



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

GLT 08  
14 a 17 Outubro de 2007  
Rio de Janeiro - RJ

## **GRUPO III**

### **GRUPO DE ESTUDO DE LINHAS DE TRANSMISSÃO**

#### **LT DE EMERGÊNCIA DE 500 KV COM UM CONDUTOR POR FASE: ESTUDOS, MEDIÇÕES E CONSTATAÇÕES**

**O. Régis Jr\* J. V. Eduardo O.V.F. Lima**  
**Companhia Hidroelétrica do São Francisco-CHESF**

**F. C. Dart**  
**Centro de Pesquisas de Energia Elétrica-CEPEL**

## **RESUMO**

Atos de vandalismo derrubaram em 2006 dez torres de duas LT 500kV da interligação N/NE, que atendem o Ceará e subsistema norte da Chesf. As condições de intercâmbio/demanda permitiram que outra rota evitasse a interrupção de fornecimento. Entretanto, o atendimento a região ficou extremamente crítico, decidindo-se pela aplicação de estruturas de emergência concebidas em 1980.

Na área da Chesf só tinha havido duas ocorrências de queda de estruturas 500 kV, com uma torre em cada. Em ambas preferiu-se usar estrutura definitiva em substituição a torre falhada. Desta forma, a solução de emergência em 500kV com um cabo/fase, ainda não tinha sido testada em condições reais.

O artigo apresenta os estudos elétricos, revistos com programas mais recentes do Cepel, bem como medições e constatações da implantação e operação de uma inédita LT de emergência de 500KV com 1 cabo por fase.

**PALAVRAS-CHAVE:** linha de transmissão, torre de emergência, efeito corona, interferências eletromagnéticas

## **1.0 - INTRODUÇÃO**

A logística de atendimento às emergências por queda de torres no sistema de transmissão da Chesf consta de conjuntos de mastros metálicos modularizados, estais, isoladores poliméricos e acessórios, com os quais se montam estruturas para substituição emergencial das torres falhadas. Estes conjuntos encontram-se estrategicamente distribuídos nos serviços regionais de manutenção.

Em fevereiro de 2006, por atos de vandalismo, foram derrubadas cinco torres de cada um dos dois circuitos Teresina II / Sobral III – 500 kV. Tais circuitos fazem parte da interligação N-NE, e atendem diretamente a região polarizada pela cidade de Fortaleza, capital do Ceará, e o subsistema norte da Chesf. No momento da queda das torres, em virtude das condições de intercâmbio e da demanda, não houve interrupção no fornecimento de energia aos consumidores. A potência para atendimento a carga passou a fluir por um circuito de 500 kV e três 230 kV em outra rota (Paulo Afonso – Fortaleza).

Entretanto, com a perda das duas linhas de transmissão em 500 kV, o eixo Teresina-Fortaleza ficou altamente fragilizado, e as condições de atendimento a referida capital e sua região ficaram bastante críticas, não sendo capaz de suportar mais nenhuma perturbação. Desta forma tornou-se urgente a recuperação de pelo menos uma das linhas de transmissão, no menor tempo possível.

Como a recuperação definitiva levaria muito tempo em função da aquisição/mobilização de estruturas e condutores e contratação dos serviços, foi definida a estratégia de montar, com as equipes de manutenção da Chesf, um circuito de emergência no eixo da linha 05V9 de sua propriedade, num prazo, que por outros fatores adversos, terminou levando 10 dias. Simultaneamente, seria montado o circuito definitivo da linha 05V8 de

propriedade da STN, num prazo estimado 22 dias, para, em seguida, ser montado o circuito definitivo da linha 05V9 da Chesf.

Até então, na região Nordeste, só haviam ocorrido dois casos de queda de estruturas 500 kV, com uma torre em cada ocorrência. Em ambas preferiu-se montar uma estrutura definitiva em substituição a torre falhada. Desta forma, a montagem da LT de emergência em 500kV, desenvolvida no início dos anos 80, ainda não tinha sido testada em condições reais.

Estudos antigos sobre a concepção da torre de emergência contemplavam a utilização de um cabo condutor por fase no sentido de agilizar o processo de montagem da instalação. Na ocorrência em análise, a extensão do dano com a queda das cinco torres originais foi de 3,3km. Para cobrir o trecho necessário à recomposição do circuito em questão, no menor prazo possível, utilizando-se um cabo condutor por fase, seriam necessárias 12 estruturas com altura compatível para 500kV.

Foi então realizado o deslocamento dos conjuntos de emergência dos serviços regionais mais próximos, e foram revisados e detalhados estudos de ampacidade, campos elétricos, gradiente crítico, corona e ruídos, identificando-se, como era de se esperar, uma alta atividade corona e conseqüentes ruídos. Após discussão dos eventuais inconvenientes e interferências dessa instalação decidiu-se restringir o acesso à faixa da linha através de vigilância permanente durante o período em que a linha operasse em tal condição. Foram também mantidos inspeção e acompanhamento constante por eletricitistas de linhas. É importante ressaltar que não havia população residindo nas proximidades da instalação.

O IT descreve os estudos elétricos realizados no sentido subsidiar a definição da solução adotada, as medições e os cálculos realizados pelo Cepel, e as constatações ao final de 11 dias de operação desta inédita configuração de LT de emergência de 500 kV com um condutor por fase.

Dentre as constatações, ressalta-se a ocorrência de um movimento de baixa frequência dos condutores, similar ao galope, que foi identificado nas condições de correntes mais elevadas, mesmo sem vento perceptível. Um vasto material de fotos e vídeo-clips será mostrado durante a apresentação, uma vez que não é possível incluir no presente IT. Tal material foi obtido em inspeções diurnas e noturnas, com equipamentos de visão noturna do Cepel e de visualização diurna de corona da Chesf.

## **2.0 - ESTRATÉGIA PARA ATENDIMENTO A EMERGÊNCIAS NAS LINHAS DE TRANSMISSÃO DA CHESF**

A Chesf possui, aproximadamente, 18.300 km de linhas de transmissão distribuídas na Região Nordeste do Brasil para atender a cerca de 25% da população do país. Numa dimensão e extensão desse porte, se tornou imprescindível desenvolver e implantar um sistema de atendimento a emergências às suas instalações, principalmente às linhas de transmissão, em função de suas extensões e suas dificuldades (localização dos defeitos, acessos às estruturas, diferentes tipos de regiões, mobilização e deslocamento de recursos, etc.).

Dessa forma, montou-se uma estratégia e respectiva infra-estrutura voltada para esses tipos de intervenção, baseados em conjuntos de emergência estrategicamente distribuídos na região e capacitação das equipes internas nas técnicas de montagem desses circuitos alternativos, com uma simulação anual de atendimento a emergência típica de queda de estrutura.

### **2.1 O Suporte Normativo**

Toda a estratégia para atendimento a emergências nas LTs da CHESF está suportada em normas de procedimentos e de infra-estrutura que especificam os conjuntos de emergência para atendimento a ocorrência de pequenos, médios e grande porte; os treinamentos de simulação das equipes e a logística a ser empregada em cada caso, definindo mobilização, coordenação e recursos a serem utilizados. Os normativos especificam e padronizam os tipos de estrutura, condutores, isoladores e acessórios que serão empregados nas intervenções, em função da tensão e da especificidade do local da ocorrência. Definem, também, os procedimentos a serem utilizados na inspeção e localização da falha, na definição da solução e na montagem do circuito de emergência.

### **2.2 Os Conjuntos de Emergência**

O atendimento a contingências nas LTs da CHESF tem suporte na especificação adequada, na habilidade de manuseio e no acondicionamento dos conjuntos estratégicos de ferramentas, materiais e equipamentos utilizados nos diversos tipos de ocorrências. Os conjuntos de emergência são dimensionados de acordo com o tipo de atendimento a que se propõem, conforme o porte, e são acondicionados em depósitos especiais, separados dos materiais e ferramentais de uso rotineiro. Assim, cada regional tem seu conjunto de emergência que atende aos diversos tipos de ocorrência, separado e utilizado apenas para essas situações.

Para eficientizar e agilizar os atendimentos, esses conjuntos de emergência são distribuídos ao longo do sistema, de modo a serem rapidamente mobilizados, individual ou coletivamente, no caso de atendimento multi-regional.

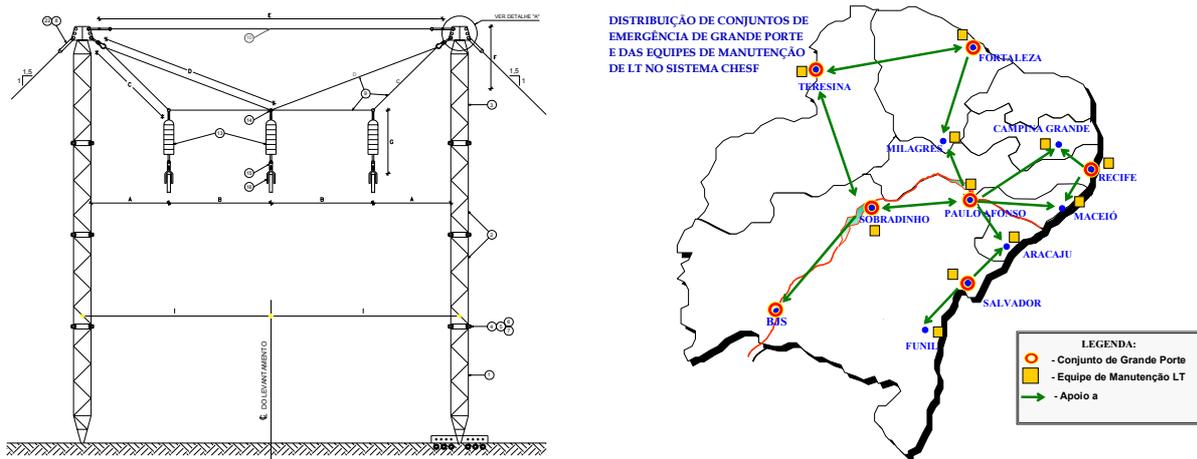


Figura 1- Desenho esquemático da torre de emergência e distribuição estratégica dos conjuntos de emergência

Os conjuntos acondicionam os acessórios e as estruturas de emergência, modulares e compostas de mastros treliçados de 04 metros cada um, permitindo obter várias configurações alternativas. O sistema possui apenas estais externos capazes de garantir a estabilidade mecânica do conjunto. Um mastro, por exemplo, com 20 m de altura, composto de 05 módulos, pesa aproximadamente 600 kg, o que permite sua montagem pelo processo manual de içamento parcial. Após a montagem, o acesso ao topo é feito por intermédio do próprio treliçamento.

Uma das principais vantagens desse modelo de estrutura é a sua versatilidade, pois pode atender a diferentes classes de tensão (69 kV a 500 kV); diferentes disposições de cabos (vertical, horizontal e triangular); linhas com um ou dois circuitos; funções de alinhamento e ancoragem; e várias técnicas de montagem (manual com estaiamento parcial, içamento por intermédio de mastro auxiliar, içamento mecânico por meios de munks).

### 3.0 - A OCORRÊNCIA

Às 17:02h do dia 19/02/2006, ocorreram desligamentos automáticos das duas LT 500kV Teresina II / Sobral III, códigos 05V9, de propriedade da Chesf (Companhia Hidroelétrica do São Francisco), e 05V8, de propriedade da STN (Sistema de Transmissão Nordeste S.A), provocados por curto-circuito devido a quedas de estruturas dessas linhas, causadas por vandalismo, próximo à cidade de Piri-piri no estado do Piauí.

O dano teve extensão de 3,1km em cada linha, com 05 estruturas tombadas e 02 danificadas da Chesf e 05 estruturas tombadas da STN. No momento da queda das torres, em virtude das condições de intercâmbio e da demanda, não houve interrupção no fornecimento de energia aos consumidores. A potência para atendimento a carga passou a fluir por um circuito de 500 kV e três 230 kV em outra rota (Paulo Afonso – Fortaleza). Mas com a perda das duas linhas de transmissão em 500 kV, o eixo Teresina-Fortaleza ficou altamente fragilizado, sendo urgente recuperar rapidamente pelo menos uma das linhas de transmissão.

Como a recuperação definitiva poderia levar muito tempo em função dos prazos da aquisição e mobilização de estruturas e condutores além da contratação dos serviços, decidiu-se montar, com as equipes próprias de manutenção, um circuito de emergência no eixo da linha 05V9 da Chesf. Simultaneamente, seria montado o circuito definitivo da linha 05V8 a cargo da STN, num prazo estimado 22 dias, para, em seguida, ser montada a linha 05V9 em configuração definitiva. Ressaltem-se as condições adversas durante a montagem, com chuvas intensas e o período de carnaval no meio, o que adicionou dificuldades logísticas na implantação da infra-estrutura e apoio necessários. Ao final, energizou-se a LT de emergência em um prazo de 10 dias após o incidente.



Figura 2 – Detalhe das torres derrubadas e do vandalismo nos pré-formados dos estais.

### 3.1 O Planejamento para a Recuperação da LT

Definido que a melhor opção seria montar um circuito de emergência no próprio eixo da LT 500 kV da Chesf, pois a situação da faixa e dos acessos facilitaria essa construção, partiu-se para a definição da configuração desse circuito. Optou-se por não construir estruturas de ancoragem nos terminais do trecho de emergência e, sim, ancorar os cabos da LT diretamente no solo, através de uma cadeia de isoladores e, daí, derivar, em alinhamento, para o circuito de emergência. Isso evitaria uma grande quantidade de estais, agilizando a montagem do circuito.

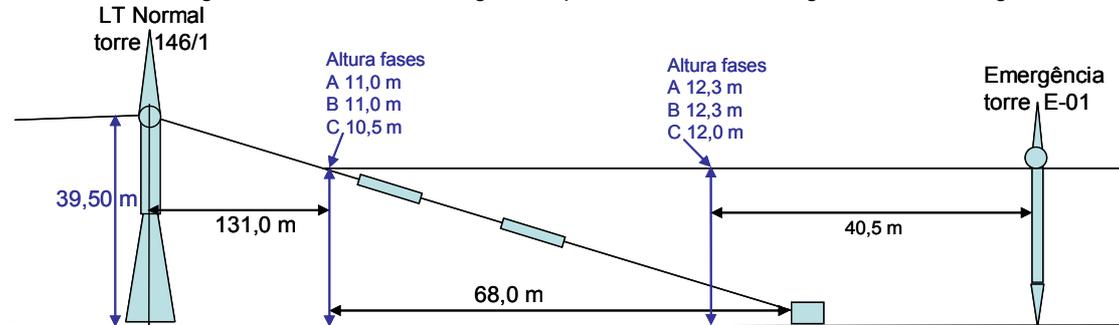


Figura 3-Torre 146/1 de pé; sistema de ancoragem no solo e derivação para estrutura de emergência E-01

Sendo o terreno relativamente plano, decidiu-se usar 12 estruturas em suspensão com mastros de 20 m de altura (5 módulos) que daria uma altura mínima cabo-solo estimada em 8,0 m. Utilizou-se isoladores poliméricos e estaiamentos com escavação e ancoragem no solo através do sistema haste de ancora-bloco de concreto.

A decisão que demandou uma análise maior foi a configuração dos cabos condutores. A concepção original de 1980, desenvolvida com os poucos recursos de estudos elétricos da época, previa a utilização do cabo Drake 26/7 795MCM. Apesar de prevista, a utilização de apenas um condutor para o circuito temporário de 500 kV não havia ainda sido testada. Temia-se que os níveis de campo elétrico, com essa configuração, viessem a comprometer a operação da LT principal, alimentada através desse trecho provisório.

As análises, descritas adiante, mostraram que haveria atividade corona intensa, mas outros aspectos estariam sob controle. Como a instalação de apenas um condutor agilizaria a montagem, optou-se pela instalação de apenas um cabo ACSR Rail 954MCM. Decidiu-se controlar o acesso à faixa da linha através de vigilância permanente, e foi também mantida inspeção constante por eletricitistas de linhas durante o período em que a linha operou em tal condição. É importante ressaltar que não havia população residindo nas proximidades da instalação.

### 3.2 A Execução do Circuito de Emergência

Com a utilização de cerca de 100 pessoas na execução e 40 pessoas no apoio, além de uma infra-estrutura de helicópteros, máquinas de elevação, tratores, veículos de carga, ambulância e veículos leves, construiu-se e energizou-se o circuito de emergência em 10 dias. Destaque-se que apesar da quantidade de pessoas envolvidas e a exposição ao risco, não houve acidentes. Foi realizado um planejamento com a participação dos envolvidos, aprofundando aspectos com a ferramenta “Análise Preliminar de Risco”, que era avaliado todo final de dia.

## 4.0 - ESTUDOS ELÉTRICOS REAVALIADOS

No sentido de melhor orientar a decisão da aplicação de um ou dois cabos por fase na torre de emergência foram reavaliados alguns aspectos críticos de estudos elétricos, utilizando ferramentas computacionais do Cepel, não disponíveis na época da concepção inicial deste tipo de torre.

Ressalte-se que, naquela ocasião, o maior interesse da solução de emergência era para tensões de 69kV a 230kV, que representavam a enorme maioria das instalações de transmissão, em número e em extensão, e eram as principais responsáveis pelo fornecimento aos centros consumidores. A primeira linha de 500kV do sistema Chesf era de interligação com a Eletronorte e tinha fins de intercâmbio energético.

Com a expansão da malha de 500kV verificou-se que estas linhas tinham projetos muito confiáveis, tendo sido verificado somente duas quedas de torre em dois eventos diferentes. Vale salientar também que as condições meteorológicas na área de atuação da Chesf tem se mostrado bastante amenas, quanto aos aspectos que se refletem sobre critérios de projeto. Neste quadro, não se tinha priorizado a reavaliação da concepção original da linha de emergência para o 500kV.

Neste evento de grande porte tornou-se necessário reavaliar a utilização de um ou dois cabos por fase, em virtude da grande diferença de esforço necessário para recompor o sistema, e objetivando reduzir o risco de outras intercorrências.

#### 4.1 Ampacidade

O primeiro aspecto analisado foi a avaliação de ampacidade, que foi realizada considerando o cabo Rail, temperatura ambiente de 35°C, vento de 0,7m/s, presença do sol, e temperatura máxima do condutor de 90°C. Como resultado obteve-se uma corrente de 1000 A por cabo fase, equivalente a 866 MVA.

#### 4.2 Gradiente superficial dos cabos condutores

O segundo aspecto importante foi a questão do gradiente superficial dos condutores, que seriam submetidos a uma tensão máxima operativa de 550 kV. O gradiente crítico visual para o cabo Rail, com um fator de superfície de 0,80, calculado pela fórmula de Peek, é de 19,64kV/cm.

Para a configuração de um cabo por fase, e o arranjo com 11 metros entre fases e 8 metros de distância mínima cabo-solo, os gradientes encontrados pelos programas do Cepel estão na Tabela 1. Para a configuração de dois cabos por fase, os gradientes encontrados, considerando o segundo condutor de cada fase posicionado 0,5 metros abaixo do primeiro, ou seja, 7,5 metros de distância mínima cabo-solo estão na Tabela 2.

Tabela 1 - 1 cabo/fase: Gradiente superficial nos cabos em kV/cm

Fase A	Fase B	Fase C
32,63	33,67	32,63

Tabela 2 - 2 cabos/fase: Gradiente superficial nos subcondutores em kV/cm

Fase A		Fase B		Fase C	
23,64	23,93	24,75	24,93	23,64	23,93

Verifica-se que com dois cabos por fase os gradientes encontrados nos cabos são menores, mas mesmo neste caso haveria a superação do gradiente crítico visual em até 27%, o que significa surgimento de corona generalizado em ambas as condições.

#### 4.3 Campos elétricos e magnéticos no solo

Outro aspecto que mereceu atenção foi o cálculo dos campos elétricos e magnéticos induzidos ao nível do solo. Foram adotadas as mesmas configurações referidas no item anterior, com tensão de 550kV e corrente de 1000 A.

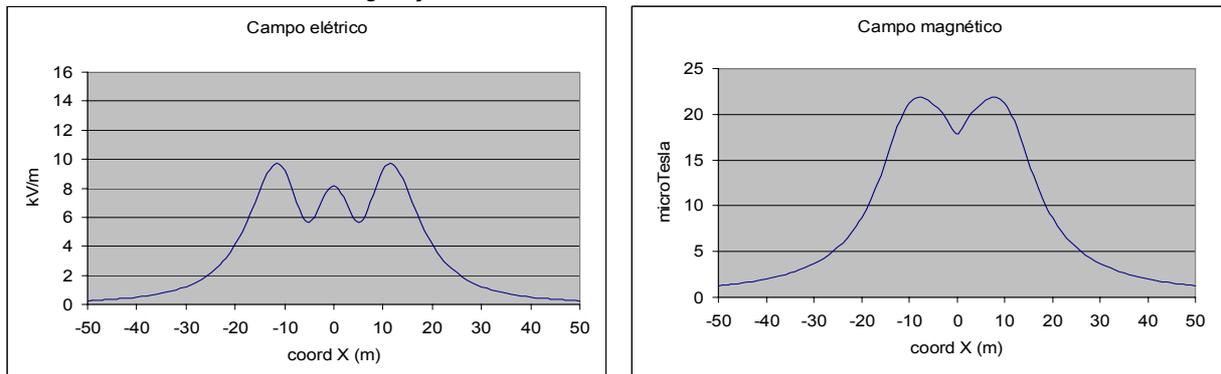


Figura 4 - 1 cabo por fase : Campos elétricos e magnéticos induzidos a 1 metro do solo

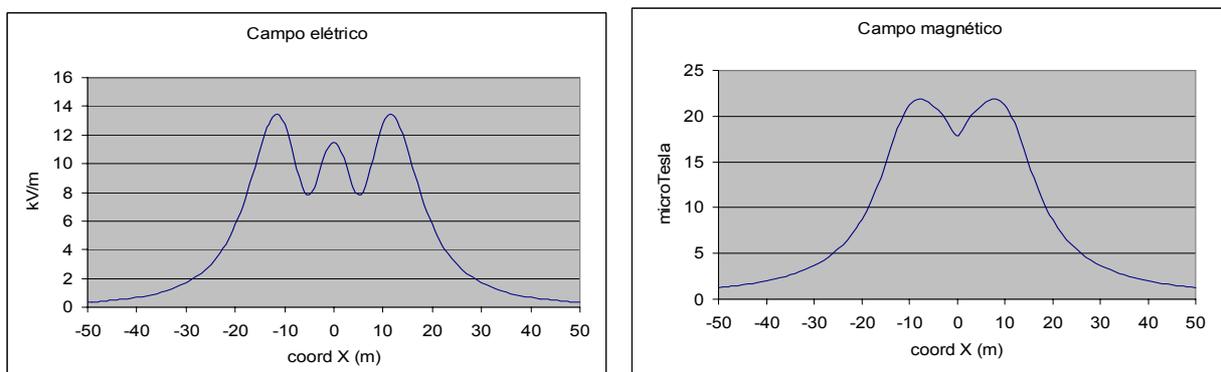


Figura 5 - 2 cabos por fase : Campos elétricos e magnéticos induzidos a 1 metro do solo

Verificam-se campos elétricos calculados da ordem de 9,7 kV/m para 1 cabo/fase, e da ordem de 13,5 kV/m para 2 cabos/fase. Os campos magnéticos foram praticamente idênticos em ambos os casos.

#### 4.4 Radio Interferência

Conforme apresentado no item 4.2, os gradientes superficiais dos cabos superam o gradiente crítico visual do cabo 954MCM utilizado, gerando uma atividade corona generalizada e, portanto, sendo capaz de gerar ruídos de interferência em rádio bastante severas.



Figura 6 - Curva de rádio interferência para 1 cabo/fase



Figura 7 - Curva de rádio interferência para 2 cabos/fase

Verifica-se na figura 6, curva para 1 cabo/fase, um valor de rádio interferência superior a 100 dB/1microVolt/m no eixo da linha de emergência. Na figura 7, na curva para 2 cabos/fase, o valor de rádio interferência foi superior a 95 dB/1microVolt/m no mesmo eixo.

#### 4.5 Análise dos resultados- Decisão da configuração

A ampacidade de 1000 A por cabo permitiria, na configuração de dois cabos por fase, uma potência de 1730 MVA neste circuito. Entretanto, questões sistêmicas, principalmente estabilidade, não permitiam mais que 800 MVA neste trecho. Assim, por este aspecto não havia nenhuma vantagem em se adotar a configuração mais pesada.

Quanto ao gradiente superficial dos cabos, nos arranjos de 1 ou 2 cabos/fase, existiria uma vantagem numérica para o segundo. Mas haveria superação do gradiente crítico em ambos os arranjos, teoricamente gerando efeito corona generalizado em ambos os casos, não podendo assim se quantificar uma vantagem.

O campo elétrico no solo seria quase 4kV/m menor no arranjo de 1 cabo/fase, o que é significativo. Mas, considerando a intenção de se controlar o acesso ao local durante a operação, essa vantagem seria subjetiva.

A atividade de radio interferência é elevada em ambos os casos, com pequena vantagem para 2 cabos/fase. Considerando a ausência de moradias na borda da faixa região do incidente, este fator não era relevante.

Considerando que os inconvenientes de ambas as soluções, neste caso em análise, não são muito impactantes, e a vantagem de facilidade e tempo da execução da configuração de 1cabo/fase, decidiu-se adotar esta solução.

## 5.0 - MEDIÇÕES E OBSERVAÇÕES APÓS MONTAGEM E ENERGIZAÇÃO

### 5.1 Avaliação do arranjo pós-montagem

Foram utilizadas 12 torres de emergência de 20m de altura, e isoladores poliméricos de 2,60m. A distância entre fases foi de 11m, e entre fase e estrutura lateral foi de 3m. Em virtude da chuva, as torres cederam em torno de 0,5m solo adentro, resultando em uma altura útil do cabo nas torres de 16,9m.

Foram obtidos ainda: vão mínimo de 145m e máximo de 276m, sendo a maioria em torno de 250m; altura condutor-solo mínima no vão entre 13,8m e 6,7m, sendo a maioria entre 10m e 7,5m; em geral a fase central ficou 1m mais baixa que as laterais; o maior desnível entre as fases laterais, devido ao relevo, foi também de 1m.

### 5.2 Campos elétricos e magnéticos durante a operação

Para efeito de medições e cálculos foi selecionado o pior caso, com o condutor central a 6,7m e os laterais a 9m e 8m de altura ao solo. A figura 8 apresenta alguns dos pontos de medição e a simulação do campo elétrico para 550 kV, e a simulação do campo magnético para 1000 A, a 1 metro do solo.

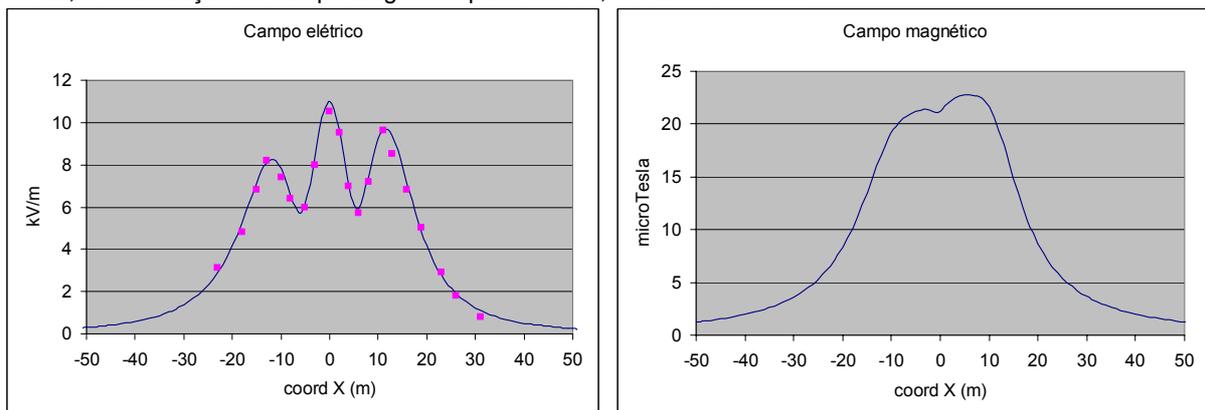


Figura 8 – Pontos de medição e simulação do campo elétrico para 550kV, e campo magnético para 1000 A.

Observe-se a assimetria das curvas em virtude das diferentes alturas das fases, devido também ao relevo, porém com valores plenamente compatíveis com as previsões de estudos realizados anteriormente.

### 5.3 Observações da atividade corona na instalação em operação

Como apresentado no item 4.2, os condutores da linha de emergência estavam operando com um nível de campo elétrico superficial bastante superior ao gradiente crítico visual. Sendo assim, a linha de emergência apresentava efeito corona generalizado em toda a sua extensão, atingindo cabos condutores, roldanas e anéis equalizadores dos isoladores. A Figura 9 traz algumas fotos, que foram obtidas com auxílio de equipamento especial de visão noturna do Cepel. Mais fotos e alguns vídeo-clips serão mostradas na apresentação do IT.



Figura 9 – Fotos da LT de emergência com equipamento de visão noturna.

a) sob o condutor central no eixo da LT; b) na lateral da linha; c) Corona na roldana e no anel da cadeia

### 5.4 Avaliação de danos ou erosão por corona

Ao final da operação desta LT de emergência foi feita uma inspeção visual dos componentes mais submetidos aos eflúvios corona. Verificou-se que a presença do efeito corona generalizado em toda a extensão da linha de emergência durante o período de operação não causou dano em nenhum componente como condutores, roldanas, anéis equalizadores dos isoladores, e demais ferragens. Isso pode ser atribuído ao tempo de operação da mesma que foi o estritamente necessário para a recomposição do circuito 05V8. Por outro lado, mostra que pode se usar campos elevados, em condições monitoradas, por pouco tempo, sem danos aos materiais.

## 5.5 Balanço dos condutores na instalação em operação

Um fenômeno observado, e não esperado, foi o balanço dos cabos condutores em alguns vãos da linha de emergência. O balanço era muito acentuado, com características típicas de galope, mesmo sem qualquer percepção de vento. Notou-se que estava associado às correntes mais elevadas, iniciando-se por volta de 700 A e aumentando a amplitude com o aumento da corrente, também se amortecendo com a redução da mesma. Devido a este balanço, o carregamento foi limitado a 650MVA, embora o estudo de ampacidade permitisse 850MVA.

Uma das hipóteses que pode justificar esta ocorrência é a força resultante do acoplamento eletromagnético em cada fase devido as outras, uma vez que a fase central era sempre mais baixa que as laterais, e havia variação das cotas das fases em cada vão.

Outra hipótese, também por efeito do acoplamento eletromagnético, foi atribuída à diferença do ângulo de mergulho dos cabos ancorados no solo, como indicado na Figura 3, e o ângulo de saída dos cabos da LT de emergência.

Estes efeitos ainda seriam amplificados, devido ao efeito mola resultante do modo de fixação das fases da linha de emergência à LT 05V9, ancorada no solo, e em alinhamento, com os condutores da linha de emergência apoiados em roldanas e não grampeados. A modelagem eletromecânica deste arranjo é extremamente difícil e detalhada, não se conseguindo até agora respostas satisfatórias.

## 6.0 - CONCLUSÕES CONSTATAÇÕES

A construção da linha de emergência para 500 kV com um condutor por fase e vãos curtos cumpriu com a sua finalidade básica, permitindo restabelecer, com certa rapidez, a operação da LT principal do trecho Teresina-Fortaleza, melhorando a confiabilidade daquele subsistema, enquanto a recuperação definitiva era implantada.

A alternativa de se implantar esta linha de emergência com um condutor por fase minimizou o tempo de montagem da mesma, mas gerou como era esperado, valores de interferências eletromagnéticas muito acima dos aceitáveis em linhas comerciais em operação normal; no entanto se tratava de uma situação de emergência e todas as condições de segurança e vigilância foram devidamente tomadas.

A inspeção visual dos componentes da linha de emergência mostrou que a presença do efeito corona generalizado em toda sua extensão, durante o período de operação, não provocou danos, o que mostra que se podem usar campos extremamente elevados, em condições monitoradas, por pouco tempo, sem danos aos materiais.

A alternativa de se construir a linha de emergência com dois condutores por fase também resultaria numa linha com efeito corona generalizado, vide Tabelas 1 e 2, e resultaria num tempo maior de montagem que a da alternativa adotada.

Quanto ao galope observado em alguns vãos da linha de emergência, pode-se atribuir à montagem da mesma em alinhamento com a linha original. Isto ocorreu devido à peculiaridade da situação uma vez que havia uma linha de 500 kv em paralelo que também estava sendo recuperada. A montagem original prevista para a linha de emergência não é alinhada com a linha danificada, e sim em paralelo, com conexão transversal, evitando dessa forma o suposto efeito mola descrito anteriormente.

A partir desta experiência, uma linha de Pesquisa & Desenvolvimento poderia ser sugerida, com interesse para todo o setor elétrico de transmissão: novos suportes com materiais mais leves; arranjos talvez mais compactos; isoladores desenvolvidos para esta aplicação; roldanas especiais com sistema de travamento; novo sistema de conexão entre as LT, normal e emergência; etc.

Pretende-se continuar a discussão e as eventuais modelagens para o balanço verificado na instalação aqui relatada, uma vez que, embora tenha ocorrido em condições muito peculiares, o fenômeno foi extremamente intrigante. Vídeo-clips serão disponibilizados na apresentação, e contribuições serão muito bem-vindas.

## 7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(1) –EPRI - Transmission Line Reference Book – 345 kV and Above, second Edition, 1982