SE por dois anos, a LD 2x69kV com um 4/0 por fase, paralela nos seus 11km, era muito compacta. Em razão disso, a divisão de fluxos mal aliviou a LD, que voltou a aquecer perigosamente. A solução, clássica do FEX, seria expandir o feixe com barra de 0,5m, esfriando o 69 por mais 2anos. O material a agregar era simples, podendo permanecer em 230kV, porém priorizou-se a obra das SE, ficando o 69kV mais quente até hoje.

Os materiais dos FEX230kV são totalmente utilizáveis nas tensões mais baixas, mas uma exceção notável se encontrou ao experimentar a nova liga japonesa em alumínio termorresistente. Aplicada amostra de 4/0 AWG cedida pelo fabricante, no experimental Super-Festão de Recife, pois se temia distribuição crítica de

correntes, comprovou-se sua irrestrita aplicabilidade e sua evidente vantagem em LT sobrecarregada.

Desdobramento útil é o uso dos fios garantidos até 150°C, que dissipam melhor que cabos e podem ser agregados sem ônus estrutural a LT 69kV por meio de "cabides". Este desenvolvimento mal se iniciou, e os materiais necessários ainda estão sendo pesquisados.

#### **4.0 - FEX PILOTO E EXPERIMENTAIS**

A CHESF conta com 5 vãos em P Afonso para testar e desenvolver materiais e ferramentas em aquisição para o FEX 500kV. Atrasos nestas obras com fornecimento de cadeias e sistema de amortecimento ("turnkey") se refletem nos testes e experimentações dos espaçadores. Espera-se que até julho os desenvolvimentos estejam consolidados, facultando a divulgação neste SNPTEE. Recente trabalho [8] mostra os vãos experimentais da CHESF para o desenvolvimento de materiais, técnicas e confiabilização do DUFEX e do Super-Festão. Perto de Recife, foram essenciais à nova técnica, permitindo mesmo qualificação de empreiteiros e suas alternativas de materiais a fornecer. O risco para essas linhas em operação é minimizado pelas equipes de manutenção, fundamentais ao sucesso do processo. Aguardando ainda o desfecho comercial das tratativas desta dispensa de licitação, estarão disponíveis opções finais de materiais por ocasião da apresentação deste IT.

#### **5.0 - MATERIAIS PARA PRÓXIMAS LPNE/FEX**

A LPNE 230kV da CHESF está por ser reativada, em função das atuais prioridades. Os materiais detalhados pelos autores carecem do desenvolvimento industrial, indispensável participação de fabricantes, de montadoras e de pessoal de manutenção. Embora mais complexa que os FEX, os desenvolvimentos das LPNE não são difíceis, havendo indisponibilidade da equipe integrada para sua consecução.

A LPNE 500kV de FURNAS começa a se materializar, o desenvolvimento da LT Piloto (1,6km no Rio, junto ao CEPTEL) resultando de esforços conjuntos com Empresa Privada. Adotando torre compacta raquete [9] para partir de seu "Hi-SIL", os protótipos italianos das ferragens são soluções esmeradas porém clássicas (engates forjados padrão, grandes anéis AC e "yokes hexanatos" de chapa). Inovadores serão os sistemas de amortecimento das oscilações complexas geradas nas turbulências do pé da Serra do Mar, que comprometem os exíguos espaços entre fases. Ainda não disponíveis, esperamos conhecê-los no SNPTEE.

A próxima Hi-SIL 500kV da CHESF era prevista como LPNE autêntica, contando com a versátil torre "Cross-Rope" (desenvolvimento da Cheinette,

canadense sem cabeça) para descompactar feixes nos descampados Centrais e adequar os parâmetros a cada LT com o suporte padronizado. Até reservamos dois vãos na FEX Piloto de P. Afonso para testá-la junto com a ELETRONORTE, que iniciou seu desenvolvimento. Entretanto a tendência padronizadora prevalece, cristalizando o FEX que não foi desenvolvido para o ambiente de lá. Resta o consolo do reconhecimento de seus méritos, como garantia de não interromper a evolução assim iniciada. Os materiais vislumbrados para maior eficiência da otimização dos feixes encontram-se ainda fora do controle tecnológico necessário a esta divulgação. Os tubos condutores, entre a crítica dos teóricos e a indiferença das indústrias, nada evoluíram, bem como os condutores compactos que não dispõem ainda do tratamento ideal. Apenas encontramos na Rússia os vestígios da pesquisa ceifada pela crise após os primeiros protótipos; aguardamos para breve novos contatos que, se frutíferos, serão compartilhados. A busca de isoladores especiais para LPNE está mais perto do desfecho, mas negociações em andamento na ocasião desta redação retêm sua divulgação.

#### **6.0 - CONCLUSÕES**

Manter padrões enquanto se desenvolvem melhorias exige equipe integrada, em harmonia objetiva, para o benefício comum da economia do setor.

Neste testemunho, precisamos lembrar muitos que, a exemplo dos co-autores acima citados, não puderam colaborar diretamente neste informe, mas a quem devemos contribuição decisiva nos trabalhos reportados