

# O IMPACTO DO FUNCIONAMENTO DO LAMINADOR DE TIRAS A QUENTE NO SISTEMA ELÉTRICO DA CST <sup>(1)</sup>

Adriano Francisco dos Santos <sup>(2)</sup>  
Zenilton Galhano Alvarenga <sup>(3)</sup>

## RESUMO:

O presente trabalho visa mostrar as preparações feitas no sistema elétrico da CST para a entrada em funcionamento deste novo processo produtivo, os impactos que se previam no sistema, o início de operação do LTQ e a atual situação, enfocando os equipamentos elétricos utilizados em nossa subestação para manter seu funcionamento, dentro dos acordos firmados com a concessionária de energia elétrica local e com os clientes internos no que tange às variáveis do sistema e a qualidade de energia (Tensão, frequência, FP, harmônicas, energia elétrica ativa e reativa).

Palavras chave: LTQ, Energia e CST.

## ABSTRACT:

This work intends to demonstrate the arrangements made in CST's Electric System to operate this new facility, the impacts foreseen in the system, the HSM operational beginning and nowadays situation, focusing on the electrics equipments used in our substation to keep its performance, according to requirements demanded by the local electric energy supplier and the others internal clients, concerning the electric quality parameters (voltage, frequency, power factor, reactive power and active power).

Key Words: HSM, Energy and CST.

---

( 1 ) XXV Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades - Florianópolis - Brasil - 2004

( 2 ) Técnico em Eletrotécnica – Operador de distribuição de energia elétrica do Departamento de Apoio Operacional da Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST - Vitória - ES

( 3 ) Técnico em Eletrotécnica – Técnico de Distribuição de Energia Elétrica do Departamento de Apoio Operacional da Companhia Siderúrgica de Tubarão - CST - Vitória – ES

## **1.0 - INTRODUÇÃO**

A CST inaugurou no segundo semestre de 2002 o seu Laminador de Tiras à Quente (LTQ) e deste então passou a disponibilizar no mercado mais um produto (bobinas laminadas à quente) além das placas de aço, ampliando dessa forma sua participação no mercado nacional e internacional. A CST ainda não aumentou a sua participação no mercado – não houve aumento do volume de produção – mas “diversificou” a sua participação no mercado, abrindo um leque maior de produtos oferecidos.

## **2.0 – PROCESSO DE PRODUÇÃO DO LTQ**

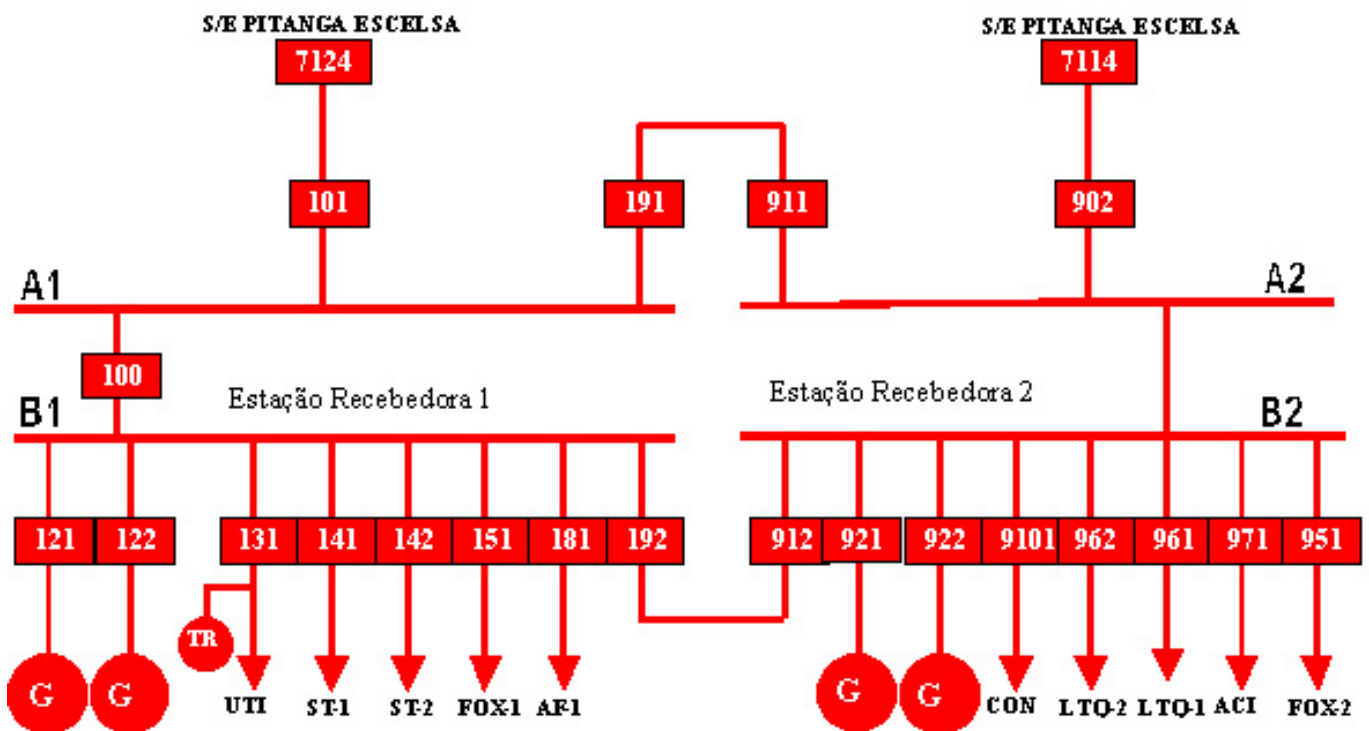
O LTQ da CST foi construído com a mais moderna tecnologia de laminação à quente disponível no mundo, sua capacidade de produção é de 2 milhões de toneladas de bobinas laminadas à quente por ano podendo chegar à 4,2 milhões toneladas. No LTQ as placas de aço são aquecidas até a temperatura de 1250°C no forno de reaquecimento. Sofrem deformações sucessivas ao longo da linha de laminação até atingir a espessura desejada e são finalmente enroladas nas bobinadeiras. Na linha de laminação a placa tem sua espessura reduzida de 200 a 250mm para 45 a 40 mm através de 5 a 9 passes sucessivos no laminador de desbaste.

Após o desbaste, a placa, agora chamada de esboço, é enrolada no Coil Box para reduzir a perda de temperatura para o ambiente. Na seqüência o esboço é desbobinado e entra no trem acabador, constituídos de seis cadeiras de laminação, sofrendo a redução final para se atingir a espessura desejada (1,2 a 16 mm), sendo posteriormente resfriado e bobinado.

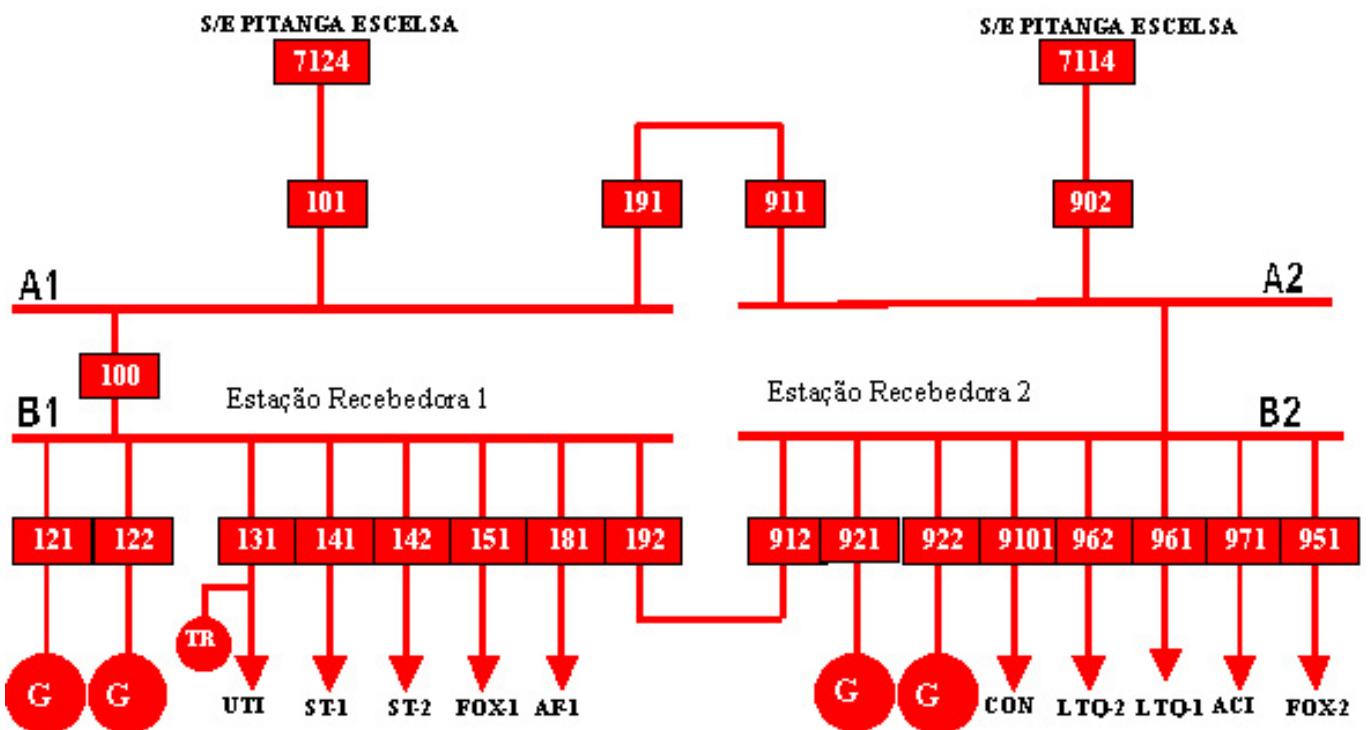
A evolução do LTQ da CST foi tão grande que estava previsto ser concluído o seu Rating up (curva de elevação de produção) em janeiro de 2004 mas em agosto de 2003 o mesmo já operava em sua capacidade máxima.

## **3.0 - CONFIGURAÇÃO SISTEMA ELÉTRICO CST**

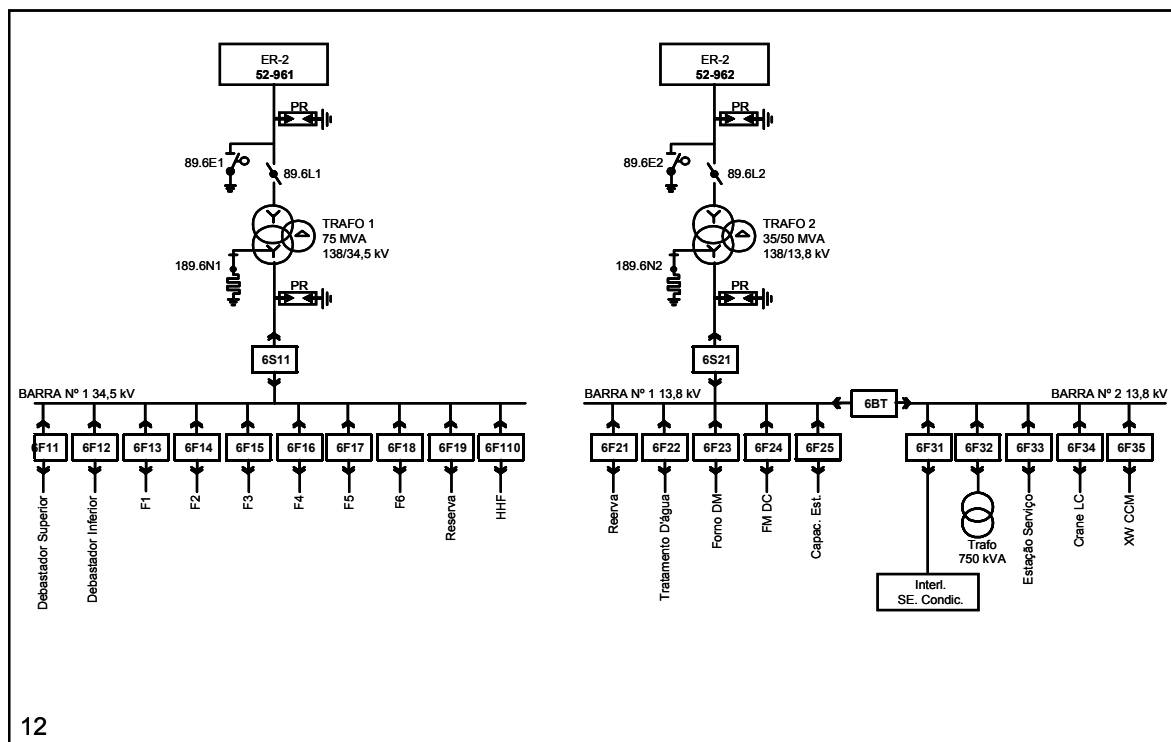
### **3.1 - CONFIGURAÇÃO SISTEMA ELÉTRICO ANTES DA ENTRADA DO LTQ**



3.2 - CONFIGURAÇÃO SISTEMA ELÉTRICO APÓS DA ENTRADA DO LTQ



### 3.3 - CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO S/E LTQ



### 4.0 – FILOSOFIA OPERACIONAL

O sistema elétrico da CST é interligado à concessionária local através de um disjuntor denominado 52-100. Em caso de distúrbio externo esse disjuntor deverá abrir protegendo a geração própria, bem como as cargas da CST. Considera-se barras “A1” e “A2” como barras da concessionária e barras “B1” e “B2” como barras da geração interna da CST.

#### 4.1 – CONTROLE DE BARRAMENTO

É o principal item de controle do sistema, visa garantir a estabilidade da geração interna em caso de separação de sincronismo entre o sistema elétrico da CST e Concessionária local de energia.

O técnico de distribuição deve garantir que as cargas ativas ligadas às barras de geração ( B1 e B2 ) sejam menores que a capacidade de geração interna, garantindo uma margem de segurança ( $\pm 10$  MW e 05 Mvar) para suportar variações na demanda e geração após separação da concessionária.

Para possibilitar este controle, o técnico dispõe de um sistema de rejeição pré selecionada de cargas e da possibilidade de transferência de Subestações da barra de geração para a barra da concessionária, obedecendo sempre uma tabela de prioridades de manobras.

#### 4.2 – TRANSFERÊNCIA DE CARGAS

Como em condições normais todas as cargas são alimentadas pela barra de geração, exceto o circuito 1 do LTQ (alimentação dos acionamentos principais –

drives), somente em contingências de diminuição da geração interna usamos o processo de transferência de cargas da barra de geração para barra da concessionária, para tanto utilizamos a tabela de prioridade de manobras (tabela 1) que consta do Padrão Empresarial nº PE-UTL-01, para determinar qual bloco de carga deve ser transferido.

Tabela de Carga para Equilíbrio da Barra B

1 - Transferência de carga da Barra de Geração para a Barra da Concessionária	Carga Média		Prioridade de manobras (MW)																												
	MW	MVA	1ª		2ª		3ª		4ª		5ª		6ª		7ª		8ª		9ª		10ª		11ª		12ª		13ª				
			MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA			
S/E Sinterização nº 1	18,0	8,0										18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0	18,0	8,0		
S/E Sinterização nº 2	16,0	2,0																						16,0	2,0	16,0	2,0	16,0	2,0		
S/E Condicionamento	5,5	4,5			5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	5,5	4,5	
S/E Frac. de Ar nº 2	16,0	(2,0)																					16,0	(2,0)	16,0	(2,0)	16,0	(2,0)	16,0	(2,0)	
S/E Alto Forno	10,0	(3,0)																					10,0	(3,0)	10,0	(3,0)	10,0	(3,0)	10,0	(3,0)	
S/E Aclaria	27,0	15,0																					27,0	15,0	27,0	15,0	27,0	15,0	27,0	15,0	
S/E Frac. de Ar nº 1	40,0	21,0																												40,0	21,0
S/E Utilidades	37,0	20,0																													
S/E LTQ nº 1	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	10,0	(8,0)	
S/E LTQ nº 2	18,0	10,0																													
<b>Total Transferido para Barra "A"</b>			10,0	(8,0)	15,5	(3,5)	15,5	(3,5)	15,5	(3,5)	33,5	4,5	33,5	4,5	49,5	2,5	49,5	2,5	59,5	(0,5)	86,5	14,5	102,5	16,5	102,5	16,5	102,5	16,5	142,5	37,5	
<b>02 - Rejeição de Carga</b>																															
MIZU	5,0	3,0	5,0	3,0	5,0	3,0	5,0	3,0	5,0	3,0																					
Rejeição de 3 Comp. O2	5,5	4,0					5,5	4,0	5,5	4,0	5,5	4,0	5,5	4,0	5,5	4,0	5,5	4,0	5,5	4,0	5,5	4,0	5,5	4,0	5,5	4,0	5,5	4,0	5,5	4,0	
Exaustor da Sinter I	5,5	3,3							5,5	3,3																					
Rejeição da Planta FOX I	10,7	6,0											10,7	6,0																	
Rejeição da Planta FOX II	10,7	6,0																													
Exaustor da Sinter II	5,5	3,3																													
<b>Total Rejeição</b>			5,0	3,0	5,0	3,0	10,5	7,0	16,0	10,3	5,5	4,0	16,2	10,0	5,5	4,0	16,2	10,0	16,2	10,0	16,2	10,0	16,2	10,0	5,5	4,0	16,2	10,0	-	-	
<b>Total de Carga Barra "B"</b>																															
Normal			188	76	182	71	182	71	182	71	164	63	164	63	148	65	148	65	138	68	111	53	95	51	95	51	95	51	55	30	
100 aberto			183	73	177	68	172	64	166	61	159	59	148	53	143	61	132	55	122	58	95	43	90	47	79	41	55	30			
Alivio Barra B			15	(5)	21	(1)	26	4	32	7	39	9	50	15	55	7	66	13	76	10	103	25	108	21	119	27	143	38			

Geração Interna	Total		A		B		C		D		E		F	
	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA	MW	MVA
TG	62	20	62	20			62	20	62	20				
TGS	34	48	34	48	34	48			34	48	34	48	34	48
TG3	70	3	70	3	70	3	70	3					70	3
TRT	16	20			16	20	16	20	16	20	16	20		
<b>Total</b>	<b>182</b>	<b>91</b>	<b>166</b>	<b>71</b>	<b>120</b>	<b>71</b>	<b>148</b>	<b>43</b>	<b>112</b>	<b>88</b>	<b>50</b>	<b>68</b>	<b>104</b>	<b>51</b>

**Legenda:**

A = TRT parado

B = TG 1 ou 2 parado

C = TGS parado (operação TS)

D = TG 3 parado

E = TG 3 e TG 1 ou 2 parado

F = TRT e TG 1 ou 2 parado

Observações: 01 - Os valores são médias das Demandas de 15 minutos;  
 02 - Devem ser observadas a condição dos equipamentos, quanto a manutenção e/ou limitação de capacidade  
 03 - A MIZU só pode ir para a rejeição no horário de ponta.

Tabela 1 - Prioridade de manobras

## 5.0 - MUDANÇAS NO SISTEMA ELÉTRICO PARA ATENDER AO LTQ

- Construção de dois novos circuitos aéreos em 138kV elevando o número de torres de alta tensão de 24 para 29.

- Construção de uma nova Subestação com diversos equipamentos (trafos, filtro de harmônico, disjuntores, capacitores, etc)

### 5.1 – SUBESTAÇÕES

#### S/E LTQ 1 – ALIMENTAÇÃO DO TRANSFORMADOR DE 138 / 34,5KV DE 75MVA (foto 2)

- Alimentação dos Motores Principais do Laminador de Tiras a Quente.

Este circuito está ligado permanentemente na Barra A2 – Barra da Concessionária, devido a grande flutuação das cargas ligadas a este circuito.

- São as cargas que mais flutuam durante o processo de Laminação de uma Bobina, pois são elas que acionam, através dos ciclo-conversores os motores de 7.500kW (2 unidades) do Laminador Desbastador e de 8.000kW (6 unidades) do Laminador Acabador. Os picos de consumo de energia ativa durante a laminação chegam a ultrapassar 30MW. (gráfico 1)

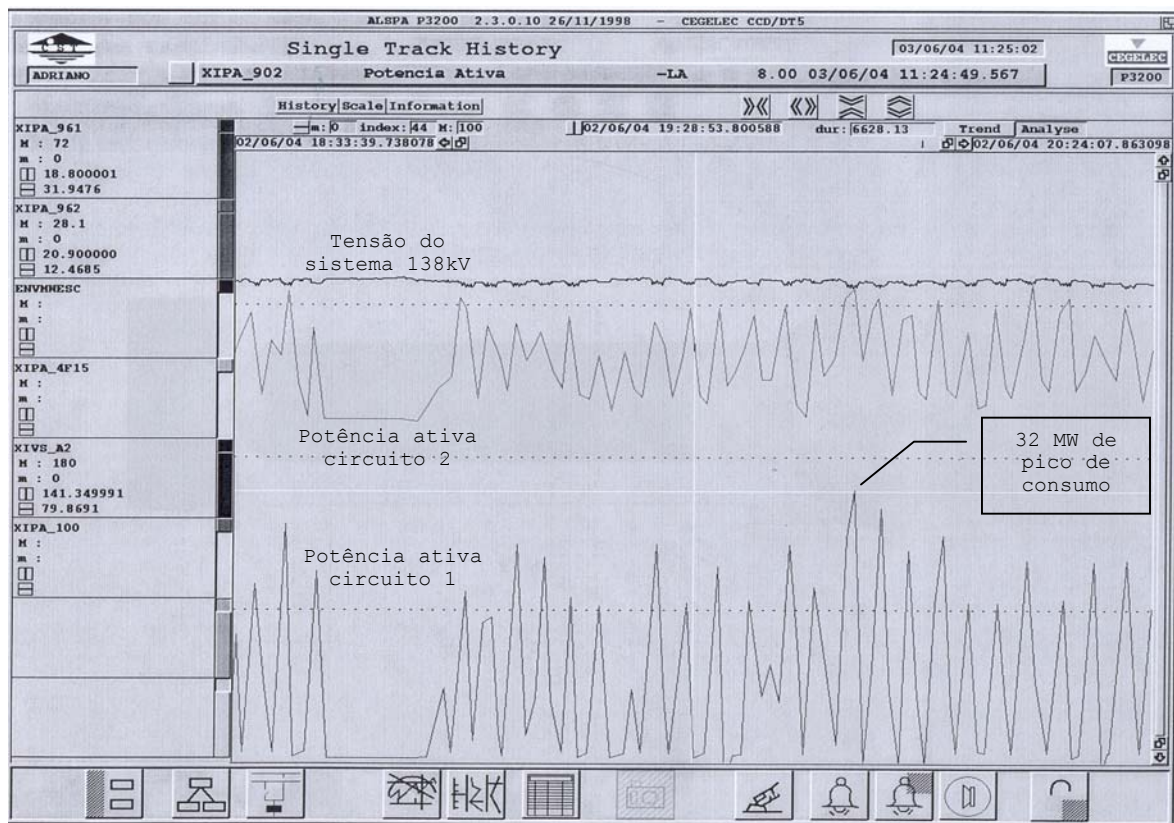


Gráfico 1 – Consumo de energia ativa do LTQ

### S/E LTQ 2 – ALIMENTAÇÃO DO TRANSFORMADOR DE 138 / 13,8KV DE 35 / 50MVA (foto1)

- Alimentação das Cargas Auxiliares do Laminador de Tiras a Quente.
- Este circuito está ligado permanentemente na Barra B2 – Barra de Geração da CST.
- Estas são as cargas consideradas como auxiliares, porém são cargas de suma importância, tais como, os motores do Laminador Vertical, Tesoura de Pontas e Bobinadeiras, bem como todo o Sistema Hidráulico, o Forno de Reaquecimento de Placas e a Estação de Tratamento de Água.



Foto 1 – S/E's LTQ 1 e 2

## 5.2 - PADRONIZAÇÃO

Em função da instalação de novos equipamentos houve a necessidade da elaboração de novos padrões que atendessem as diversas manobras no sistema de 34,5kV e 13,8kV, bem como a revisão de padrões já existentes.

Exemplos:

PO-UTL-ELET-PM-0209 – Isolamento da LT de 138kV (circuito 1), trafo 75MVA e barra de 34,5kV.

PO-UTL-ELET-PM-0210 – Isolamento da LT de 138kV (circuito 2), trafo 50MVA e barra de 13,8kV.

PT-UTL-AQOP-DU-0029 – Acordo de qualidade operacional entre produção, distribuição de utilidades e laminação de tiras a quente/condicionamento.

PO-UTL-ELET-PT-0145 – Extração e inserção na barra dos disjuntores de 34,5kV (S/E LTQ1).

## 6.0 – CONTRATOS DE ENERGIA

### - 2002 e 2004 (até Abril):

Uso de Rede no Horário de Ponta (HP): 50MW

Uso de Rede no Horário Fora de Ponta (HFP): 50 MW

Cativo (Concessionária Local): Horário de Ponta (HP): 0,5MW

Cativo (Concessionária Local): Horário Fora de Ponta (HFP): 15MW

### - 2004 (em vigência a partir 1º Maio)

Uso de Rede no Horário de Ponta (HP): 60 MW

Uso de Rede no Horário Fora de Ponta (HFP): 65 MW

## 7.0 – VARIÁVEIS DE OPERAÇÃO

Uma série de preparativos foram feitos para possibilitar a entrada em operação do LTQ da CST, dentre os quais vamos enfatizar os impactos que tivemos sobre o sistema elétrico.

### 7.1 - TENSÃO

Não houve impactos significativos, em razão da instalação de um filtro de harmônicos de 45,6 MVar (nível de tensão: 34,5kV) e um banco de capacitores de 10 MVar sintonizado na 5ª harmônica (nível de tensão: 13,8kV).

#### **Notas:**

Conforme estudos da GE (General Electric), foi feita a seguinte análise:

- Em operação seqüencial (apenas uma placa no processo de laminação), a maior queda de tensão prevista no estudo foi de 8% na S/E LTQ 1 (barra 34,5 kV), durante a operação estando o Filtro de harmônico (HHF) desligado.

- Em operação simultânea (duas placas no processo de laminação – Desbaste / Acabamento), a maior queda de tensão prevista foi de 11,6 % na S/E LTQ 1 (barra 34,5 kV), durante a operação estando o Filtro de harmônico (HHF) desligado.

- Ambas as operações ficam acima do limite de queda de tensão (7,5%) que consta do nosso atual Acordo de Qualidade Operacional com a área, desta forma há necessidade de informar ao cliente sobre esta contingência. Nos demais barramentos as variações de tensão estão dentro da faixa de tolerância.

## 7.2 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA:

### 7.2.1 - ENERGIA ATIVA

A demanda da CST teve um acréscimo em média de 25MW (gráfico 2), impactando na compra de energia elétrica do Sistema (gráfico 3).

Em Janeiro de 2004 entrou em operação a 4ª Central Termelétrica objetivando compensar o acréscimo na demanda de energia elétrica da CST devido a entrada em operação do LTQ. O combustível a ser utilizado é o gás LDG<sup>1</sup> da Aciaria, previsto para início de recuperação em 2004, reduzindo a compra de energia.

### Demanda de Energia Elétrica

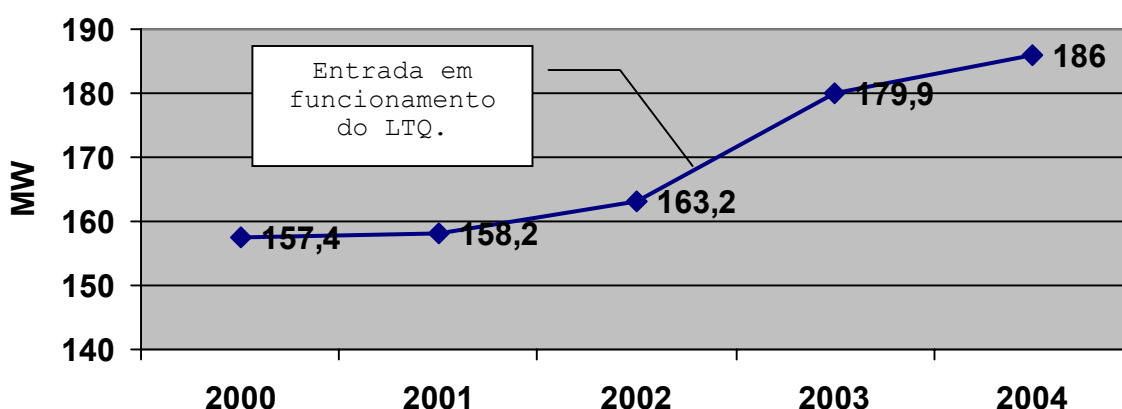


Gráfico 2 – Demanda de Energia Elétrica



1 - Gás gerado na Aciaria durante o processo de sopro de oxigênio no convertedor, para a transformação do ferro gusa em aço.

### Compra de Energia Elétrica x Consumo do LTQ

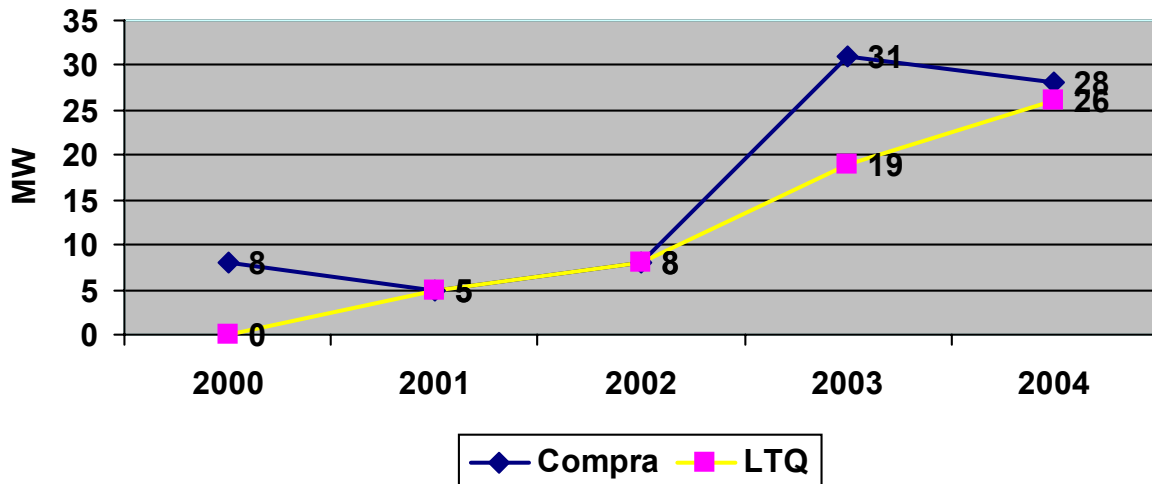


Gráfico 3 – Compra de Energia Elétrica x Consumo do LTQ

#### 7.2.2 - ENERGIA REATIVA

Os grandes motores de laminação do LTQ (2x7.500KW + 6x8.000KW) são motores síncronos que funcionam com fator de potência 1,0 para melhor aproveitamento de sua potência no processo de laminação. Porém, devido a necessidade de variação de sua velocidade, estes motores são acionados por ciclo-conversores que, devido seu processo de chaveamento, inserem no sistema elétrico componentes harmônicas que pioram a qualidade da energia e reduzem o fator de potência da instalação.

Para compensar este efeito, houve necessidade de se instalar na barra de 34,5KV um Filtro de Harmônico de 45,6MVar (foto 2) para atenuação das componentes harmônicas e conseqüentemente melhoria do fator de potência. Na barra de 13,8KV foi instalado um banco de capacitores de 10MVar.



### 7.3 – FREQUÊNCIA

A GE (General Eletric) fez estudos com a S/E LTQ1 trabalhando na situação do sistema CST desinterligado da Concessionária Local, onde chegou aos seguintes valores:

Em operação seqüencial, a maior variação de frequência foi de -0,75 Hz.

Em operação simultânea, a maior variações de frequência foi de -1,8 Hz, . provocando trip das CTEs.

### 8.0 – CONCLUSÃO

A entrada em operação de novas unidades em qualquer Empresa sempre gera uma série de mudanças e exigem a elaboração de estudos aprofundados das novas condições e que conseqüentemente podem trazer mudanças operacionais, gerando diversos impactos e mudanças nos procedimentos já existentes e a necessidade da criação de novos procedimentos ou a atualização dos já existentes. Na CST não foi diferente, o LTQ acrescentou ao nosso sistema alterações operacionais que tiveram um acompanhamento eficiente do setor de engenharia, manutenção e operação, onde todo o processo desde a montagem até a entrada em operação foi considerado um grande sucesso.

A atuação da Seção de Distribuição de Utilidades teve uma contribuição importantíssima na elaboração de novos procedimentos, visando a continuidade operacional do sistema, garantindo a qualidade de serviço na entrega dos insumos elétricos dentro dos parâmetros requeridos pelo cliente LTQ.

### 9.0 – AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que nos auxiliaram em desenvolver este trabalho, em especial aos especialistas da Divisão de Utilidades e da Engenharia da CST.

### 10.0 – BIBLIOGRAFIA

- Relatório da General Eletric - O impacto de funcionamento do LTQ da CST.
- Relatórios da Engenharia da CST – Equipamentos no LTQ.
- Contratos de compra e venda de energia elétrica.
- Site: [www.cst.com.br](http://www.cst.com.br)
- Trabalho ABM – Configuração do sistema elétrico da CST.