

**PERTURBAÇÃO NO  
SISTEMA INTERLIGADO  
NACIONAL – SIN NO DIA  
10/11/2009 ÀS 22h13min**



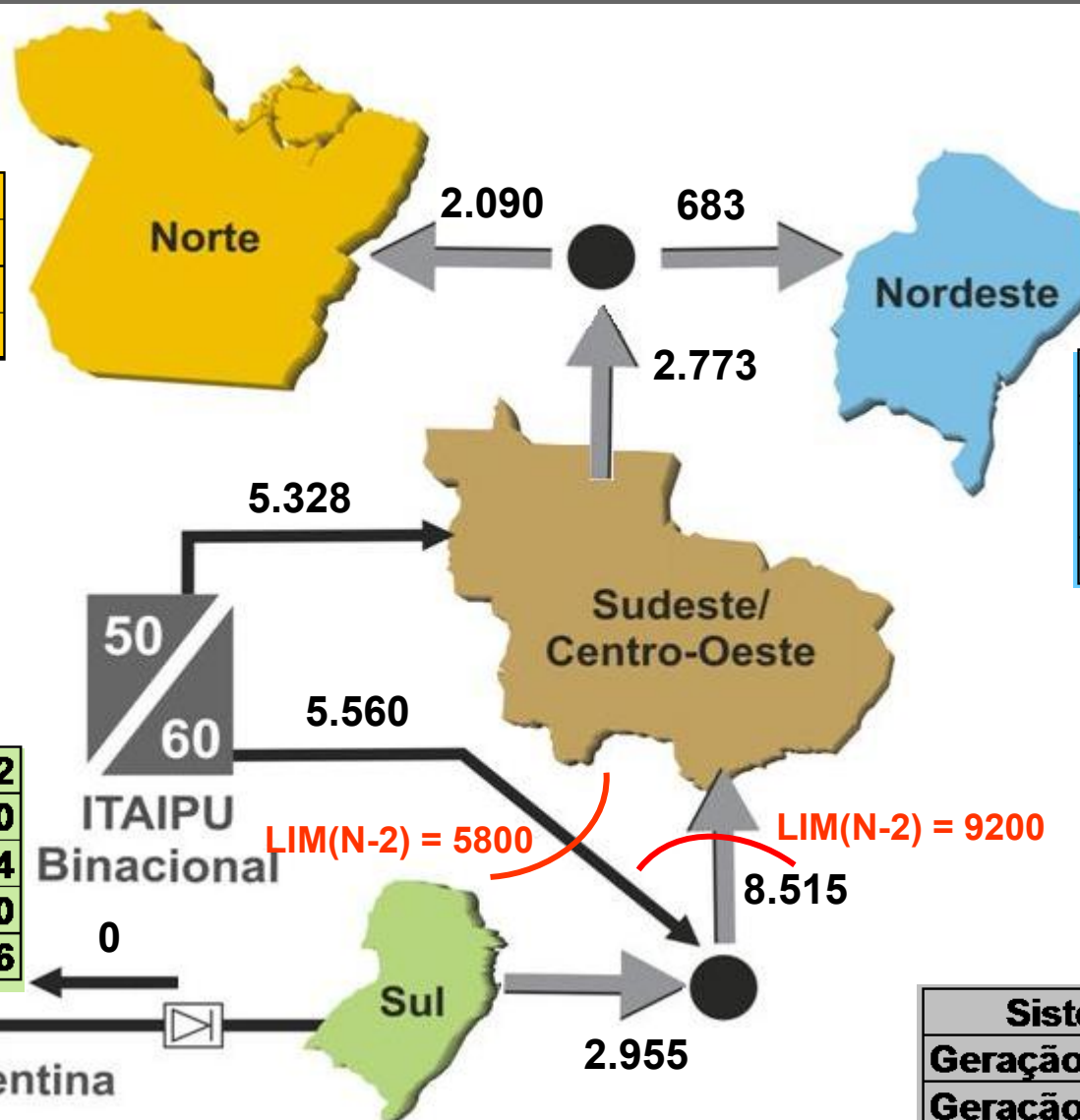
**Operador Nacional  
do Sistema Elétrico**

**26 /11/ 2009**

# Situação do SIN no Instante Anterior à Perturbação: 22h13min

Valores em MW

Geração Hidráulica	1.825
Geração Térmica	0
Intercâmbio Total	-2.090
Consumo	3.915



Geração Hidráulica	8.174
Geração Térmica	30
Geração Eólica	80
Intercâmbio Total	-683
Consumo	8.967

Geração Hidráulica	12.062
Geração Térmica	530
Geração Eólica	14
Intercâmbio Total	2.950
Consumo	9.656

Geração Hidráulica	35.802
Geração Térmica	621
Geração Nuclear	1.637
Intercâmbio Total	-177
Consumo	38.237

Sistema Interligado Nacional	
Geração Hidráulica	57.863
Geração Térmica	1.231
Geração Nuclear	1.637
Geração Eólica	44
Consumo	60.775

Sistema operava acima dos padrões de Segurança Elétrica → Operação N-2.



## Descrição da Perturbação

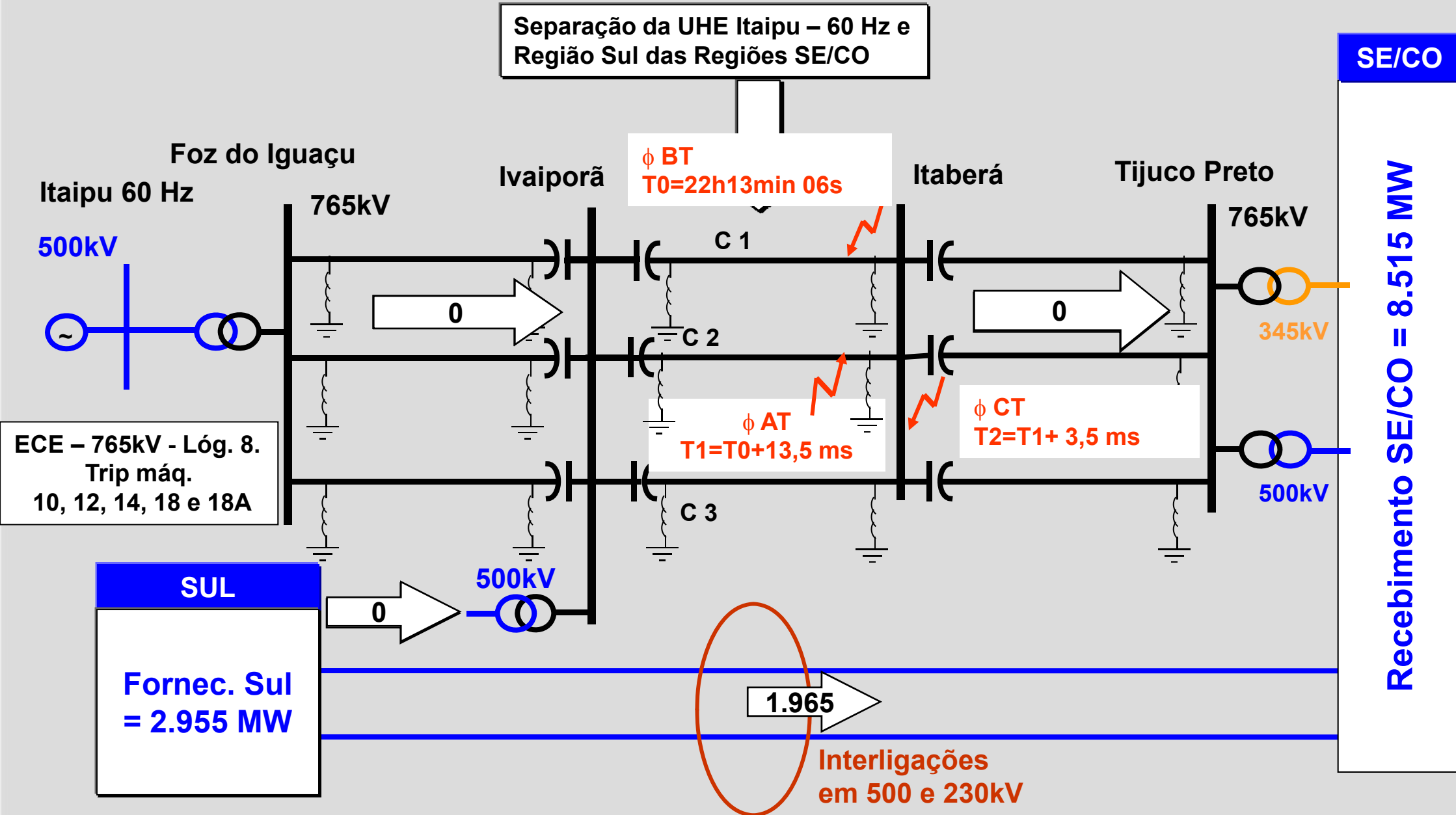
---

**A ocorrência se deu a partir do desligamento das LTs de 765kV entre Ivaiporã e Itaberá devido a três curtos-circuitos monofásicos praticamente simultâneos, próximo a SE Itaberá, comprovados pelos registradores de perturbações.**

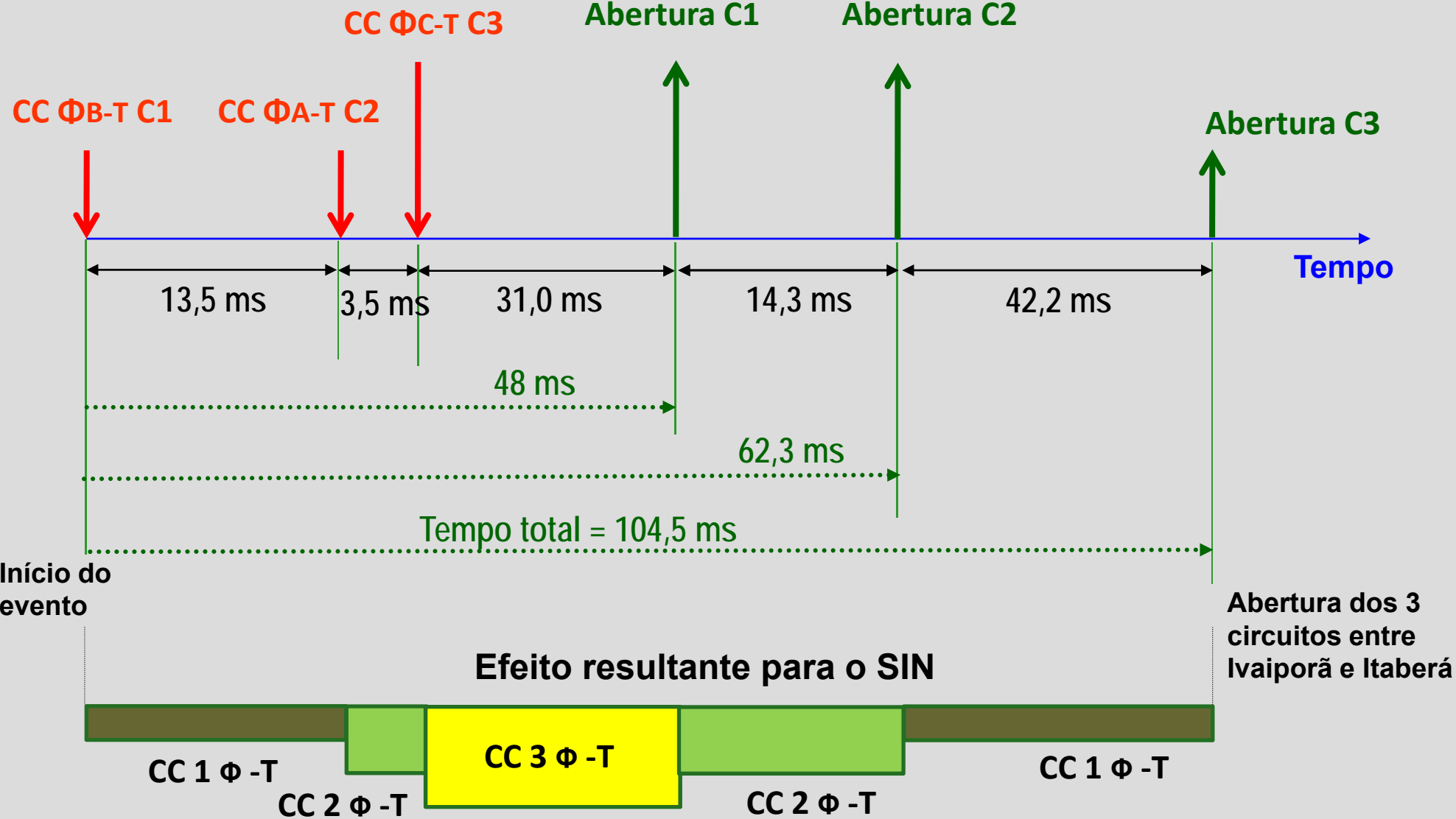
**A acentuada queda de tensão resultante causou o desligamento dos bipolos de corrente contínua e das interligações em 500 e 230 kV entre as regiões Sul e Sudeste/Centro-Oeste provocando o “colapso de tensão” no sistema SE/CO, tendo como consequência desligamentos seqüenciais em grande parte do sistema de alta tensão e usinas do sistema interligado, com interrupção de 24.436 MW, atingindo principalmente os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais.**

**O tempo médio de restabelecimento das cargas foi de 220 minutos.**

# Descrição da Perturbação do dia 10/11/2009 às 22h13min.



# Sequência de eventos na SE Itaberá - Saída para Ivaiporã



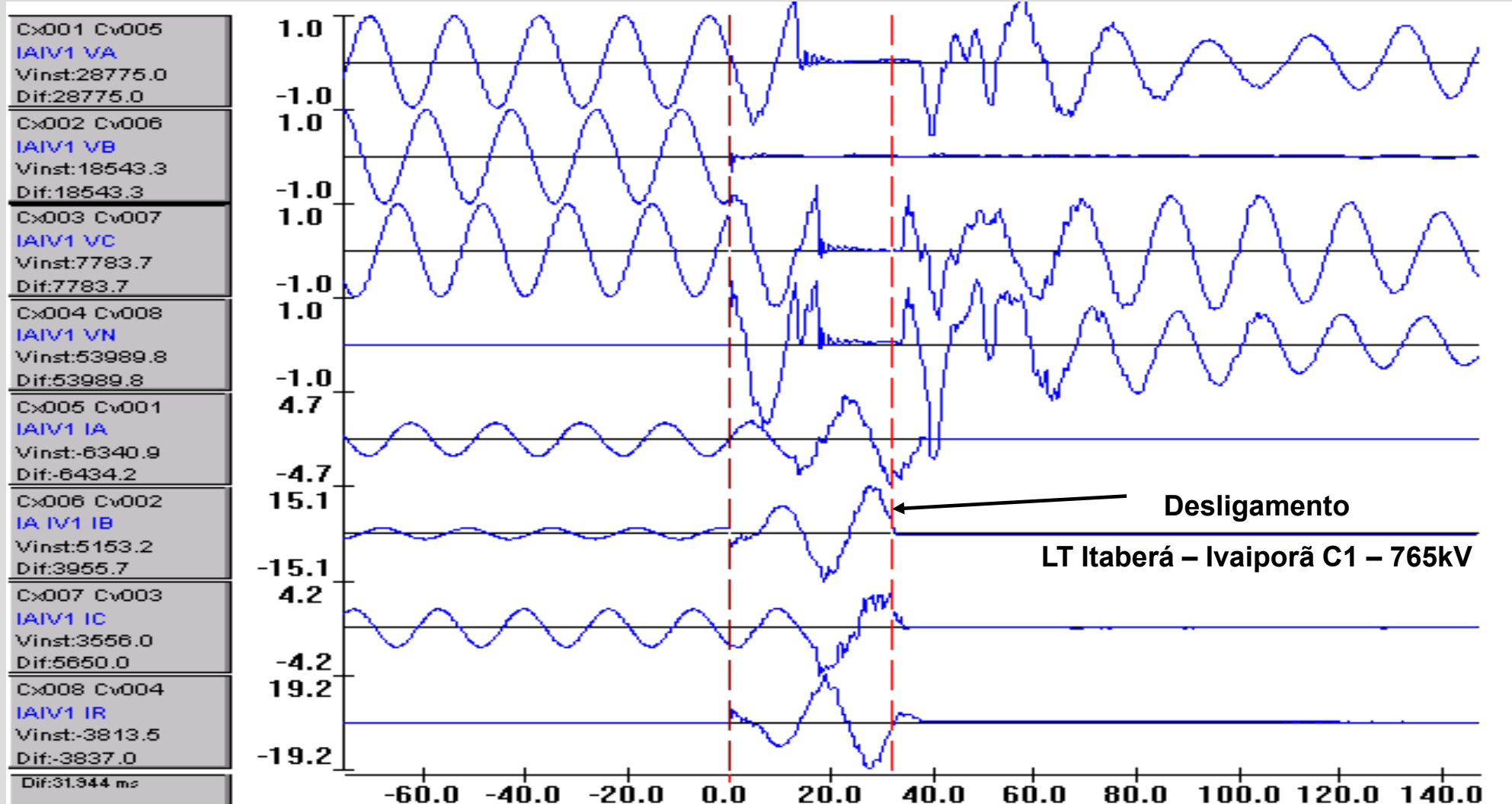
# Sequência de eventos na SE Itaberá - Saída para Ivaiporã

---

- A perturbação teve início com uma falta monofásica (fase B), na LT 765kV Ivaiporã - Itaberá C1. A falta foi eliminada em torno de 48ms por atuação da proteção de distância em ambos os terminais. A falta ocorreu praticamente na SE Itaberá.
- Após 13,5ms ocorreu o 2º curto-circuito, na fase A da LT 765kV Ivaiporã-Itaberá C2. A falta foi eliminada em 48,8ms por atuação da proteção da LT. Essa falta também ocorreu praticamente na SE Itaberá.
- Após 3,5ms da falta no C2, ocorreu o 3º curto-circuito, na fase C da Barra A de 765kV de Itaberá. A falta foi eliminada pela atuação da proteção diferencial de barras, comandando a abertura automática dos disjuntores associados a barra. Adicionalmente, em 87,5ms ocorreu o desligamento automático da LT Ivaiporã - Itaberá C3, pela atuação do relé de sobrecorrente de neutro do reator da linha, no terminal de Ivaiporã.

# Evidência dos Curtos-Circuitos

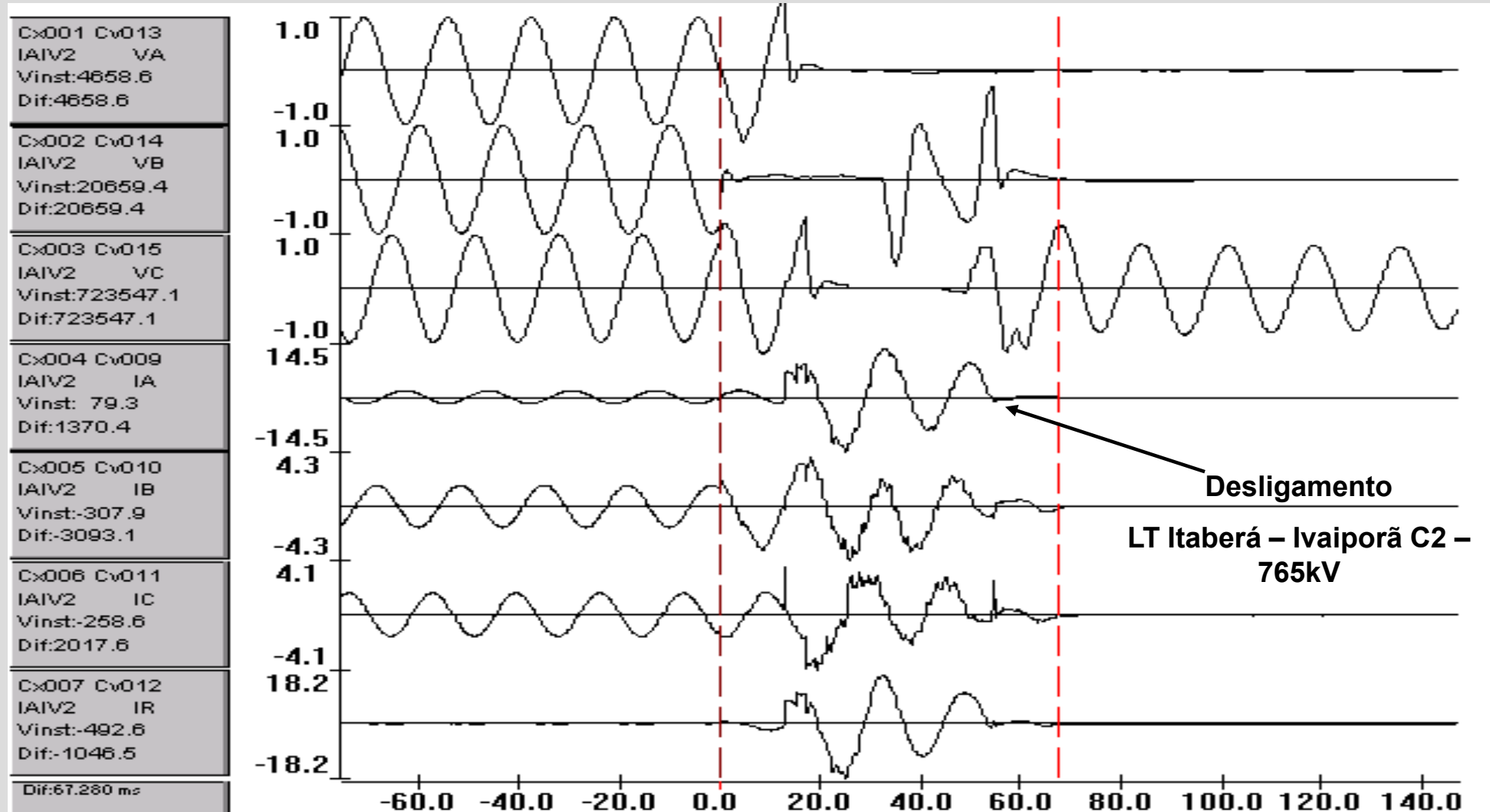
## Oscilograma da SE Itaberá – LT para Ivaiporã – circ. 1





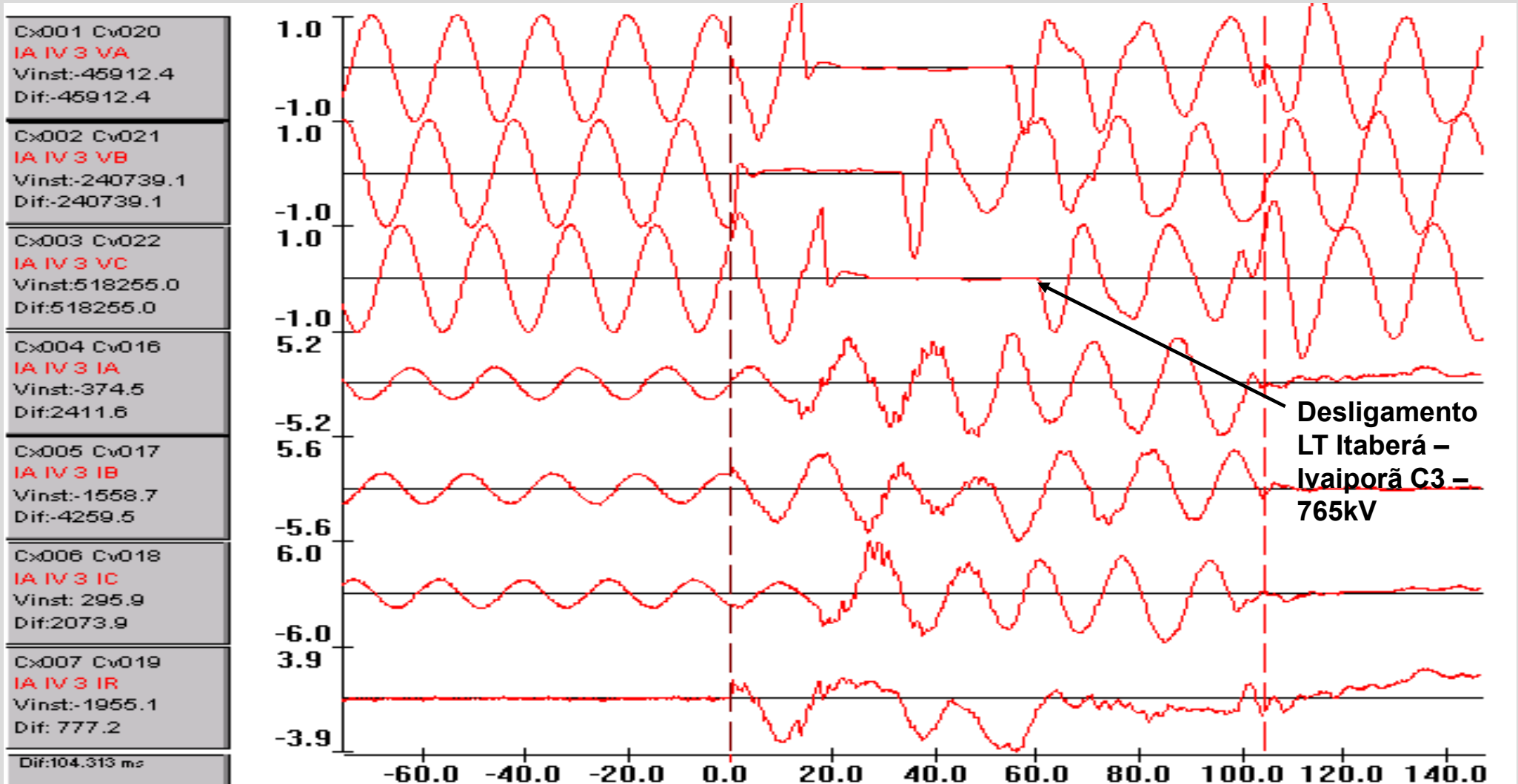
# Evidência dos Curtos-Circuitos

## Oscilograma da SE Itaberá – LT para Ivaiporã – circ. 2



# Evidência dos Curtos-Circuitos

## Oscilograma da SE Itaberá – LT para Ivaiporã – circ. 3



# Principais desligamentos sequenciais da perturbação



# Principais desligamentos sequenciais da perturbação

---

- **Abertura da LT 500kV Ibiúna - Bateias;**
- **Desligamento de 4 unidades geradoras na UHE Itaipu 60 Hz;**
- **Colapso de tensão nas áreas SP/RJ/ES;**
- **Desligamento do Elo de Corrente Contínua que interliga Itaipu 50 Hz ao SIN;**
- **Desligamento da UHE Itaipu 50 Hz (9 unidades geradoras) e Paraguai;**
- **Desligamento em cascata no Sudeste/Centro-Oeste:**
  - **Desligamento de grande parte do sistema de transmissão dos estados: SP, RJ, ES e MS (tensões: 500, 440, 345, 230 e 138 kV);**
  - **Desligamento das Usinas Hidrelétricas do rio Paraná e Paranapanema(São Paulo);**
  - **Desligamento da Interligação dos estados Acre e Rondônia com o SIN;**
  - **Desligamento da Usina Nuclear de Angra dos Reis (unidades geradoras 1 e 2);**
  - **Desligamento de usinas hidráulicas nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo.**

# Atuação dos Esquemas de Ilhamento

---

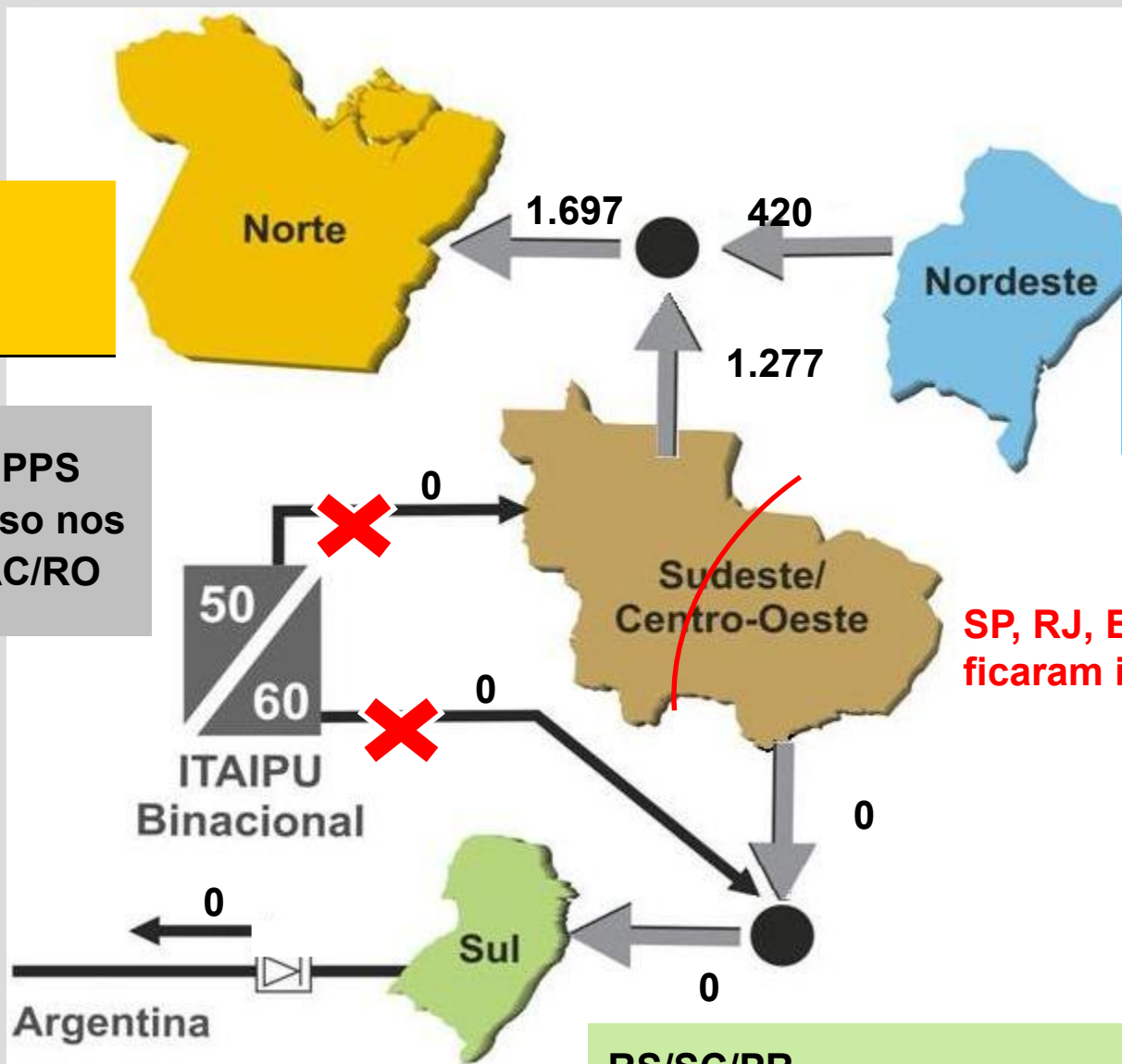
- 1. Houve a atuação do esquema de controle de emergência, lógica 8 – Esquema de corte de geração em Itaipu 60Hz para abertura total do tronco de 765kV entre Tijuco Preto e Ivaiporã , comandando o disparo de 5 unidades geradoras em ITAIPU.**

**Houve a atuação do esquema de controle de emergência, lógica 4 – Esquema de abertura do trecho Foz do Iguaçu - Ivaiporã por atuação do relé de taxa de freqüência de Itaipu, comandando os desligamentos das LTs 765kV Foz do Iguaçu - Ivaiporã circuitos 1, 2 e 3.**

**Obs.: A atuação desses esquemas de ilhamento permitiram que a região Sul praticamente não fosse afetada.**

- 2. Separação do sistema Acre-Rondônia através da abertura controlada das interligações em 230 kV evitando o colapso dessas regiões**
  - Esquema de ilhamento das usinas do rio Tietê e do Pardo por subfrequência, preservando mais de 2.000 MW na área São Paulo**
  - Abertura controlada de LTs de 500 kV evitando a propagação do defeito para as áreas Goiás/Distrito Federal, Mato Grosso, regiões Norte e Nordeste e parte de Minas Gerais.**

# Situação do SIN logo após a perturbação: 22h13min.



Valores em MW

PA / MA  
Não houve corte de carga

Atuação do ERAC

Atuação da PPS  
evitou o colapso nos  
estados de AC/RO

SP, RJ, ES, MS e MG(parte)  
ficaram isolados

RS/SC/PR  
Separação controlada pela atuação  
das lógicas de Itaipu e das proteções  
salvaguardou o sistema Sul

## Recomposição das Cargas

Estado/Região	Carga Interrompida (MW)	Tempo Médio (min)	Energia Interrompida (MWh)
SP	14378	256	61399,0
RJ	6231	232	24126,8
ES	1342	129	2881,7
MG	517	61	524,5
<b>SUDESTE</b>	<b>22468</b>	<b>237</b>	<b>89932,0</b>
PR	53	3	2,7
SC	35	18	10,5
RS	16	6	1,6
<b>SUL</b>	<b>104</b>	<b>9</b>	<b>14,8</b>
GO	89	9	13,4
MT	190	32	101,3
MS	588	94	921,2
<b>CENTRO-OESTE</b>	<b>867</b>	<b>72</b>	<b>1035,9</b>
AC	59	30	29,5
RO	136	30	68,0
<b>NORTE</b>	<b>195</b>	<b>30</b>	<b>97,5</b>
AL	54	31	27,9
BA	150	30	75,0
PB	94	5	7,8
PE	414	22	151,8
RN	38	5	3,2
SE	52	5	4,3
<b>NORDESTE</b>	<b>802</b>	<b>20</b>	<b>270,0</b>
<b>BRASIL</b>	<b>24436</b>	<b>222</b>	<b>90350,2</b>

**Áreas mais atingidas**

**Cargas interrompidas pelo Esquema Regional de Alívio de Carga – ERAC**

# Condições Meteorológicas Adversas – 10/11/2009

---





# Condições Meteorológicas Adversas – 10/11/2009

---

## Descrição do evento:

O deslocamento de uma frente fria ocasionará chuvas significativas e vento no norte de Santa Catarina e no Paraná.

## Área: Estados de Santa Catarina e Paraná

Linhas de 500kV e 750kV , trechos Foz do Iguaçu/ Ivaiporã e Ivaiporã / Itaberá

## Condição de tempo:

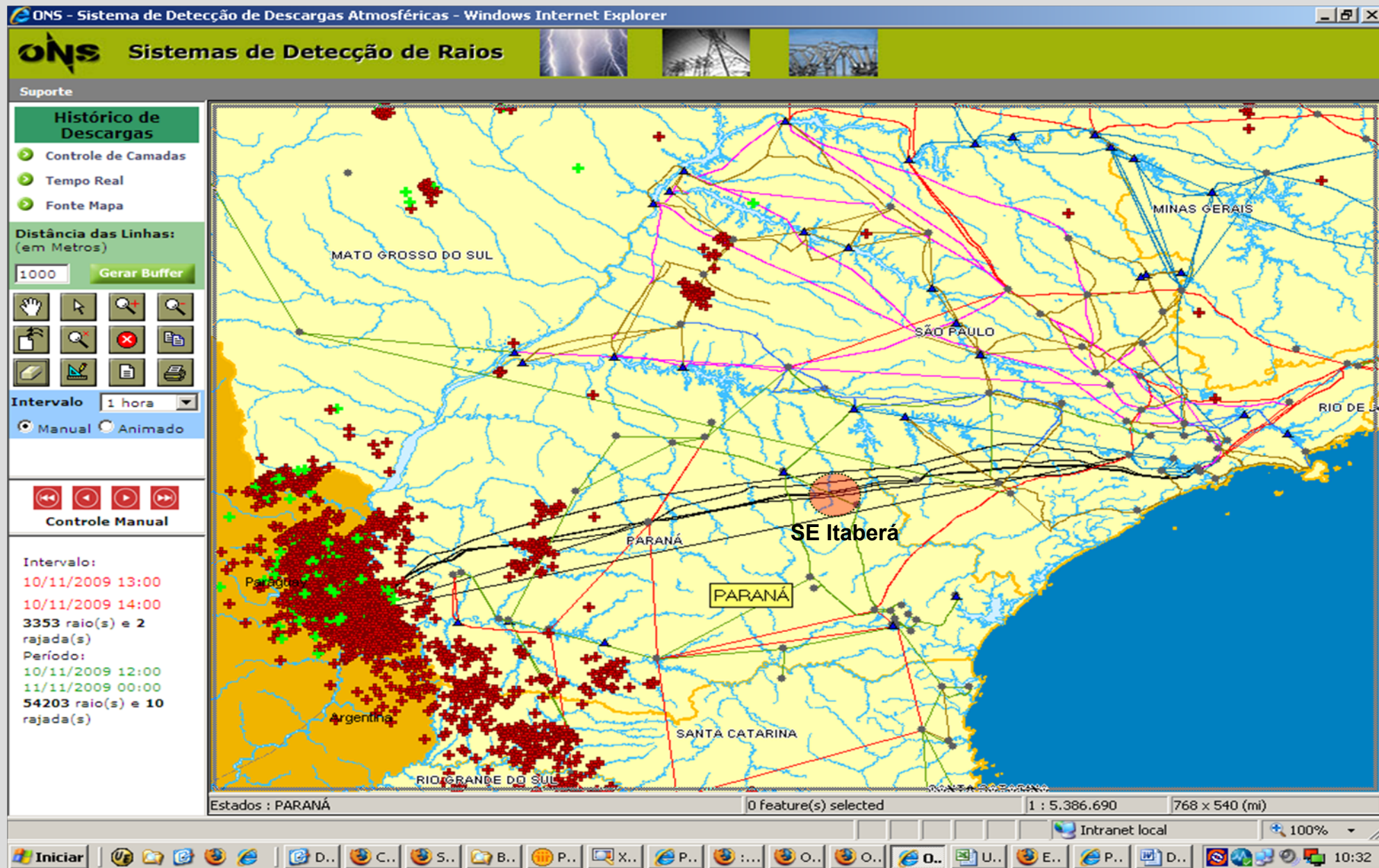
A partir das 14h observam-se condições de tempo severo em Foz do Iguaçu e Cascavel, com ocorrência de chuvas, ventos e descargas atmosféricas.

## Chuvas registradas:

Estação Fazenda Agrolim (Município de Itaberá) operada pela Duke Energy → 24mm concentrados em curto período de tempo.

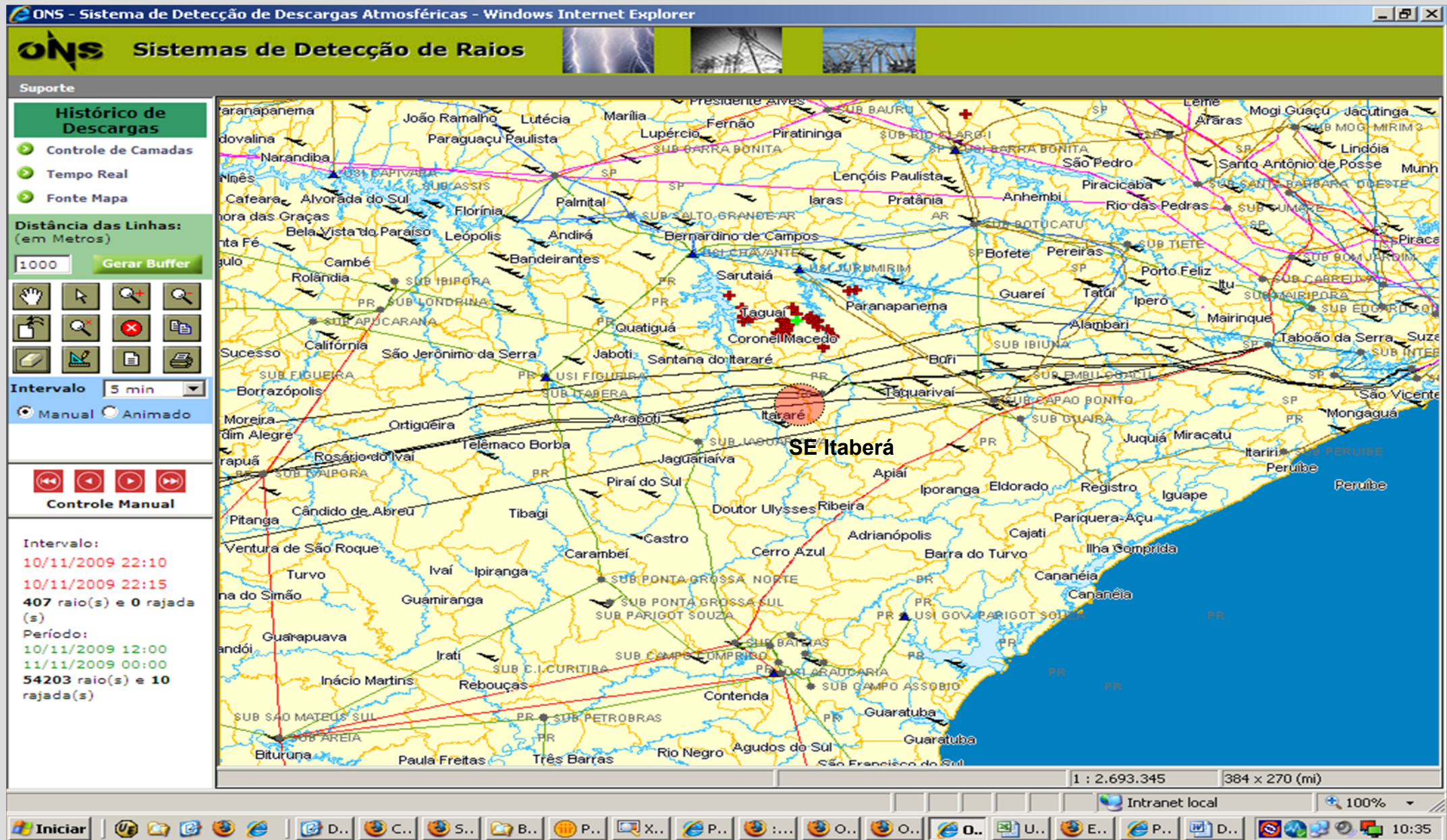
# Registro Acumulado de Descargas Atmosféricas – dia 10/11/2009

Acumulado de 13:00 às 14:00



# Registro Acumulado de Descargas Atmosféricas – dia 10/11/2009

Acumulado de 22:10 às 22:20 - ZOOM



# Operação do dia 10/11/2009 - UHE Itaipu - setor 60 Hz

Valores em MW

LIMITE (N-1) – 6.300MW

LIMITE (N-2) – 5.800 MW

$\Delta = 500$  MW

$\Delta = 190$  MW

$\Delta = 240$  MW

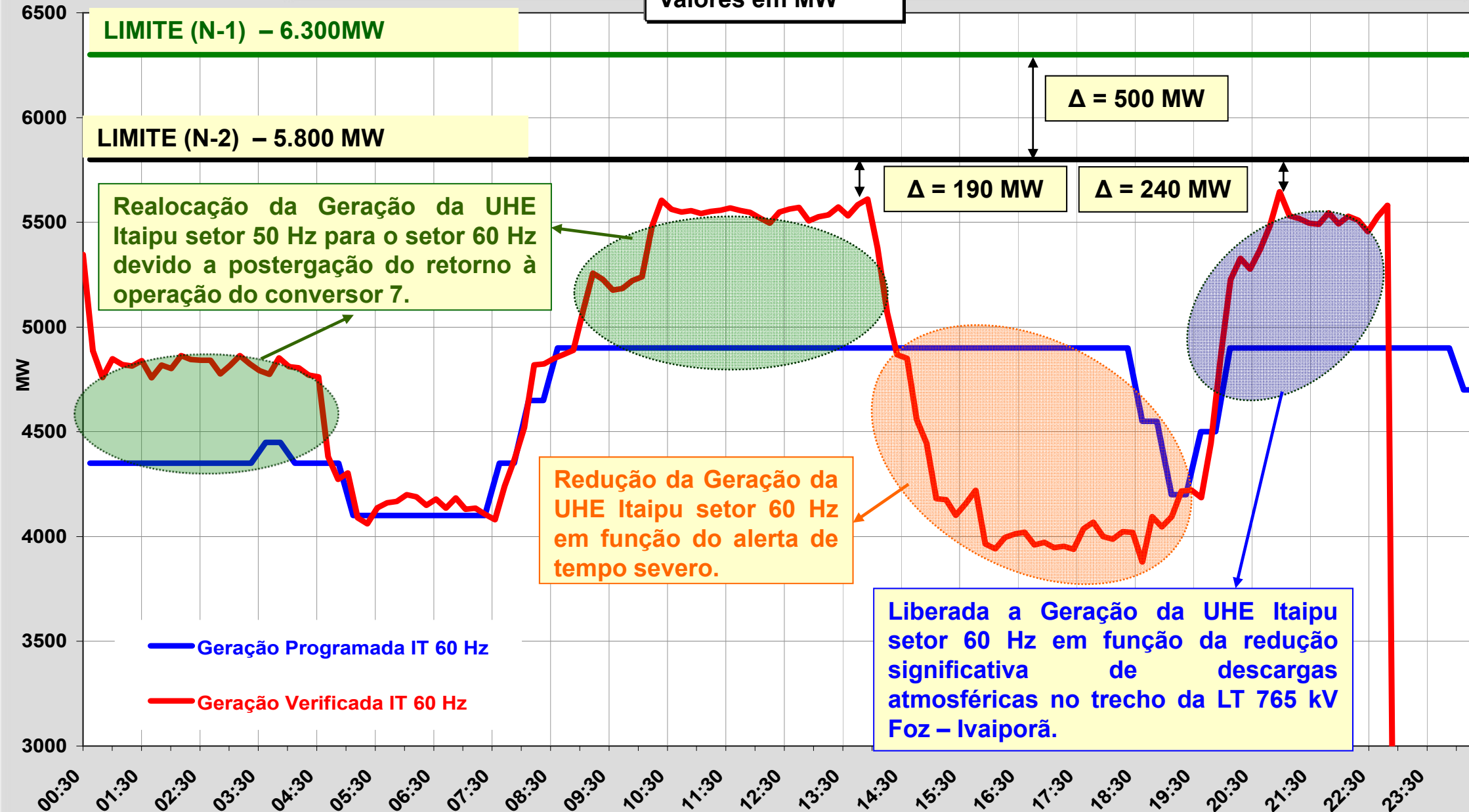
Realocação da Geração da UHE Itaipu setor 50 Hz para o setor 60 Hz devido a postergação do retorno à operação do conversor 7.

Redução da Geração da UHE Itaipu setor 60 Hz em função do alerta de tempo severo.

Liberada a Geração da UHE Itaipu setor 60 Hz em função da redução significativa de descargas atmosféricas no trecho da LT 765 kV Foz – Ivaiporã.

— Geração Programada IT 60 Hz

— Geração Verificada IT 60 Hz

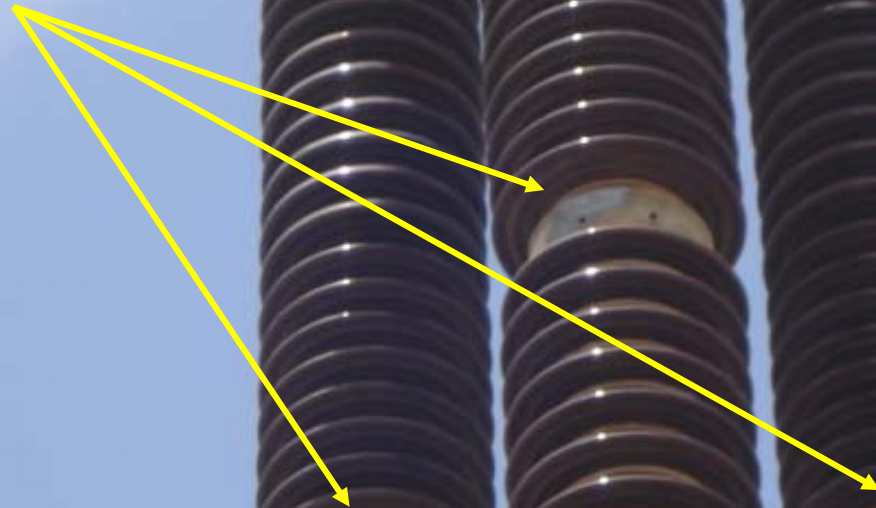


**As equipes técnicas estão analisando as causas referentes aos curtos - circuitos e, pelos registros gráficos e de imagem dos equipamentos afetados, estão sendo consideradas as seguintes hipóteses:**

**Os curtos-circuitos foram provocados por descargas atmosféricas e/ou pela redução da efetividade dos isoladores submetidos às condições meteorológicas adversas → chuvas intensas e ventos.**

# Isolador de Pedestal SE Itaberá – LT para Ivaiporã – Fase B C1

**MARCAS DA  
DESCARGA**





Sinais de descarga elétrica

# Relatório Técnico em Elaboração → Indicação de Providências

---

- **Análise da viabilidade de implantação de sistemas especiais de proteção e controle para evitar o colapso de tensão para contingências dessa gravidade;**
- **Análise da possibilidade de implantação de esquemas de ilhamento adicionais de modo a reduzir a propagação dos desligamentos;**
- **Reavaliação de medidas e ações para reduzir o tempo de restabelecimento das cargas;**
- **Inspeções rotineiras de manutenção do sistema de 765 kV conduziram a investigação da suportabilidade de isoladores quando submetidos a chuvas intensas → em andamento nos laboratórios do CEPEL.**

**Resultados preliminares das pesquisas e ensaios realizados indicam que embora esses equipamentos atendam às especificações das normas técnicas, sua suportabilidade é reduzida em função da intensidade das chuvas.**

**Providências estão sendo tomadas por FURNAS, com consulta a fabricantes, podendo envolver troca ou adaptação de equipamentos.**



# Desligamentos simultâneos de circuitos no Tronco de 765kV (1)

Data	Trecho Envolvido		Circuitos	Tempos (ms)	Comentários		Distância da falta (km)
30/06/00 00:48	Itaberá	Ivaiporã	3-2-1	42 - 22042 - 25029	Fortes ventos na região, deslig. LT IA IV 3, religigada automaticamente com sucesso. Novo desligamento 4s após o RA. Após 22 e 25s, deslig. dos circ. 2 e 1		-
25/11/00 11:06	Itaberá	T. Preto	2-1	43 - 110	Explosão de TC em ponto comum (SE Itaberá), das linhas IA - TP 2 e IA - IV 2. Atuação correta do BF, desligando a linha IA - IV 2. Os circuitos 1 e 3 da linha IA-IV desligaram por sobretensão. A linha FI - IV 3 desligou por sobrefreqüência		-
	Itaberá	Ivaiporã	2-1-3	203 - 303 - 303			
	Ivaiporã	F. Iguaçu	3	3000			
08/07/01 07:53	Itaberá	Ivaiporã	3-1	118 - 122	Erro de manobra em chave de aterramento na SE Itaberá (curto na barra)		-
21/01/02 11:06	Itaberá	T. Preto	3-2-1	1845 - 1942 - 1962	Oscilação Potência	Deslig. circuito 2 da LT Araraquara - Ilha Solteira devido rompimento de condutor. No circuito 1 atuação incorreta da proteção. Teve início processo de oscilação de potência no SIN.	-
	Itaberá	Ivaiporã	2-1-3	1931 - 1951 - 1856			
	Ivaiporã	F. Iguaçu	2-3-1	2607 - 2611 - 2615	Atuação de ECE		
06/07/03 23:59	Itaberá	T. Preto	1-2-3	134 - 134 - 134	Descarga atmosférica nos circuitos 1 e 2 e na barra de Itaberá		-
	Itaberá	Ivaiporã	1-2-3	35 - 95 - 193			C1-C2: Descargas próx. IA
16/09/03 03:13	Itaberá	T. Preto	1-2	123 - 1280	Descarga atmosférica nos circ. 1 e 2. Atuação incorreta proteção da linha IA TP 1		-
	Itaberá	Ivaiporã	2-1	40 - 116			C1: Descargas próximas a IA C2: 2% do terminal de IA
01/11/03 14:06	Itaberá	Ivaiporã	1-2	36 - 144	Curto na LT IA-IV C1 e 15 ms depois curto na barra de IA		C1: Próximo à SE Itaberá

# Desligamentos simultâneos de circuitos no Tronco de 765kV (2)

Data	Trecho Envolvido		Circuitos	Tempos (ms)	Comentários	Distância da falta (km)
10/11/04 03:10	F. Iguaçú	Ivaiporã	1-2	88 - 56 (*)	Desc. atmosférica circ. 1 e 2. (*) tempo eliminação da falta	C1: 18% do terminal de Foz C2: 16% do terminal de Foz
10/11/04 04:12	F. Iguaçú	Ivaiporã	1-2	# 0	Desc. atmosférica circ. 2 e atuação incorreta da proteção do circ. 1 (# => tempo de abertura dos dois circuitos iguais)	C2: 13% do terminal de Foz
14/06/05 19:26	F. Iguaçú	Ivaiporã	2-1	42 - 6070	Quedas de torres dos circ. 1 e 2	C1: 26% do terminal de Foz C2: 27% do terminal de Foz
04/10/2005 20:38	F. Iguaçú	Ivaiporã	2-3-1	43 - 2min+18098 2min+20464	Quedas de torres dos circ. 2 e 3. O circ. 1 desligou devido à oscilação de potência	C1: 33% do terminal de Foz C2: 15% e 33% terminal de Foz C3: 15% do terminal de Foz
01/09/2006 17:52	F. Iguaçú	Ivaiporã	3-2	51 - 5min+15837	Quedas de torres dos circuitos 2 e 3. Às 19:29:25,783 queda de torre na LT FI IN - bipolo 1.	C2 - 32% do terminal de Foz C3: 31% do terminal de Foz
18/02/2007 22:57	Itaberá	T. Preto	3-1	63 - 100	Curto-circuitos nas LTs IA-TP c1 e IA-IV3 e na barra B de IA. A LT IA-TP 3 desligou devido a configuração da barra de IA.	C1: 0,1% do terminal de Itaberá C3: 0,2% do terminal de Itaberá
05/01/2008 13:46	Itaberá	Ivaiporã	1-2	# 35	Curto-circuito de causa indeterminada no c1 e atuação acidental da prot. do reator do c2. Tempo de abertura dos dois circuitos praticamente iguais (35 ms).	C1: 10% do terminal de Itaberá
10/01/2009 18:05	F. Iguaçú	Ivaiporã	2-1	40 - 318	Quedas de torres nos 2 circ. CC no circ. 1 ocorreu 145 ms após eliminação da falta do circ. 2 (58 ms) e durou 113 ms.	C1-C2: 55% do terminal de Foz
04/07/2009 18:36	F. Iguaçú	Ivaiporã	2-1	55 - ??	O circ. 2 desligou devido a descarga atm e o circ. 1 por atuação incorreta da teleproteção	C2: 59% do terminal de Itaberá
22/07/2009 23:41	Itaberá	Ivaiporã	1-2-3	35 - 72 - 136	Os circ. 1 e 2 deslig. devido descargas atm e o circ. 3 pela atuação incorreta da proteção diferencial do reator da linha	C1-C2: Descargas próx. IA

---

# APOIO

# Blecautes no Mundo

Blecaute		Número de pessoas Afetadas	Carga Interrompida (MW)	Tempo total de Restabelecimento <i>Process Times</i>
Data	Área afetada			
09/11/1965	USA / Canadá, cidades de NYe, Boston & Toronto	30 milhões de pessoas	20.000	13 h and 30 min
13/07/1977	Nova Iorque	9 milhões de pessoas	6.000	26 h
02/07/1996	Oeste dos Estados Unidos e Canadá	2 milhões de pessoas	11.850	7 h
10/08/1996	Oeste dos Estados Unidos e Canadá	7.5 milhões de pessoas	30.000	9 h
14/08/2003	Leste dos Estados Unidos e Canadá	50 milhões de pessoas	61.800	4 dias
23/09/2003	Suécia & Dinamarca	4 milhões de pessoas	6.600	6 h 30 min
28/09/2003	Itália	55 milhões de pessoas	28.000	24 h
04/11/2006	Europa	Não disponível	17.000	1 h 20 min
27/12/1983	Suécia & Dinamarca oriental	Não disponível	11.400 (Suécia) e 520 (Dinamarca)	2 h 6 min
13/07/1987	Área metropolitana de Tóquio	2.8 milhões de residências	8.000	3 h 20 min
18/11/1998	Malásia	1.4 milhões de pessoas	1.771	3 h

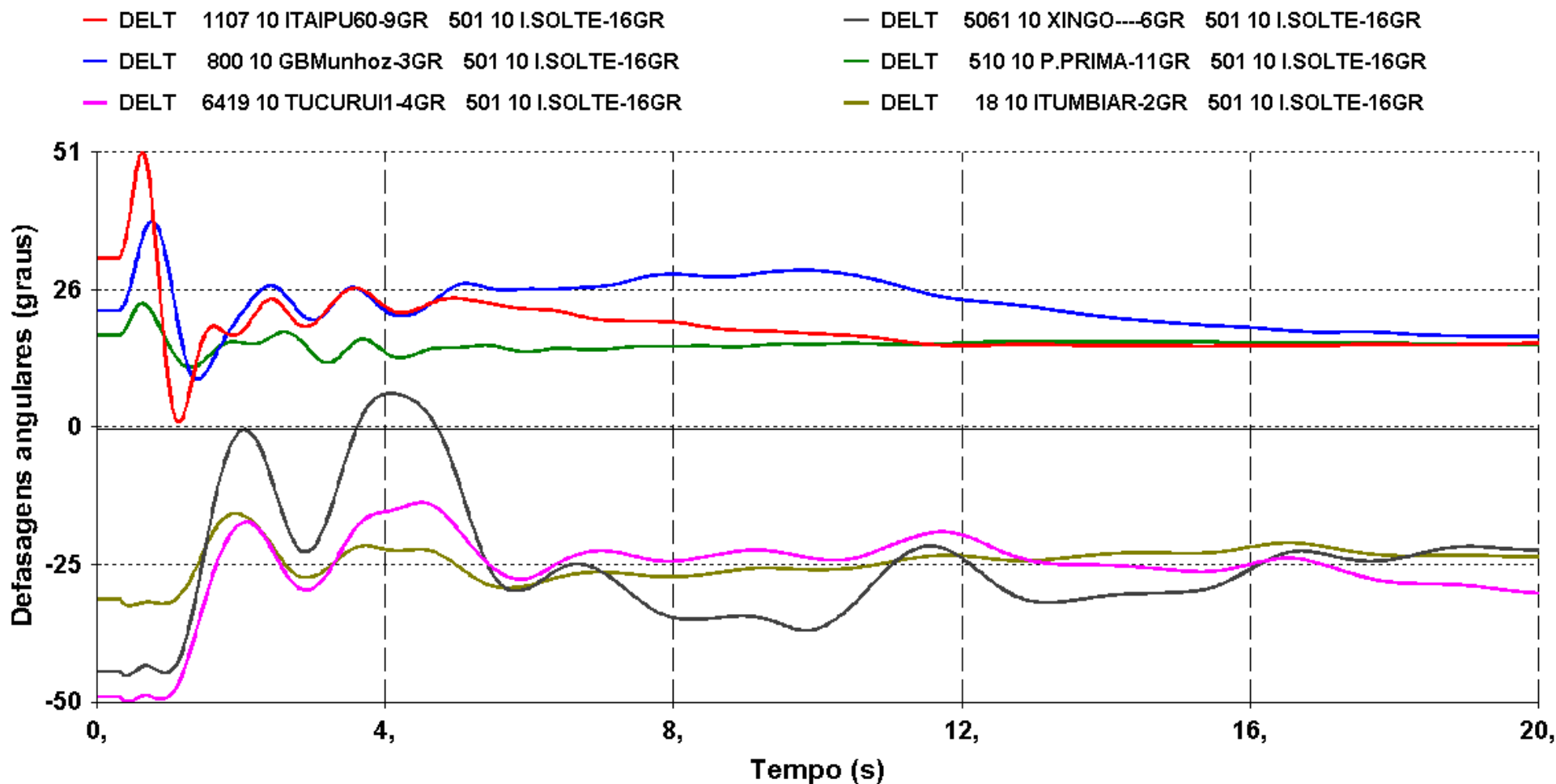
---

**Simulação da perda dupla no trecho 765 kV  
Ivaiporã - Itaberá, com atuação da lógica  
15 (corte de quatro unidades geradoras  
na UHE Itaipu)**

**Condição operativa idêntica à  
anterior ao distúrbio**

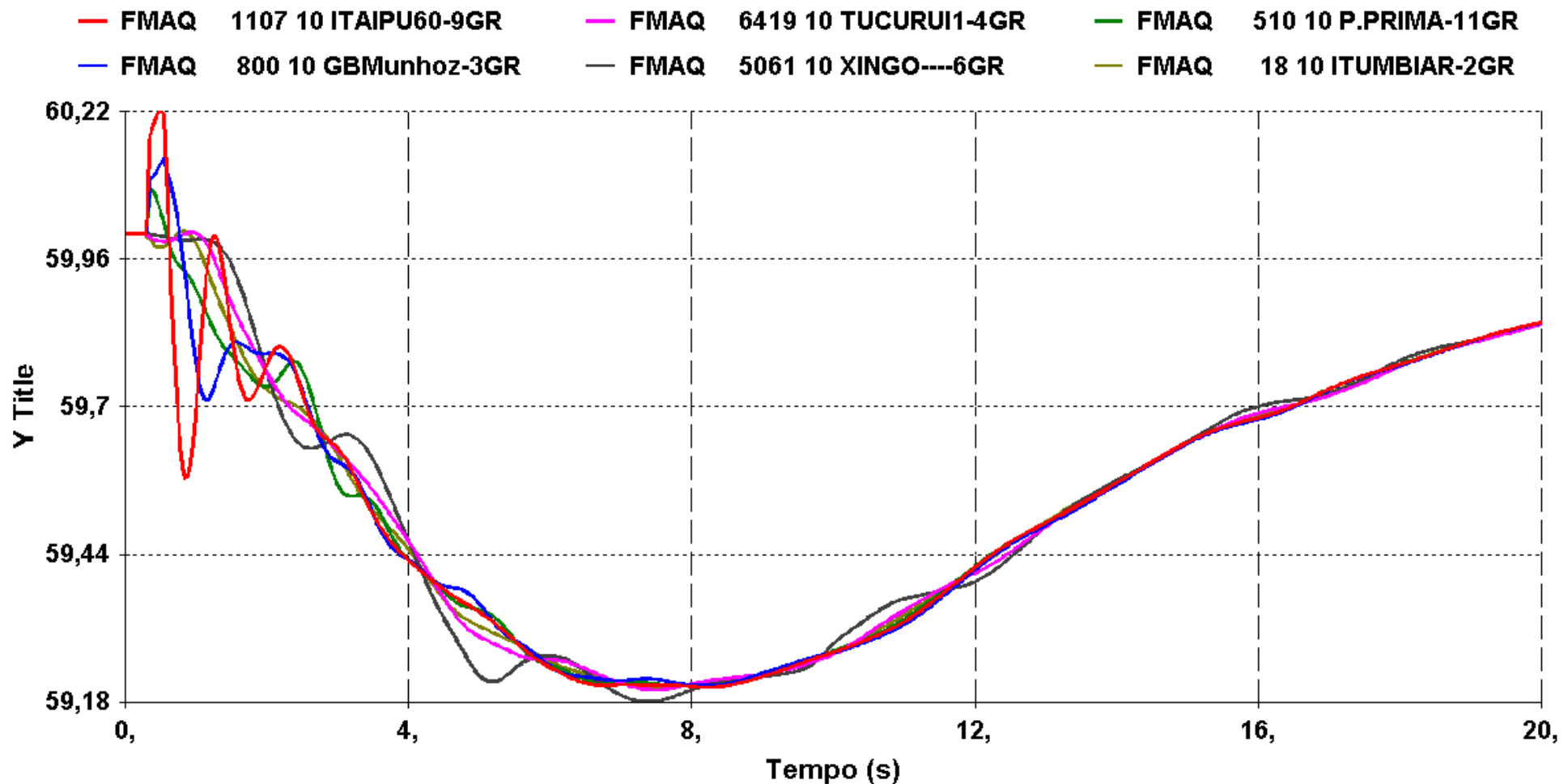
# Perda dupla Ivaiporã – Itaberá 765 kV, corte 4 máquinas UHE Itaipu

## Defasagens angulares entre as máquinas



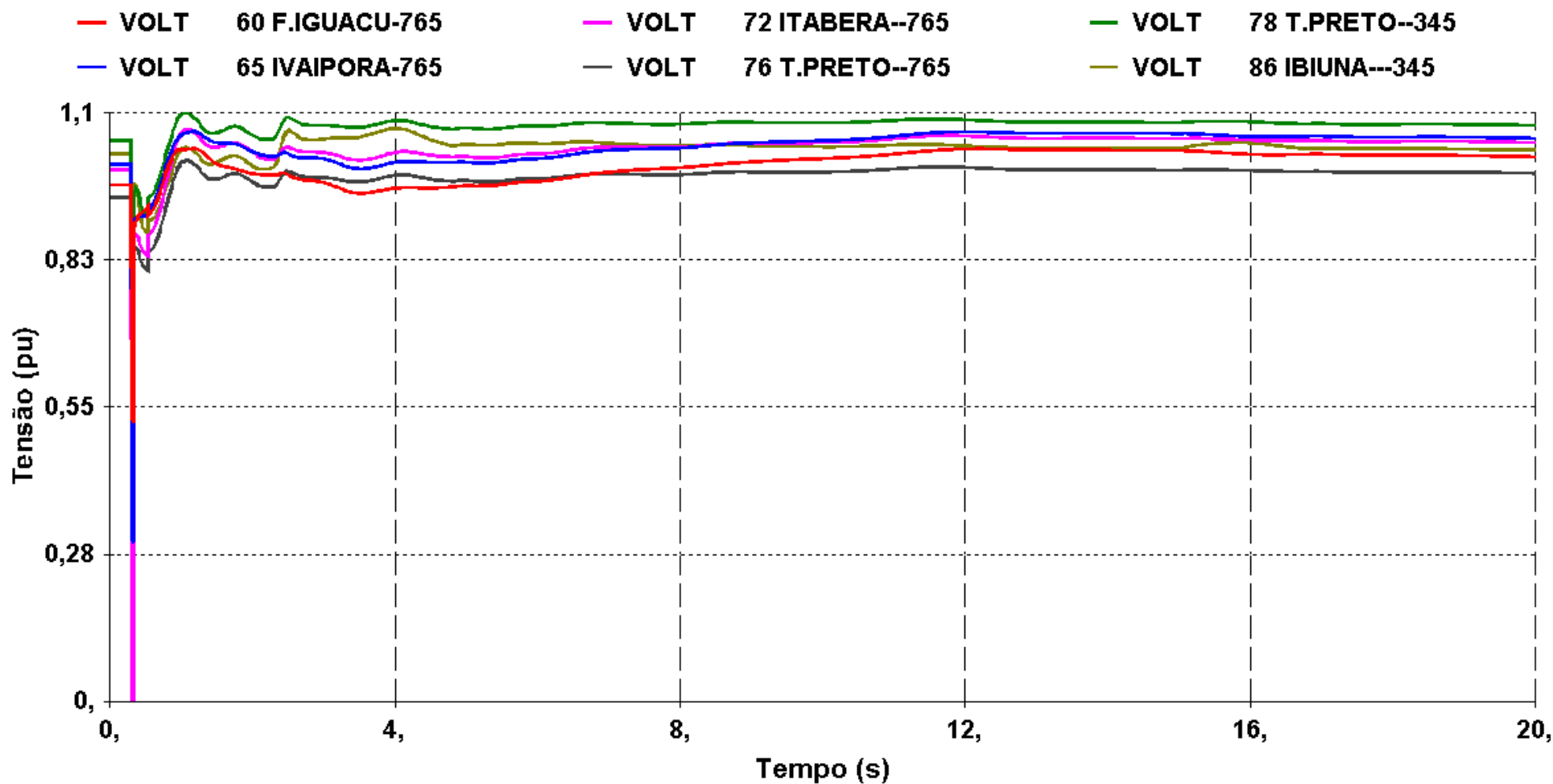
# Perda dupla Ivaiporã – Itaberá 765 kV, corte 4 máquinas UHE Itaipu

## Freqüência das máquinas



# Perda dupla Ivaiporã – Itaberá 765 kV, corte 4 máquinas UHE Itaipu

## Perfil de tensão no tronco de 765 kV e na SE Ibiúna





# Perda dupla Ivaiporã – Itaberá 765 kV, corte 4 máquinas UHE Itaipu

## Perfil de tensão nos troncos de 345, 440 e 500 kV

