



**XXII SNPTTE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GMI/14  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO – XII**

**GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO - GMI**

**COMPARATIVO TÉCNICO ENTRE ESTRUTURAS DE MONTAGEM RÁPIDA. A ESCOLHA CORRETA DAS CONFIGURAÇÕES DAS VARIANTES DE EMERGÊNCIA COMO PRINCIPAL FERRAMENTA A FAVOR DO TEMPO DE RECOMPOSIÇÃO. EXPERIÊNCIAS DE SUCESSO EM TEMPOS DE PARCELA VARIÁVEL.**

Fabiano Ribeiro Faria \*

Rogério Lavandoscki

**RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo demonstrar experiências práticas da CTEEP no atendimento a queda de torres, nas tensões de 138 kV e 400 kV utilizando vários tipos de estruturas de emergência.

Todas as técnicas e equipamentos utilizados tiveram sucesso comprovado, sendo utilizados em diversas condições, porém pretende-se compará-los entre si, destacando seus principais pontos fortes e fracos.

Já que cada ocorrência exige um estudo específico da situação, rápido e preciso, com suas variáveis locais, a comparação proposta neste trabalho pode servir de base para a escolha do tipo de estrutura em sua melhor configuração para futuras aplicações em situações similares.

**PALAVRAS-CHAVE**

Linhas de Transmissão, Queda de torres, Estruturas de Emergência, Monomastro, Chainete.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

Nossas linhas de transmissão e todos os seus componentes são imprescindíveis para o bom funcionamento do sistema elétrico. Destes componentes, mesmo sendo consideradas robustas e eficazes, as torres por vezes são atingidas por fatores externos que provocam seu colapso.

Em consequência disso, além da interrupção da transmissão de energia, se a recomposição não for feita com muita agilidade e eficiência, as perdas técnicas e econômicas podem crescer em progressão geométrica.

Para minimizar estas perdas, o atendimento a ocorrências de falência de torres é feito através da instalação de estruturas emergenciais em forma de variantes.

Neste trabalho, são apresentadas técnicas utilizadas com sucesso na aplicação de estruturas de emergência em ocorrências com estruturas de linhas de transmissão de 138 e 440 kV.

São elas:

- Aplicação de estrutura de seção quadrada de alumínio em substituição a estrutura abalroada – 138 kV;
- Utilização de estruturas tubulares de aço em formato “Delta” com a configuração chainete compacta – 440 kV;
- Utilização de estruturas triangulares de aço sustentando a configuração chainete convencional – 440 kV;
- Utilização de estruturas triangulares de aço monomastro – 440 kV.

Baseados nas experiências acima citadas, demonstra-se de forma clara como os recursos disponíveis foram aplicados para minimizar o tempo de interrupção da transmissão.

(\*) Rodovia Cmte João Ribeiro de Barros, km 348 – CEP 17.015-970 Bauru – S.P. – Brasil  
Tel: (+55 14) 3109-2272 – Fax: (+55 14) 3109-2288 – email: ffaria@ctEEP.com.br

Serão abordados e comparados:

- dados técnicos;
- características;
- configurações das estruturas;
- configurações das variantes de emergência.

Com isso, traça-se um paralelo entre as ocorrências e seus consequentes atendimentos, salientando a importância da escolha da melhor estrutura e configuração disponível para cada necessidade.

## 2.0 - ESTRUTURAS UTILIZADAS

Este trabalho inicia-se fazendo a apresentação das estruturas utilizadas na prática, mostrando suas principais características, silhuetas e detalhes construtivos.

Neste trabalho serão abordadas as estruturas:

- Delta;
- Monomastro de alumínio e seção quadrada;
- TET - Torre de Emergência Triangular.

### 2.1 Delta

Adquiridas pela empresa na década de 1980, as estruturas tubulares do tipo delta vêm sendo amplamente utilizadas, reafirmando sua confiabilidade quando do atendimento a quedas de estruturas.

#### 2.1.1 Dados Técnicos

- Fabricante: SECCIONAL
- Nacionalidade : Brasileira
- Material : aço patinável (Cortain)
- Dimensões dos módulos : tubos 3m comprimento com 15 a 30 cm de diâmetro
- Peso dos módulos : de 30 a 85kg
- Braços : tubulares
- Altura total: 23m
- Altura útil fase inferior : 16m
- Vão médio : 300m

#### 2.1.2 Características

A estrutura Delta é formada por dois mastros tubulares, tendo cada mastro 9 seções cônicas. 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.

Nas Figuras 1 e 2 pode-se observar as silhuetas da estrutura Delta, nas configurações suspensão para circuito único e chainete, respectivamente.

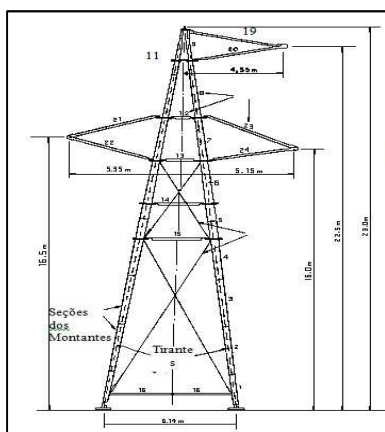


FIGURA 1 - Silhueta torre Delta

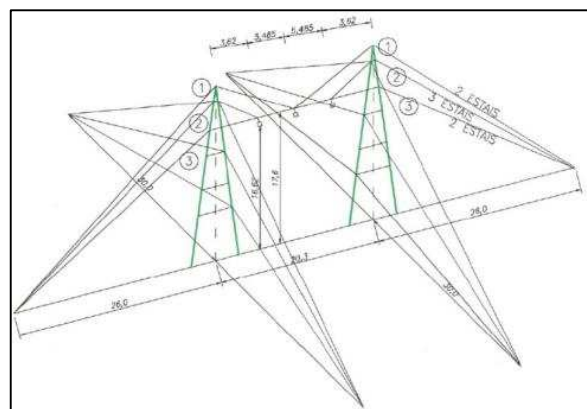


FIGURA 2 - Silhueta torre Delta em configuração Chainete

### 2.2 Monomastro alumínio

De concepção mais atual, este tipo de torre foi importada pela CTEEP em 2006 e consiste em mais uma ferramenta ao atendimento a emergências.

### **2.2.1 Dados Técnicos**

- Fabricante: TOWER SOLUTIONS
- Nacionalidade : Canadá
- Material : alumínio estrutural 6061-T6
- Dimensões dos módulos : 0,46X0,46X2,6m
- Peso dos módulos : 124 kg
- Braços : Isoladores poliméricos rígidos
- Altura total: de 13 a 40m
- Altura útil fase inferior : 6 a 31m
- Vão médio : 300 a 450m

### **2.2.2 Características**

O sistema emergencial é composto basicamente de um conjunto de módulos para montagem de mastros (colunas) que são devidamente estaiados ao solo, montado sobre uma base articulada.

A Figura 3 mostra a silhueta da estrutura enquanto a figura 4 mostra a configuração Chainete com detalhes das conexões mecânicas.

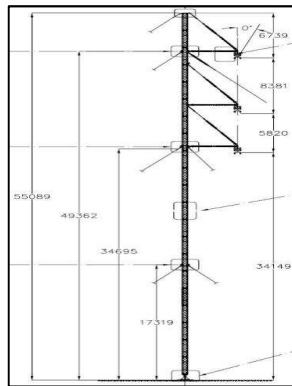


FIGURA 3 - Silhueta monomastro de alumínio

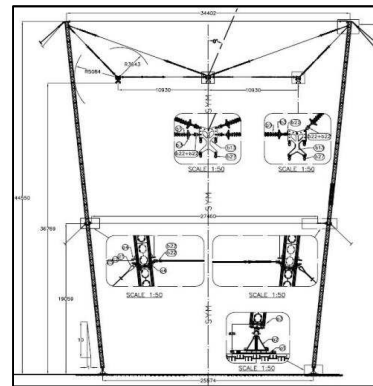


FIGURA 4 - Silhueta monomastro de alumínio em configuração Chainete

## **2.3 TET – Torre de emergência triangular**

Utilizadas em parceria com a empresa ETEO desde 2008 e adquiridas pela CTEEP no final do ano de 2009, as estruturas TET foram incorporadas ao atendimento de emergências de forma amigável e extremamente produtiva.

### **2.3.1 Dados Técnicos**

Fabricante: SECCIONAL  
 Nacionalidade : Brasileira  
 Material : aço patinável (Cortein)  
 Dimensões dos módulos : módulos de 3 e 6m  
 Peso dos módulos : 300 kg (quando montados)  
 Braços : tubulares  
 Altura total: 12 a 36m  
 Altura útil fase inferior : 9 a 30,9m  
 Vão médio : 450m

### **2.3.2 Características**

A concepção das estruturas TET visou construir um monomastro estaiado, com módulos de 3 e 6m de comprimento, aparafusados entre si, contendo peças com no máximo 140 kgf de peso, inclusive a base, possibilitando transporte manual com facilidade.

A TET possibilita a montagem manual na posição vertical, em espaço reduzido, com ferramentas manuais ou pequenos guinchos, sem necessidade do uso de guindastes. Isso está entre seus pontos fortes.

Esta estrutura utiliza braços metálicos, permitindo uso de cadeias convencionais com isoladores tipo disco ou isoladores poliméricos.

Possibilita montagem monomastro em suspensão, ancoragem ou Chainete, com capacidade mecânica para vão vento e vão peso de até 450m, utilizando 2 ou 4 cabos Grosbeak (636 MCM) respectivamente.

A seguir, a figura 5 mostra a silhueta da TET na configuração suspensão para 36m, enquanto a figura 6 mostra a mesma estrutura na configuração Chainete.

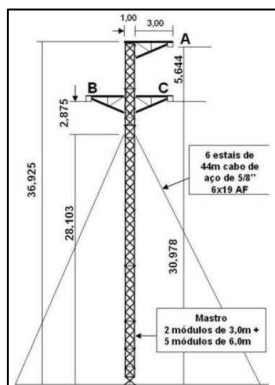


FIGURA 5 - Silhueta TET

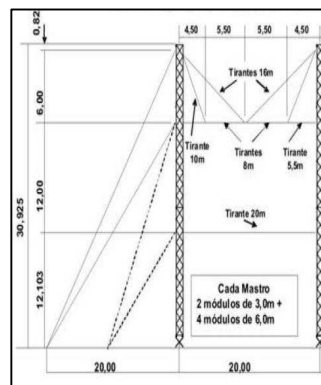


FIGURA 6 - Silhueta TET na configuração Chainete

### 3.0 - ESTRUTURA DE SEÇÃO QUADRADA DE ALUMÍNIO EM SUBSTITUIÇÃO A ESTRUTURA ABALROADA POR CAMINHÃO – 138 KV

A primeira aplicação a ser demonstrada é a instalação de uma estrutura de alumínio de seção quadrada substituindo uma estrutura de 138 kV de circuito duplo danificada por abalroamento.

#### 3.1 INFORMAÇÕES DA LT

- LT 138 kV Embu – Peruíbe
- Nº de circuitos – 2
- Cabo condutor – 336,4 MCM – Oriole
- Cabo Para-raios – 2 X 3/8"
- Extensão – 61,7 km

#### 3.2 DESCRIÇÃO DA OCORRÊNCIA

A LT 138 kV Embu – Peruíbe tem grande parte de seu traçado percorrendo uma estreita faixa de terra que tem de um lado a movimentada Rodovia Padre Manoel da Nóbrega e do outro uma área de pântano e floresta.

Esta LT teve interrupção da sua função em virtude de um abalroamento por caminhão. O veículo perdeu a direção, saiu da pista e atingiu a estrutura nº 211, ocasionando colapso parcial da mesma.

O circuito 1 da LT foi restabelecido após ser transferido para postes de concreto implantados junto à margem da rodovia, enquanto o circuito 2 necessitou de uma estrutura mais alta.

#### 3.3 CONFIGURAÇÕES UTILIZADAS

Em virtude de a estrutura estar situada em área de pântano, a solução dos postes não pode ser adotada para o outro circuito. O restabelecimento do circuito 2 só foi possível após a implantação de uma estrutura de emergência de alumínio de seção quadrada.

A Figura 7 mostra a estrutura de emergência implantada e com os cabos condutores do C1 instalados.



FIGURA 7 - Vista dos cabos instalados na estrutura

Foram utilizados 9 módulos totalizando cerca de 24m de altura do topo e cerca de 18m de altura útil para a fase inferior. Isso possibilitou a transposição dos vãos a vante e a ré com segurança.

### 3.4 FATORES QUE INFLUENCIARAM A UTILIZAÇÃO

Os principais fatores que influenciaram esta utilização foram:

- Facilidade no transporte;
- Tamanho e peso dos módulos da estrutura;
- Braços poliméricos e curtos;
- Necessidade apenas de transposição dos cabos;

### 4.0 - UTILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS DE AÇO TUBULARES FORMATO “DELTA” E MONOMASTRO TRIANGULAR SUSTENTANDO A CONFIGURAÇÃO CHAINETE – 440 KV;

Este capítulo apresentará a configuração Chainete sendo sustentada por estruturas tubulares formato Delta e por estruturas monomastro tipo TET.

#### 4.1 Informações da LT

- LT 440 kV Bauru – Cabreúva
- Nº de circuitos – 2
- Cabo condutor – 636 MCM – Grosbeak
- Cabo Para-raios – 2 X 3/8"
- Extensão – 236,5km

#### 4.2 Descrição da ocorrência

No dia 29/10/2008 a LT 440 kV Bauru / Cabreúva foi atingida por uma tempestade que causou a queda das estruturas 92 a 97 (total de 6 estruturas, 2.900m) na região de Bauru.

A recomposição emergencial do circuito 2 da LT foi iniciada primeiro, pois seus cabos estavam sobre os demais. Em virtude de várias condições optou-se pela construção de variante de emergência com chainetes convencionais paralelas ao eixo da LT, utilizando seus próprios cabos condutores. Para isso foram utilizadas estruturas do tipo TET.

O circuito 1 foi recuperado na sequência, também utilizando os cabos da própria LT suspensos por chainetes compactas, porém foi necessária a utilização de estruturas tubulares de aço do tipo “Delta”.

#### 4.3 Configurações utilizadas

Conforme descrito acima, foram utilizados dois tipos de estruturas com duas configurações similares porém distintas, que serão descritas a seguir:

##### 4.3.1 Circuito 2 - TET sustentando chainete convencional

Baseados nas características técnicas e na robustez das TET, optou-se por instalar um conjunto de chainetes para cada estrutura avariada, utilizando-se 6 conjuntos para os cerca de 2.900m de variante, com vãos alcançando os 450m (1 conjunto para cada estrutura danificada).

A Figura 8 detalha a construção dos tirantes da chainete tradicional utilizada em conjunto com as TET.

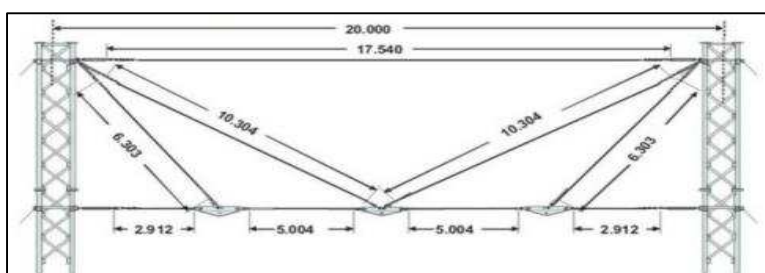


FIGURA 8 - Detalhes construtivos da chainete

Procedeu-se com a desobstrução e identificação dos cabos, locação da variante, montagem das TET e dos tirantes das chainetes.

Na Figura 9 pode-se observar o içamento dos dois mastros interligados pela chainete, com isoladores acoplados. Esta possibilidade proporcionou ganho considerável de tempo. A Figura 10 mostra o içamento dos feixes de cabos diretamente do solo aos isoladores, proporcionando o equilíbrio e a segurança dos conjuntos.



FIGURA 9 - Vista do içamento de dois mastros interligados pela chainete



FIGURA 10 - Vista do içamento dos feixes de cabos

Confirmando as boas escolhas feitas, a energização deste circuito ocorreu 5 dias após a queda, no dia 03 de novembro.

#### **2.1.1. Circuito 1 - Delta sustentando chainete compacta**

Para a recuperação do circuito 1 optou-se pela utilização das estruturas Delta sustentando chainetes compactas.

Como é sabido, as Delta dispõem de apenas 23m de altura total, com 17,1m de altura útil. Desta forma a melhor opção foi a aplicação de chainetes compactas, que tem isoladores poliméricos diretamente nos tirantes, proporcionando um ganho de 2,3m na altura cabo-solo, conforme demonstrado na figura 12.

Da mesma forma que nas TET, as estruturas foram içadas simultaneamente, conforme Figura 16.



FIGURA 11 - içamento das duas estruturas Delta interligadas pela chainete compacta



FIGURA 12 - içamento dos feixes de cabos

Em seguida ao içamento das estruturas procedeu-se o içamento dos feixes de cabos, como mostrado na Figura A utilização desta configuração possibilitou que a energização fosse feita no dia 09/11/2008, após 5 dias de trabalho neste circuito.

#### **4.4 Fatores que influenciaram a utilização**

A opção pela construção das variantes paralelas utilizando os próprios cabos condutores da LT foi feita em virtude dos seguintes fatores:

##### **4.4.1 Conjunto TET + Chainete convencional**

A escolha desta configuração foi feita em virtude de alguns fatores importantes, dentre eles:

- robustez das TET (içar feixes de 4 cabos Grosbeak em mastros de 36m);
- prática adquirida pela equipe no manuseio destas estruturas;
- altura das TET, pois o uso de chainetes convencionais não comprometeu altura livre do solo;
- aval do fabricante para utilização de chainetes com 36m.

##### **4.4.2 Conjunto Delta + Chainete compacta**

Esta configuração foi escolhida em virtude de alguns fatores importantes, dentre eles:

- quantidade de estruturas TET insuficiente para a conclusão da tarefa e existência de torres Delta suficientes;
- prática da equipe no manuseio destas estruturas adquirida ao longo de décadas;



- chainete convencional compensou a baixa altura das Delta;

## **5.0 - UTILIZAÇÃO DE ESTRUTURAS TRIANGULARES DE AÇO GALVANIZADO MONOMASTRO – 440 KV.**

Neste capítulo será apresentada a utilização das TET monomastro em suspensão e em ancoragem instaladas em variantes independentes.

### **5.1 Informações da Lt**

- LT 440 kV Jupiá - Bauru
- Nº de circuitos – 2
- Cabo condutor – 636 MCM – Grosbeak
- Cabo Para-raios – 2 X 3/8"
- Extensão – 314,1 km

### **5.2 Descrição da ocorrência**

Uma tempestade atingiu a LT 440 kV Jupiá – Bauru no dia 06/04/2009, causando a queda das estruturas 483, 484 e 485 e o comprometimento total da estrutura 485 totalizando 4 torres inutilizadas num trecho de aproximadamente 2.000m.

Como agravantes, o cruzamento com a rodovia SP-383 e a existência de áreas de preservação permanente.

Providências foram tomadas para que os trabalhos nos dois circuitos fossem executados simultaneamente, com data de previsão de término para dias consecutivos.

Após 6 dias de trabalho, no dia 12/04 foi possível energizar o circuito 2 da LT e, conforme previsto inicialmente, no dia 13/04, 7 dias após o início dos trabalhos houve a energização do circuito 1.

Mais uma vez, a escolha certa da forma de atendimento foi primordial para o sucesso na recuperação emergencial de uma LT avariada por queda de torres.

### **5.3 Configurações utilizadas**

A opção pelas TET foi unânime, devido a robustez da estrutura e seus braços, aliados a sua altura. Isso possibilitou substituir cada torre avariada por uma TET em cada circuito.

A Figura 13 mostra a variante do circuito 2 vista a partir da torre 482 quando os cabos eram lançados, destacando o ângulo formado.

A Figura 14 mostra uma TET na configuração ancoragem.



FIGURA 13 - Vista da variante do circuito 2 durante o lançamento de cabos



FIGURA 14 - Vista da TET ancoragem ao lado da torre 487.

Conforme proposto, a utilização desta configuração possibilitou a execução de tarefas rigorosas do ponto de vista mecânico.

### **5.4 Fatores que influenciaram a utilização**

A opção por construir variantes de emergência independentes, com lançamento de cabos novos foi baseada em vários fatores, tais como:

- altura das TET necessária para cruzamento dos obstáculos;
- robustez das TET necessária para ancoragem dos cabos nas extremidades e para resistir aos esforços de lançamento de cabos;
- necessidade de transpor ângulos superiores a 10°s em comprometer distâncias elétricas ou capacidade mecânica.

## 6.0 - COMPARATIVO ENTRE AS ESTRUTURAS DE EMERGÊNCIA EMPREGADAS

Neste item pretende-se fazer um comparativo entre as estruturas de emergência empregadas nas ocorrências relatadas.

Não foi feito qualquer experimento científico para o comparativo, porém a experiência nas seguidas ocorrências possibilita aos autores criar e pontuar alguns itens importantes que podem servir de base para aquisição e utilização das estruturas em estudo.

A Tabela 1 gradua de forma simples os pontos fortes, médios e fracos de cada critério, trazendo a média aritmética da pontuação atribuída com base nas condições atuais das torres, manuais e assistência técnica.

TABELA 1 - Tabela de pontuação de critérios técnicos de estruturas de emergência.

Item	Delta		Alumínio		TET	
Capacidade de carga	Médio	7	Forte	10	Forte	10
Encaixes simples e limpos, utilizando apenas ferramentas pequenas	Fraco	5	Forte	10	Forte	10
Estais flexíveis e reutilizáveis	Forte	10	Médio	7	Forte	10
Facilidade de desmembramento dos módulos	Fraco	5	Médio	7	Forte	10
Facilidade de desmembramento em módulos	Forte	10	Forte	10	Forte	10
Facilidade e agilidade de montagem	Forte	10	Forte	10	Forte	10
Facilidade para ampliação da altura	Fraco	5	Forte	10	Forte	10
Peso reduzido	Forte	10	Forte	10	Forte	10
Praticidade de transporte de estais e acessórios	Médio	7	Médio	7	Forte	10
Resistência a lançamento de cabos	Médio	7	Médio	7	Forte	10
Suporte técnico	Forte	10	Fraco	5	Forte	10
<b>Média</b>	<b>7,8</b>		<b>8,5</b>		<b>10</b>	

## 7.0 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conforme proposto, ficou demonstrada a utilização de três tipos de estruturas de emergência bem como algumas variações em suas configurações no atendimento a contingências de LTs.

Os casos reais e de sucesso comprovado certamente minimizaram prejuízos e enriqueceram tecnicamente as pessoas envolvidas.

Finalizando o trabalho, os autores comparam as estruturas criando tópicos mensuráveis e atribuindo notas individuais a cada uma delas, possibilitando a avaliação prática destas importantes ferramentas.

Recomenda-se criteriosa análise de cada situação para a escolha da melhor configuração associada à respectiva estrutura possibilitando uma combinação eficaz no restabelecimento das linhas de transmissão.

A proposta deste trabalho é possibilitar a troca de experiências entre os profissionais da área e agilizar ainda mais futuras recomposições das nossas imprescindíveis e robustas, porém não infalíveis linhas de transmissão.

## 8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CTEEP - Instrução TR-074-97 – Estruturas de emergência
- [2] CTEEP - Logística e recursos disponíveis para atendimentos emergenciais em LTs
- [3] ABREU JR, P.E. et al, “Torre de emergência triangular para linhas de transmissão de 500kv” – Artigo selecionado para o XIX SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – Rio De Janeiro, RJ – 2007



## 9.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Fabiano Ribeiro Faria

Nascido em Itapeva, SP em 19 de dezembro de 1972.

Graduado em Engenharia Elétrica - UNIP - Bauru

Graduado em Tecnologia de Processamento de Dados - FATEC São Paulo

Empresas: CESP / CTEEP, desde 1996



Rogério Lavandoscki

Nascido em Santa Bárbara d'Oeste – SP em 23 de fevereiro de 1969

Mestre em Engenharia de Materiais – UFSCAR - Universidade Federal de São Carlos

Graduado em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Metodista de Piracicaba

Empresas – CESP / CTEEP desde 1989

FIAT - 1988

