



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

UTILIZAÇÃO DE TORRES DE EMERGÊNCIA TIPO DELTA NO RESTABELECIMENTO DE LTs DE 440 KV

**Ismar Esaú dos Santos
Consultor especializado em
manutenção de linhas de transmissão**

RESUMO

A adoção de sistemas de atendimento de emergência para o caso de sinistros envolvendo quedas de estruturas de linhas de transmissão não é apenas uma necessidade mas uma obrigação para as empresas concessionárias de transmissão e de distribuição de energia elétrica.

Neste trabalho é apresentada a experiência adquirida em 25 anos com o uso de um modelo de torre de emergência, denominado "Delta", na recuperação de linhas de transmissão de 138, 230 e 440 kV, no estado de São Paulo, nas Concessionárias CESP e CTEEP (sucessora da CESP para o sistema de transmissão), tendo o mesmo modelo sido utilizado também em linhas de até 500 kV em outras Concessionárias.

PALAVRAS-CHAVE

Torre de Emergência, Linhas de Transmissão, Manutenção.

1.0 - INTRODUÇÃO

O Modelo de torre de emergência utilizado hoje por diversas concessionárias teve origem em 1978 através de uma busca efetuada pela CESP, após ter registrado o primeiro sinistro com queda de estruturas de LT de 440 kV. Caíram 6 estruturas metálicas e a única solução disponível àquela época para o restabelecimento foi a reconstrução total do trecho afetado pois a empresa não dispunha de um sistema de emergência para atendimento de linhas daquele porte.

Dessa busca foi selecionado um modelo de torre sugerido pela Postes Seccionais Brasil, fabricante de postes metálicos instalada em Itajaí-SC (atualmente Seccional Brasil S/A, instalada em Curitiba-PR). O modelo de torre, formado por dois postes metálicos tubulares montados em forma de "V" invertido e sustentado por estais, foi escolhido em função do reduzido peso das peças, permitindo o transporte manual, a facilidade de montagem, a facilidade de embalagem e transporte, a versatilidade de uso, possibilitando atender várias classes de tensão, e o custo relativamente baixo. Após adaptações e modificações especificadas pela CESP surgiu o modelo atual, dimensionado para 230 kV porém atendendo plenamente LTs até 550 kV em situações de emergência.

2.0 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA TORRE DELTA

A torre Delta é formada por dois mastros tubulares, tendo cada mastro 9 seções cônicas, com diâmetro variando de 15 a 30cm, feitas de chapas de aço patinável e galvanizadas. As seções são encaixadas manualmente uma a uma e tracionadas internamente por um tirante de cabo de aço. Os mastros dispostos em forma de "V" invertido, são unidos entre si por 6 treliças feitas de tubos de aço de 75mm de diâmetro e 2 pares de tirantes de cabos de aço. Os braços, ou mísulas, são também feitos de tubos de aço de 50 a 75mm de diâmetro.

A torre é montada no solo e içada por guindaste ou guincho com cabos de aço ou ainda manualmente por talha de alavanca, com uso de mastro auxiliar de içamento, o que a torna independente de maquinário em locais de difícil acesso. Os mastros são apoiados sobre bases articuláveis tipo grelha e a torre é estabilizada por 4 estais de cabos de aço na configuração suspensão, sendo acrescentados mais 2 estais transversais após instalação dos cabos condutores.

Dimensões e carregamento mecânico – montagem convencional (ver Figura 1)

Altura total: 23,1m

Altura útil braço inferior: 16,0m

Peso total montada: 1930 kg

Peso da maior peça: 85 kg

Peso do feixe embalado com os 2 mastros: 1170 kg.

Carga vertical nominal 850 kg/fase (até 1000 kg na montagem/manutenção)

Carga nominal na ancoragem: 1800 kgf

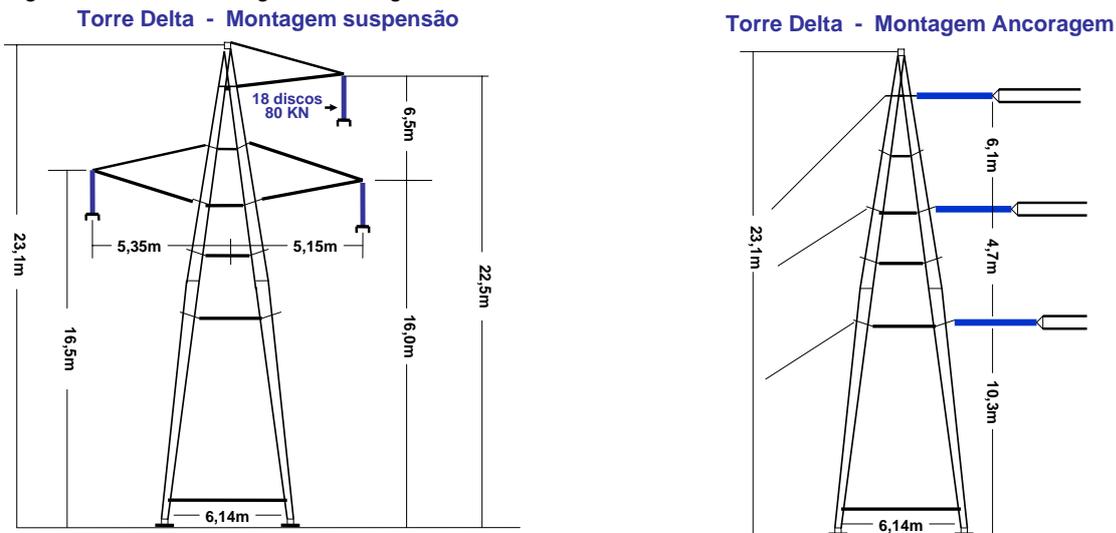


FIGURA 1 – Torre Delta, montagem como ancoragem e suspensão para até 550 kV com 2 cabos/fase

Dimensões e carregamento mecânico – montagem chainette (ver Figura 2)

Altura total: 23,1m

Distancia entre eixos das 2 torres: 20m

Altura útil braço inferior: 17,6m

Carga vertical nominal : 1800 kg/fase

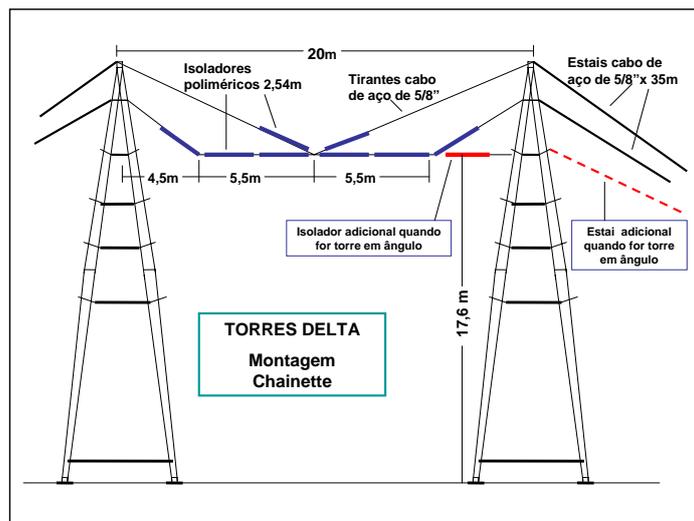


FIGURA 2 – Torres Delta em montagem Chainette, indicada para feixes de cabos e/ou maior altura fase-solo

3.0 - A EXPERIÊNCIA ADQUIRIDA COM USO DAS TORRES DELTA

O primeiro conjunto de 30 torres Delta foi adquirido pela CESP em 1979, sendo elaborado o primeiro plano de atendimento de emergência e treinadas todas as equipes de manutenção de linhas de transmissão.

A primeira utilização prática ocorreu em junho de 1980 para recuperação provisória da LT 230 kV Assis-Londrina, com queda de 4 estruturas metálicas. Em outubro de 1981 a CESP se deparou com o maior sinistro ocorrido no Brasil até esta data. Uma mesma tempestade pôs ao solo 65 estruturas de 2 linhas de transmissão de 440 kV e uma de 138 kV, todas de circuito duplo, com 31, 18 e 16 estruturas tombadas respectivamente. Como o conjunto de emergência era insuficiente, foi priorizado um trecho de 5 km da LT 440 kV Ilha Solteira–Bauru para construção da variante de emergência, enquanto se reconstruíam os outros 3 km da mesma LT. Nesse atendimento foi usada pela primeira vez a configuração da "Figura 1", com 2 cabos 636 MCM por fase (Grosbeak).

Após o ocorrido a CESP complementou o conjunto, adquirindo mais 70 estruturas de emergência e um grande conjunto de acessórios para variantes com 2 cabos por fase, distribuindo o conjunto em pontos estratégicos dentro do estado de São Paulo.

A configuração "chainette" foi utilizada pela primeira vez na LT 440 KV Taquaruçu-Jupuí, em 1996, sendo construída variante com 4 conjuntos chainette com cadeias convencionais no eixo da faixa para substituir 2 torres estaiadas caídas. Posteriormente foram feitas melhorias no modelo, com compactação do feixe central usando isoladores poliméricos, chegando ao modelo atual, que foi utilizado em dezembro de 2003 na LT 440 kV Jupuí-Bauru (pertencente à CTEEP, sucessora da CESP na área de transmissão), com queda de 9 estruturas de circuito duplo. Na recuperação provisória foram utilizados 16 conjuntos chainette em variante lateral da faixa usando os feixes de 4 cabos do circuito 1 da linha avariada.

Em fevereiro de 2004 a CTEEP construiu a maior variante de emergência de que se tem notícia no Brasil, para restabelecer 1 circuito da LT 440 kV Jupuí-Bauru (CTEEP), com queda de 30 estruturas de circuito duplo, no município de Castilho - SP. Nessa ocorrência foram utilizadas 71 torres Delta em configuração convencional (Figura 1), numa extensão de 13,5km, permanecendo a variante energizada por um período de quase 3 meses enquanto se reconstruía a linha tronco, sendo necessário adquirir cerca de 50 % das estruturas necessárias para o trecho afetado.

As torres Delta tem sido empregadas também com frequência em atendimentos de LTs de 138 kV, incluindo obras de substituição de estruturas para alteamento de cabos ou para instalação de estruturas de derivação.

4.0 - ESQUEMAS UTILIZADOS PARA VARIANTES DE EMERGÊNCIA

4.1 Variante de emergência na lateral da faixa

Esse esquema é o mais utilizado pois deixa livre a faixa da linha avariada para a reconstrução definitiva. Pode-se aproveitar os cabos da linha avariada para construção da variante, efetuando-se os reparos necessários. Um dos problemas dessa alternativa é a necessidade de utilizar uma pequena faixa adicional além da faixa da LT.

A distância entre os cabos da variante e da linha avariada deve ser tal que permita a reconstrução sem desligamento da variante. Procura-se deixar um mínimo de 8m, para qualquer classe de tensão, podendo se trabalhar com distâncias menores, condicionado ao monitoramento constante durante as obras para se evitar acidentes.

A figura 3 ilustra a utilização desse esquema com lançamento de cabos.

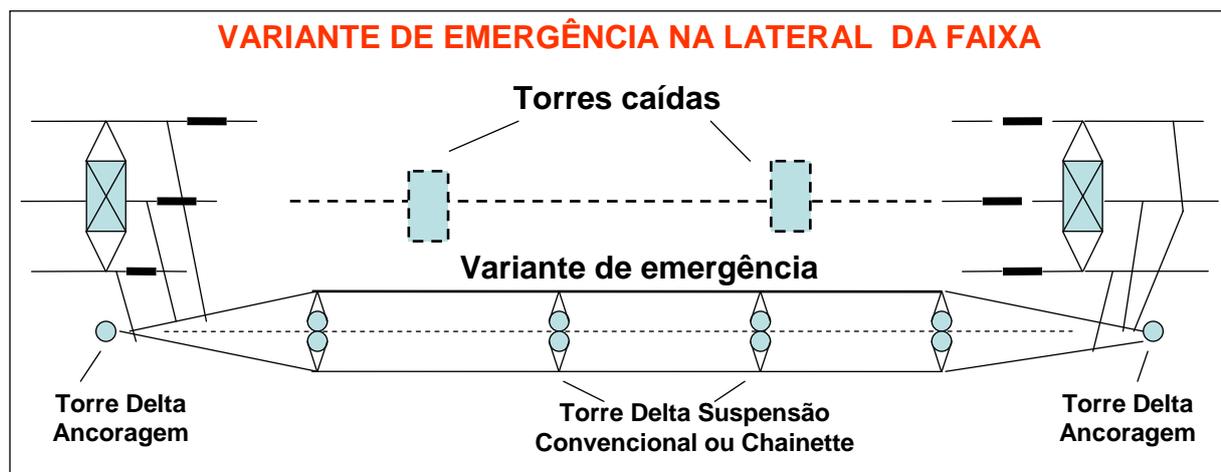


FIGURA 3 – Variante de Emergência na Lateral da Faixa com uso de Torres Delta e lançamento de cabos

4.2 Variante de emergência no eixo da faixa

Esse esquema é utilizado em situações especiais quando não se tem as laterais da faixa livres para a montagem da variante de emergência e/ou quando não se tem em estoque as estruturas para a reconstrução definitiva. A opção por esse esquema deve ser precedida por uma análise criteriosa dos diversos fatores envolvidos, dentre os quais a urgência no restabelecimento, recursos materiais e humanos disponíveis, custos envolvidos, etc...

Como principais vantagens esse esquema permite o restabelecimento mais rápido se houver agilidade na desobstrução da área e facilidade de liberação dos cabos que serão utilizados. Esse esquema dispensa a ancoragem ao solo das fases. Pode-se optar por sectionar os cabos e instalar cadeias e jampes provisórios quando se pretende construir posteriormente uma outra variante, liberando a faixa para a reconstrução.

Como principal desvantagem está o tempo de desligamento relativamente longo para o retorno definitivo (quando não for construída a segunda variante). No caso de construção da segunda variante, os custos são relativamente elevados, comparados com o esquema convencional.

Esse esquema está ilustrado na "Figura 4".

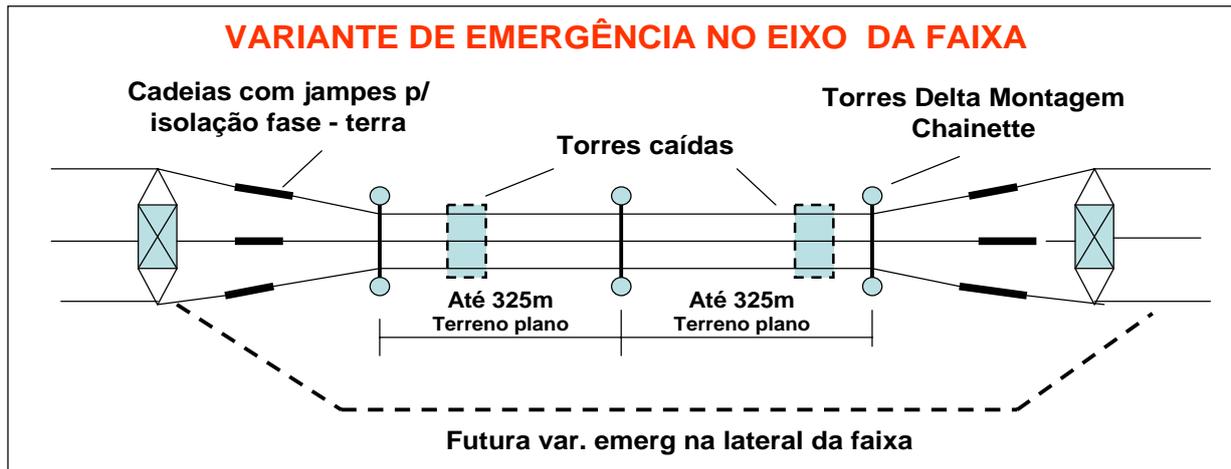


FIGURA 4 – Variante de Emergência no eixo da Faixa com uso de conjuntos chainette, aproveitando os feixes de cabos da linha avariada. Exige outra variante posterior na lateral ou desligamento prolongado para a reconstrução da linha avariada.

4.3 Variante de emergência em circuito Vertical na lateral da faixa

Esse esquema é utilizado com frequência em ocorrências de linhas até 138 kV de circuito duplo vertical, construindo-se uma variante para um dos circuitos ou duas variantes, conforme a necessidade. Geralmente são aproveitados os cabos da linha avariada afastando-os da linha avariada em distância que permita a reconstrução. O retorno dos cabos para a linha definitiva é efetuado com o desligamento de um circuito por vez, havendo a possibilidade de retorno com a linha energizada, por equipe especializada.

A "Figura 5" ilustra esse esquema.

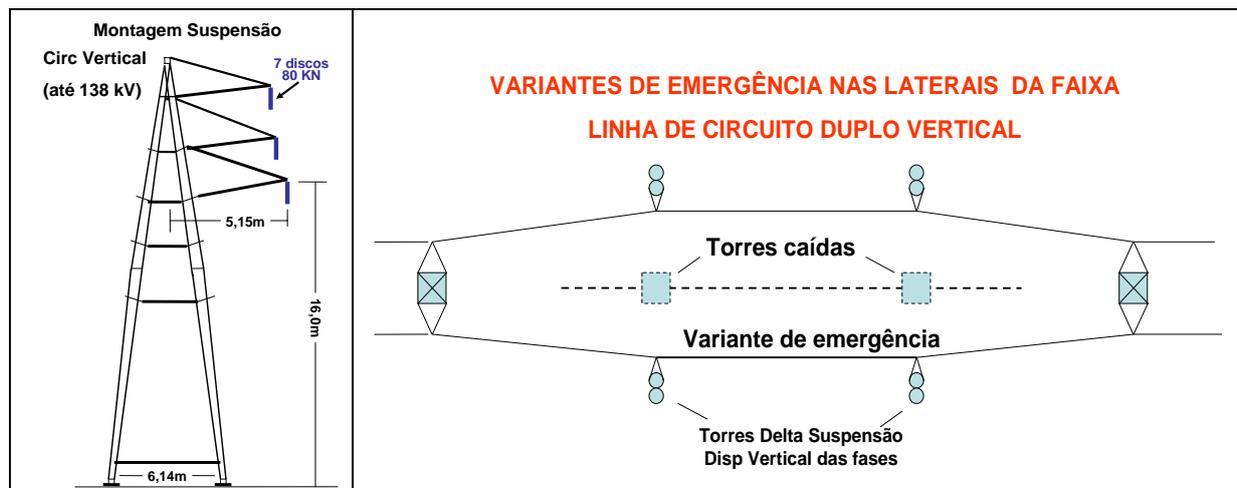


FIGURA 5 – Variante em circuito vertical na lateral da faixa

5.0 - ANÁLISE COMPARATIVA COM OUTROS MODELOS DE TORRES DE EMERGÊNCIA

Existem no mercado diversos fornecedores de torres de emergência de alumínio, quase todos importados dos Estados Unidos e Canadá. Essas torres tem como ponto forte a versatilidade, possibilitando compor os módulos e atender diversas configurações como suspensão e ancoragem para todas as classes de tensão. Outro ponto forte é a possibilidade de montagem com altura elevada, podendo transpor obstáculos altos como reservas florestais e cruzamento sobre outras linhas de transmissão.

O ponto negativo é o alto custo, muitas vezes superior ao de estruturas de aço tipo Delta.

Uma análise comparativa entre as torres de alumínio e as torres de aço tipo Delta é mostrada na “Tabela 3”.

TABELA 3 – Análise comparativa Torre Delta x Torre de Alumínio

Característica	Análise Comparativa
Peso	A torre de aço tipo delta de 23m é um pouco mais pesada que uma torre monomastro de alumínio, porém os módulos de aço são individualmente mais leves (máx 85 kg) que os de alumínio (120 kg cada módulo de 2,58m ou até 220 kg, conforme o modelo/fabricante).
Capacidade de carga	São equivalentes. Embora os limites não sejam bem conhecidos ambas podem suportar carregamentos pesados na montagem chainette. Já na montagem com braços, as de aço tipo delta suportam cargas verticais maiores (850 a 1000kg contra cerca de 500 kg nas de alumínio com braços com isoladores poliméricos).
Altura	As estruturas de aço são limitadas pela sua altura máxima de 23m e útil de 16m (braço inferior). As de alumínio não possuem essas limitações. O modelo padrão tem altura de 30m, podendo ser aumentado acrescentando-se mais módulos
Sistema de Estaiamento	Não há grandes diferenças. Ambos os modelos exigem estais e âncoras. Alguma vantagem para as Torres Delta que, por possuírem 2 bases, não exigem um posicionamento rigoroso dos estais e se equilibram facilmente. Como desvantagem, exigem a montagem no solo e içamento, enquanto que as torres de alumínio podem ser montadas na vertical módulo a módulo, sem requerer equipamentos de içamento.
Custo	A vantagem é enorme para as estruturas de aço tubular tipo delta que custa cerca de US\$15.000,00 a unidade (base jan/05 : 1US\$ = 2,70 Reais). Os modelos de alumínio com 30m altura e isolamento para 230 kV Circuito Triangular custam cerca de US\$75.000,00 ou mais, ou seja , 5 vezes mais que as Torre Delta.
Tempo de Montagem	É praticamente o mesmo para os 2 modelos, aço e alumínio, em torno de 2,5 horas para montagem de uma unidade convencional ou de 4 a 5 horas para a montagem chainette.

Os modelos são complementares. Um sistema recomendado seria um estoque de Torres Delta, de baixo custo, permitindo atender adequadamente diversas situações e se ter escala para grandes ocorrências e algumas Torres de alumínio, de maior custo, para atendimento de casos especiais.

6.0 - PLANEJAMENTO DO ATENDIMENTO DE EMERGÊNCIA

O sucesso no atendimento de emergência requer um planejamento prévio prevendo a diversidade de situações conforme as características do sistema de transmissão existente. Não basta ter um conjunto de estruturas de emergência adequado. Nos últimos 25 anos a CESP e sua Sucessora CTEEP tiveram 40 ocorrências com quedas de torres metálicas de linhas de transmissão, sendo que em 14 desses casos a recuperação provisória foi efetuada com emprego das torres de emergência tipo Delta. A experiência adquirida e a revisão permanente dos planos e procedimentos de trabalho, de forma a reduzir ao mínimo os “imprevistos”, tornou o atendimento de emergência um dos pontos fortes da empresa.

6.1 Conjunto de Emergência

O conjunto de emergência deve contemplar o atendimento a situações consideradas críticas para o sistema, em que a recuperação definitiva não seja indicada de forma emergencial, seja pelo longo prazo ou pela necessidade de se manter um grande estoque de estruturas para todas as situações, o que é anti-econômico.

Para sistemas geograficamente extensos é recomendável a distribuição do conjunto em pontos estratégicos de forma a agilizar o início dos trabalhos de recuperação. Não há necessidade de um conjunto completo em cada localidade, sendo prático considerar ter o suficiente para as primeiras 48 horas, prazo suficiente para o remanejamento de conjuntos distantes ou de uma base centralizada.

No todo, o conjunto deve ser completo, contemplando equipamentos para acampamento, comunicação e ferramental básico e materiais para ancoragem de cabos, cuja aquisição ou locação não ocorre de forma imediata, mesmos nas regiões com maiores recursos. O mesmo ocorre para conjuntos de iluminação se forem previstos trabalhos noturnos. Já para o maquinário pesado (guindastes, tratores e retroescavadeiras) deve ser feita uma análise em cada região visto que na região sudeste tem sido fácil a sua locação de forma imediata em diversas ocorrências.

6.2 Plano de atendimento a contingências

O Plano de Contingências deve conter:

- Fluxograma para acionamentos e tomada de decisões, com áreas responsáveis por cada atividade, nomes e telefones de emergência
- Cadastro dos recursos materiais disponíveis contendo:
 - Torres de emergência e acessórios
 - Estruturas de reserva
 - Máquinas próprias e Locadores de máquinas (guindastes, tratores, retroescavadeiras, caminhões guindauto)
 - Veículos de transporte próprios e de terceiros
 - Equipamentos para canteiro de obras (Containers, Barracas, Geradores de energia, Sanitários móveis, Conjunto escritório de campo, Conjunto de comunicação, Conjunto de iluminação, etc..)
- Cadastro de recursos humanos disponíveis contendo:
 - Equipes de manutenção com respectiva composição
 - Cadastro de empreiteiros com mão de obra especializada
- Tabelas orientativas dos quantitativos a serem acionados conforme a extensão dos danos, envolvendo recursos materiais e humanos

6.3 Treinamento das equipes

É fundamental o treinamento e a reciclagem periódica das equipes no uso das torres de emergência. Em atendimentos de emergência, as lideranças geralmente são requisitadas para outras frentes tais como inspeção, expedição dos materiais, seleção de materiais, auxílio nos trabalhos de engenharia, organização do canteiro, comunicação com áreas centralizadas, desobstrução de vias públicas e de acesso e outros que as impede de coordenar diretamente os trabalhos de construção da variante de emergência. Desta forma é importante que as equipes devem estar capacitadas para executar as atividades sem a supervisão direta.

6.4 Organização das Frentes de Trabalho

A Tabela 1 contém uma indicação estimativa dos recursos humanos necessários para a recuperação provisória com torres de emergência para uma queda de 5 estruturas metálicas de circuito simples de linha de 440 ou 500 kV com feixes de cabos.

A importante a mobilização do pessoal de apoio rapidamente é de forma a retirar do pessoal técnico as atividades paralelas permitindo dirigir o foco para as atividades de recuperação da LT avariada.

A Tabela 2 contém a estimativa dos recursos materiais necessários para a mesma ocorrência. Não estão contemplados os materiais para a recuperação definitiva da linha avariada.

É fundamental para o sucesso da recuperação se movimentar o mais rápido possível os recursos de comunicação e de escritório de campo, evitando perda de tempo nos processos de comunicação e facilitando a coordenação das frentes de trabalho.

TABELA 1 – Recursos Humanos Necessários – Simulação para queda de 5 estr Circ Simples 440 – 500 kV

RECURSOS HUMANOS NECESSÁRIOS			
EQUIPES PARA MONTAGEM DA VAR EMERG NA LATERAL DA FAIXA	Quant	EQUIPE DE COORDENAÇÃO E APOIO	Quant
Supervisão de Campo (eng)	1	Supervisão e Engenharia	2
Locação da Variante / Coord. Técnica	4	Técnico de Segurança	1
Constr. Mortos Ancor. Fases	4	Téc administr Pessoal, Suprim. Div	1
Constr. Mortos da Variante	8	Téc admin. Hosped / Aliment / Abast veíc	1
Ancoragem cabos LT Avariada	12	Tec Manut Veículos	1
Montagem Torres de Emerg	30	Técnico Contr / exped de Materiais	1
Içamento Torres de Emerg	14	Auxiliares controle de Materiais	2
Lançamento Cabos Variante	20	Técnico Comunicação e informática	1
Tracionam e regulagem cabos	16	SUBTOTAL	10
Conexão dos Jampes à LT Avar.	20	Nota: As quantidades indicadas em vermelho correspondem a profissionais liberados das frentes de trabalho anteriores	
Grampeam e instal espaçadores	12		
SUBTOTAL	58		

TABELA 2 – Recursos Materiais Necessários – Simulação para queda de 5 estruturas de Circ Simples 440 – 500 kV

ÍTEM	MATERIAIS	Quant	ÍTEM	VEÍCULOS, MÁQ E EQUIPAMENTOS	Quant
1	Conj. De Estropos e acessórios p/ ancor 1 fase	6	1	Tratpr de esteira c/ operador	1
2	Torre Emerg Delta c/ caixa ancor p/ 2 cabos	4	2	Guindaste capac mín 10 ton - lança 20m	2
3	Torre Emerg Delta c/ caixa suspensão 2 cabos	16	3	Guindaste capac mín 30 ton - lança 50m	1
4	Conj estropos e toras para mortos p torre emerg	80	4	Trator traçado capac tração 4 ton	1
5	Conj c/ tirantes c. de aço e 10 isol polimér. p/ montagem Chainette	6	5	Veículos de Apoio e Transporte de operad máquinas	3
6	Conjunto de Montagem e Içamento	4	6	Retrocavadeira	2
7	Cavalete para bobina de cabos	4	7	Caminhão Guindauto	3
8	Bobina de cabo condutor mín 1800m	13	8	Caminhão Basculante	1
9	Conj luvas tração e luva emenda para pux cabos	4	9	Viaturas de Linha c/ Tração 4 x 4	14
10	Conj Ânc. Manta Ray c/ B. Hidrául., Matelete e Macaco	1	10	Kit Escritório c/ Gerador, Computador e acessórios	1
11	Dinamômetro 5000 kg	2	11	Kit Oficina c/ Gerador	1
12	Isoladores tipo disco de 80 ou 120 kN	1000	12	Kit Comunicação	1
13	Emenda Preformada Total para cabo condutor	8	13	Kit iluminação para trabalhos noturnos	1
14	Protetor Preform p/ cabo condutor (reparo peq)	20			

7.0 - CONCLUSÕES

As torres de emergência de aço tubular tipo Delta são ainda bastante úteis para atendimento a contingências em linhas de transmissão até 550 kV, apresentando grande versatilidade, facilidade de montagem, armazenagem e transporte, aliado ao baixo custo do investimento e manutenção do conjunto.

A mudança para um conjunto de torres de alumínio, face ao alto investimento necessário, deve ser considerada como complementar, visando atender apenas os pontos em que as torres Delta não atendem.

Ambos os modelos podem conviver harmonicamente em uma mesma variante provisória de emergência.

8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Catálogos de fornecedores de torres de emergência.
- (2) Plano de Atendimento a Contingência de LTs da CTEEP.
- (3) Instrução Normativa de Montagem de Variantes de Emergência da CTEEP.

9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Nome: Ismar Esaú dos Santos

Nascido em 19/07/1953 em Baependi, MG

Graduado em engenharia Elétrica pela EFEI – Itajubá, em julho de 1977

Experiência Profissional:

nov/1977 a out/1978 - Fermenta Prod Químicos Amália, S. A –engenheiro de manutenção elétrica industrial.

jan/1979 a fev/2004 - CESP – Cia Energética de São Paulo e CTEEP – Cia de Transmissão de Energia Elétrica , tendo ocupado entre abril/1996 e fev/2004 o cargo de Gerente da “Divisão de Manutenção de Linhas de Transmissão” e posteriormente “Divisão de Linhas Aéreas e Subterrâneas”, com participação ativa nos processos de desenvolvimento de técnicas e processos de inspeção de linhas, manutenção de linhas energizadas, restabelecimento de linhas avariadas por quedas de estruturas.

Atualmente: Consultor autônomo em assuntos diversos de manutenção de linhas de transmissão e atendimento a contingências em LTs.

FOTOS DE TORRES DE EMERGÊNCIA UTILIZADAS EM VARIANTES PROVISÓRIAS



FIGURA 6 – Torre Delta em variante de LT 440 kV



FIGURA 7 – Variante LT 440 kV com 71 torres Delta



FIGURA 8 – Conjunto chainette com 2 torres Delta 440kV



FIGURA 9 – Abertura circ 138 kV para alteam de cabos



FIGURA 10 – Conjunto chainette de alumínio(Lindsey)



FIGURA 11 – Torre de alumínio 138 kV (Towersolutions)