



GPL/021

21 a 26 de Outubro de 2001  
Campinas - São Paulo - Brasil

**GRUPO VII  
PLANEJAMENTO DE SISTEMAS ELÉTRICOS**

**AMPLIAÇÃO DA INTERLIGAÇÃO SUL-SUDESTE – NOVO PARADIGMA**

Manoel Ricardo D. Azevedo*	Luiza Maria S. Carijó	Maria Alzira N. Silveira	Denilton Palhares	João Batista Gribel
		Furnas Centrais Elétricas		
	Carlos Eduardo Coutinho		Marco Antonio da Silva	
		ELETROBRAS		
José Carlos M. Martins EPE	Walter Leite Praça CTEEP	Milton Weber ELETROSUL	José Roberto Pinto COPEL	

**RESUMO**

O objetivo deste trabalho é fazer um histórico dos estudos realizados pelo GTIN (Grupo Técnico de Estudos da Interligação Sul/Sudeste) do extinto GCPS (Grupo Coordenador de Planejamento dos Sistemas Elétricos) nos anos de 1997[1] e 99[2] e apresentar os estudos realizados recentemente pelo CCPE (Comitê Coordenador de Planejamento da Expansão dos Sistemas Elétricos) para consolidar a transmissão entre Ibiúna e Bateias. Dessa forma subsidiar a elaboração do edital para licitação deste empreendimento pela Aneel [4] e [5] .

**PALAVRAS-CHAVE:** Interligações elétricas, circuitos duplos e submercados.

**1.0 – INTRODUÇÃO E HISTÓRICO**

Como forma de enfrentar as dificuldades de elevar, a nível nacional, a oferta de energia, o setor elétrico brasileiro identificou na importação de energia de países vizinhos uma solução para abastecer, em parte, o crescimento de sua demanda interna.

Para atender ao consumo do sistema brasileiro, as interligações com os países do Mercosul aparecem como oportunidades potencialmente atraentes, dado, até mesmo, o caráter de complementaridade que se manifesta entre o nosso sistema, de composição fundamentalmente hidrelétrica, e a forte base térmica, em particular, do sistema da Argentina, onde, devido à modicidade do preço do gás natural, há, na atualidade, um excedente apreciável de oferta.

O Grupo de Trabalho para Estudo da Interligação Sul-Sudeste – *GTIN*, em seu ciclo de estudos de 1997 [1], analisou as necessidades de reforços no sistema de transmissão para importação da Argentina e Uruguai nos seguintes montantes: 1.000MW na conversora de

Garabi; 456MW na usina térmica a gás de Uruguai; 300MW do Uruguai, conversora em Rivera; e mais 1.000MW da Argentina, através de conversora 50/60 Hz em Santo Antônio do Sudoeste (PR).

O *GTIN/97* constatou que as estruturas de transmissão até então planejadas de interligação entre os Sistemas Sul e Sudeste seriam insuficientes para fazer frente às necessidades de intercâmbios interregionais que se estabeleceriam a partir do cenário de importação de energia descrito. Tal insuficiência de recursos na transmissão ocorreria mesmo considerando-se a complementação do terceiro circuito CA 750kV de Itaipu, desde Foz do Iguaçu até Tijuco Preto.

A partir dessa constatação o *GTIN/97* passou a analisar possibilidades de novos pontos de interligação entre os sistemas, desenvolvendo famílias de alternativas que contemplavam novos circuitos em 500kV lançados em direção ao sistema interligado do Sudeste, a partir da região de Curitiba e a partir do norte do Paraná.

É importante destacar a necessidade, nesse caso, de conceber alternativas de reforço que sejam de fato eficazes no sentido de promover incremento na capacidade de troca entre os dois subsistemas. Isto por que, frente à grande capacidade de transmissão do tronco de 750kV do sistema de Itaipu, existe a tendência dos fluxos de potência se darem por esse caminho de baixa impedância, concentrando no eixo Ivaiporã – Tijuco Preto os intercâmbios Sul-Sudeste, e deixando os novos elementos de interligação pouco carregados.

Nesse contexto foram analisadas diversas alternativas pelo *GTIN/97*, que são listadas abaixo:

- LT Londrina - Assis 500kV; LT Londrina - Campinas 500kV; LT Ibiúna-Bateias 500kV e LT Bateias - Tijuco Preto 500kV

(\*) FURNAS – Rua Real Grandeza, 219 – sala 1601 – Bloco C – Botafogo – Rio de Janeiro – RJ – CEP 22283-900  
Tel: (21) 528-5671 – FAX: (21) 528-4857 - e-mail: [mricardo@furnas.com.br](mailto:mricardo@furnas.com.br)

As duas que se destacaram como aquelas de melhor desempenho técnico-econômico e objeto de apreciação mais aprofundada em regime permanente e dinâmico foram as alternativas que ligavam a SE Bateias 500kV, na região de Curitiba, à SE Ibiúna (alternativa A2) e à SE Tijuco Preto (alternativa A1).

Após essas avaliações elétricas complementares foi indicada a ligação Ibiúna-Bateias 500kV como aquele reforço mais adequado técnica e economicamente para a expansão da capacidade de intercâmbio na interligação Sul-Sudeste. Tal alternativa compreendia a recomposição do setor de 500kV de Ibiúna e da transformação 500/345kV respectiva, bem como o retorno à operação na tensão de 500kV da LT Ibiúna-Campinas.

Muito embora todo um programa de obras tenha sido levantado, alguns aspectos, associados à caracterização dessa expansão não foram esgotados no âmbito do *GTIN/97*, mantendo-se parâmetros referenciais para a configuração da linha Bateias-Ibiúna 500kV, para a potência do novo transformador 500/345kV de Ibiúna bem como no que se refere aos requisitos gerais de compensação reativa, para os quais já se acenava com montantes bastante elevados, envolvendo, inclusive, compensação variável, especialmente para fazer frente às emergências “internas” à interligação Sul-Sudeste.

A versão 1999 [2] do *GTIN* foi realizada segundo a premissa de importação de 3.000 MW da Argentina – 2.000MW através de Garabi e 1.000MW em Santo Antônio do Sudoeste, montante esse que estaria disponibilizado, segundo aquelas premissas, a partir do ano 2002.

A combinação dessas injeções do Mercosul com o programa de geração (hidráulica e térmica) planejado para a Região Sul, deu ensejo à elevação dos excedentes naquela região, sendo necessário, portanto, proceder a uma revisão do planejamento do sistema de transmissão com vistas a permitir as trocas entre os sistemas Sul e Sudeste dentro de critérios adequados de desempenho da rede.

O *GTIN/99* adotou as configurações de rede reforçadas conforme o *GTIN/97*, constando, portanto, da configuração de partida da rede de transmissão, dentre outros, o terceiro circuito de 750kV de Itaipu completo, 3º e 4º bancos de 750/345kV de Tijuco Preto, a LT Campos Novos – Blumenau 500kV e, especialmente, a presença do circuito Ibiúna – Bateias 500kV (e empreendimentos associados).

Foram estudadas novas alternativas, a partir da configuração básica referida, para acomodar a nova injeção de 1.000MW e permitir os cenários de intercâmbio Sul – Sudeste então analisados – com maior ênfase, no caso, devido à ampliação dos excedentes no Sul, às trocas com sentido Sul-Sudeste.

Dessa análise surgiu um novo programa de ampliações na rede, tendo como obra principal característica, de

reforço efetivo à capacidade da Interligação Sul-Sudeste, um novo circuito em 500kV da região de Curitiba em direção à São Paulo, cronologicamente associado à nova injeção de 1.000MW proveniente da Argentina.

Além desse reforço, outras obras foram indicadas para o mesmo ano (2002), relacionadas à adequação do Sistema Sul – antecipação da transformação (2º banco) 500/230kV de Cascavel V e da LT Cascavel V-Umuarama-Maringá 230kV – e, em particular, um forte incremento da capacidade instalada de compensação reativa (fixa e variável) no sistema de Itaipu.

As duas versões do *GTIN* mencionadas, aquelas dos anos de 1997 e 1999, incorporaram ao planejamento setorial conceitos e soluções importantes no que se refere à expansão da rede e ao incremento da capacidade de intercâmbio entre as Regiões Sul e Sudeste. Contudo, além da identificação das obras mais atraentes e sugestão de cronologia para esses reforços, o *GTIN*, explicitamente ou de forma subliminar, trouxe à tona várias indagações que requerem aprofundamento e que devem ser objeto da atenção do planejamento da expansão setorial, atividade cíclica por natureza.

Indagações de relevo frente às decisões a serem tomadas quanto aos reforços de transmissão associam-se, por exemplo, à viabilidade sócio-ambiental de dadas instalações, às dificuldades de obtenção de corredores de passagem para novos circuitos, aos montantes extremados de compensação reativa requeridos pelo sistema (que podem sinalizar insuficiência de circuitos), aos critérios de carregamento de troncos com desempenho crítico sob o ponto de vista sistêmico, dentre outros tópicos.

É a partir do patamar de conhecimento lançado pelo *GTIN/97* e *GTIN/99*, dos questionamentos que requerem aprofundamento de visão e da necessidade de caracterizar tecnicamente os próximos reforços da Interligação Sul-Sudeste para licitação de sua concessão que se desenvolveram os estudos apresentados neste trabalho. Cabe ressaltar, finalmente, que o montante de oferta previsto no Plano Indicativo da geração atual, para a Região Sul, ano de 2002, é equivalente ao estudado pelo *GTIN/99* para o ano de 2005. Portanto, os excedentes exportáveis a partir do Sul são similares àqueles para os quais foi apontada anteriormente a solução de reforço da Interligação Sul-Sudeste por meio de uma LT 500kV de Bateias para Ibiúna e uma LT 500kV de Curitiba para Tijuco Preto.

Entretanto, problemas recentes de natureza sócio-ambiental vivenciados com a construção do terceiro circuito de 750kV, ficou evidente que uma nova conexão a SE Tijuco Preto seria muito problemática. Desta forma, conectar os dois circuitos na SE Ibiúna é a melhor decisão a nível de planejamento.

## 2.0 – INTERLIGAÇÃO SUL-SUDESTE ATUAL

As regiões Sul e Sudeste são fortemente interligadas pelo sistema de 750kV da usina de Itaipu, via transformação 750/500kV de Ivaiporã e por uma fraca interligação através de LT's de 230, 138 e 88kV ao norte do Paraná.

Para se fazer maiores intercâmbios entre estas regiões e dessa forma aproveitar o potencial hidrotérmico, em expansão, da região Sul, faz-se necessário buscar novos corredores de transmissão. Entretanto, cabe ressaltar que este é um dos maiores desafios para os planejadores de sistemas elétricos, tendo em vista a legislação ambiental em vigor no Brasil.

### 3.0 – PREMISSAS BÁSICAS PARA AMPLIAÇÃO DESTA INTERLIGAÇÃO

Na análise técnica das alternativas de transmissão foram utilizadas as seguintes premissas:

#### 3.1 – Despacho da Usina de Itaipu

Adotou-se como estratégia operativa buscar-se a maximização da utilização dos sistemas de CCAT e de 750kV de Itaipu, ou seja, quando necessário, utilizar-se ao máximo sistema de CCAT, o que dará maior flexibilidade ao sistema de 750kV para desempenhar a sua dupla função, ou seja, transmitir simultaneamente a geração de Itaipu 60Hz e fluxos do Sul para o Sudeste, quando necessário.

Tendo em vista que esta usina é considerada como sendo uma usina da região Sudeste, em virtude de seguir o regime hidrológico das bacias localizadas nesta região, cabem as seguintes considerações sobre o despacho de geração da mesma:

- para se obter intercâmbios da região Sudeste para a região Sul, ou seja, situação em que a região Sudeste encontra-se em melhores condições hidrológicas que a região Sul, considerou-se que o despacho de geração na usina de Itaipu deva procurar maximizar a geração do setor de 60 Hz, tendo como limite a potência de 6300MW, visto que este intercâmbio é extremamente sensível a esta geração, e complementando-se no setor de 50Hz a geração programada para esta usina;
- na obtenção do intercâmbio Sul-Sudeste, temos uma situação hidrológica oposta a anterior, dessa forma procurou-se considerar como limite inferior de geração na usina de Itaipu a sua energia assegurada (aprox. 8612MW médios).

Dessa forma para possibilitar a obtenção dos máximos intercâmbios da região Sul para a região Sudeste, via sistema de transmissão de 750kV, procurou-se aumentar a geração do setor de 50Hz e diminuir a geração do setor de 60Hz, de tal forma que o somatório das duas gerações (50/60Hz) fosse maior ou igual a energia assegurada para esta usina.

#### 3.2 – Fluxos máximos no sistema de 750kV

Foi considerado o valor de 7000MW, medidos na SE Tijuco Preto 750kV. Cabe ressaltar que este fluxo é a soma da geração da usina de Itaipu, setor de 60Hz

mais parte do fluxo do Sul para o Sudeste. Cabe observar que a adoção desta premissa tem como objetivo diminuir a frequência de operação dos ECE'S (esquemas de controle de emergências) implantados neste sistema que desligam até 3 máquinas na usina de Itaipu, tendo em vista as suas implicações sobre o sistema interligado brasileiro, como por exemplo desligamento da interligação Norte-Sul, que dependendo do seu carregamento e do patamar de carga do sistema, poderá provocar grandes cortes de carga no sistema interligado brasileiro, mesmo após a sua duplicação.

#### 3.3 – Compactação da transmissão

De forma a minimizar os custos e riscos ambientais na execução desta interligação surge a utilização de circuitos duplos, amplamente testados nas redes de 345 e 440kV de São Paulo e 500kV do Rio de Janeiro como uma das alternativas contempladas no estudo.

#### 3.4 – Incertezas futuras e o novo modelo para o Setor

Há que se ressaltar que não se deve criar limitações elétricas (restrições por equipamentos) à utilização desta interligação face ao grande potencial de energia que poderão ser transmitidos da região Sul para a região Sudeste, e vice versa. Adicionalmente deve-se considerar o novo papel assumido pelas grandes interligações elétricas dentro do novo modelo do Setor, no que diz respeito a propiciar maior concorrência na comercialização da energia, garantindo menores preços com a eliminação de submercados.

### 4.0 – ESTUDOS ENERGÉTICOS

Em sistemas elétricos com predominância hidráulica como é o caso do sistema brasileiro, o problema fundamental é a produção de energia para atendimento aos requisitos de mercado, nos períodos hidrológicamente desfavoráveis. Por outro lado, o atendimento à ponta de carga é de fácil equacionamento tendo em vista que o fator de capacidade das usinas pode ser convenientemente dimensionado em relação ao fator de carga do mercado, considerando-se as reservas necessárias.

As regiões elétricas brasileiras apresentam seus potenciais hidráulicos explorados em níveis bastante diferentes. Assim temos a região Sudeste bastante explorada, enquanto a região Sul, embora com grandes potenciais, tenha reduzida exploração.

O processo de definição das interligações elétricas tem início com a criação de alternativas de expansão do parque gerador, a nível nacional, incorporando diferentes estratégias de desenvolvimento a longo prazo.

Pela filosofia adotada no sistema elétrico brasileiro, de otimização em termos globais, cada alternativa de expansão já tem incorporado, implicitamente, um intercâmbio energético entre as regiões e a forma de viabilizá-los e a transmissão (interligações elétricas).

Cabe ressaltar que os simuladores energéticos (programas para computadores) procuram otimizar o custo global de operação, bem como a eliminação de eventuais déficits, pela transferência de energia de um subsistema para o outro, dando sempre prioridade à geração de energia de mais baixo custo. Dessa forma são obtidos intercâmbios médios mensais entre as regiões, considerando-se o histórico de vazões.

A partir de simulações energéticas [6], foram obtidas as frequências (em %) para faixa de valores de intercâmbios da região Sul para a região Sudeste e vice versa, ver Tabela 1.

TABELA 1 – Simulações Energéticas

Valor de intercâmbio (MW)	2002	2004	2006	2008
4000	7,42	15,36	29,69	33,85
3000	12,24	10,55	8,07	11,33
2000	9,24	9,51	5,86	6,64
1000	8,07	7,55	8,33	5,86
0	13,41	14,84	12,24	12,11
-1000	10,81	13,28	8,33	6,51
-2000	12,50	10,16	7,16	7,03
-3000	10,29	6,90	8,98	6,64
-4000	16,02	11,85	11,33	10,03

Obs: valores positivos, intercâmbio do Sul para o Sudeste; negativos, o inverso.

Tendo em vista que o sistema de 750kV terá dupla função, ou seja transmitir, simultaneamente, a geração de Itaipu 60Hz e parte do fluxo da região Sul para a região Sudeste, faz-se necessário as seguintes considerações sobre o despacho da usina de Itaipu 60Hz:

- para que a usina de Itaipu obedeça, no mínimo, a sua energia assegurada de 8612MW médios, estando o setor de 50Hz despachado com 5600MW médios. O setor de 60Hz terá de obedecer, no **mínimo**, a uma geração de 3012MW médios. Sendo os tempos de permanência nos patamares de carga leve, média e pesada, respectivamente, 7 horas, 14 horas e 3 horas, numa base diária, teremos as seguintes expectativas de gerações para o setor de 60Hz, quando a região Sul estiver exportando energia para a região Sudeste, ver Tabela 2.

TABELA 2 – UHE Itaipu, setor de 60Hz

Patamar de carga	Geração (MW)
carga leve	2800 (4x700)
carga média	3500 (5x700)
carga pesada	4200 (6x700)

Após essas considerações pode-se montar a Tabela 3, mostrada a seguir, envolvendo fluxos da região Sul para a região Sudeste (fluxo no trafo de Ivaipora + fluxo na Ibiúna-Bateias + fluxo nos sistemas de 230, 138 e 88kV ao norte do Paraná) com a **máxima geração possível na usina de Itaipu 60Hz**, respeitando-se o limite de transmissão para o sistema de 750kV de 7000MW.

TABELA 3 – Geração de Itaipu e Fluxos na Interligação

Patamar de carga	Geração Itaipu 60Hz (MW)	Fluxo no trafo de Ivaipora (MW)	Fluxo na Bateias-Ibiúna (MW)	Fluxo do Sul para o Sudeste (MW)
Leve(1)	4900	2100	2300	4700
Média(2)	4900	2126 (3)	2224	4570
Pesada(2)	5600	1456 (3)	1940	3227

Obs: ano de 2006 como fonte.

(1) valores inferidos.

(2) valores obtidos nos estudos de fluxo de potência [4].

(3) valores considerando a emergência de um dos bancos, com sobregarga de 40%(curta duração).

Pela análise da tabela acima verifica-se que são cumpridas com grande margem as metas energéticas apresentadas anteriormente, tanto para a geração de Itaipu, quanto para os intercâmbios.

## 5.0 – ALTERNATIVAS ESTUDADAS

Considerando aspectos de viabilidade técnica e econômica, foram estabelecidas as seguintes alternativas:

**Alternativa 1 – Circuito Simples em 500kV** entre as SE Ibiúna e Bateias.

**Alternativa 2 – Circuito Simples em 500kV** entre as SE Ibiúna e Bateias com compensação da reatância série de 55%.

**Alternativa 3 – Circuito Duplo em 500kV** entre as SE Ibiúna e Bateias.

**Alternativa 4 – Circuito Duplo em 500kV** entre as SE Ibiúna e Bateias com compensação da reatância série de 55% nos dois circuitos.

**Alternativa 5 – Dois Circuitos Simples em 500kV** entre as SE Ibiúna e Bateias com compensação da reatância série de 55% nos dois circuitos.

## 6.0 – AVALIAÇÃO TÉCNICA DAS ALTERNATIVAS

### 6.1 – Análise de regime permanente

#### 6.1.1 – Dimensionamento da compensação série

Os estudos técnico-econômico para otimização dos condutores [5] indicaram que para circuitos simples seja utilizado o cabo de 954 MCM (Rail) com 3 subcondutores por fase, e para o circuito duplo seja utilizado o cabo de 900 MCM (Ruddy) com 3 subcondutores por fase.

O grau de compensação série da LT Ibiúna-Bateias foi definido considerando-se que esta LT deverá ser um elo atrativo ao fluxo da Região Sul para a Região Sudeste e vice-versa, concorrendo portanto com o sistema de 750kV. Dessa forma para as alternativas

estudadas, onde a tensão utilizada foi a de 500kV, o grau mínimo de compensação necessário foi de 50 %.

Cabe ressaltar que ao se fazer um caminho alternativo ao sistema de 750kV, os custos de investimentos associados a esta interligação podem ser menores que os investimentos a serem realizados no sistema 750kV com compensação reativa paralela variável, transformações e maiores perdas elétricas caso não se faça esta interligação ou se faça uma interligação mais fraca.

Pela análise de regime permanente verificou-se que as alternativas 1, 2 e 3 não conseguem manter um fluxo pelo sistema de 750kV menor ou igual à 7000MW conforme pretendido pelos estudos de Planejamento e dessa forma exigem maiores reforços de transmissão e compensação reativa controlada neste sistema.

Para as alternativas 4 e 5 que consideraram 1 circuito duplo com compensação série e 2 circuitos simples com compensação série, respectivamente, conseguiu-se a maximização para os intercâmbios da região Sul para a região Sudeste sem violar o limite de 7000MW no sistema de 750kV. O grau de compensação série que possibilitou esta maximização foi de 55%. Com este grau de compensação pode-se transmitir pelo circuito duplo Ibiúna-Bateias fluxos da ordem de 2500MW, o que confere a esta interligação capacidade similar a de um quarto circuito de 750kV.

O critério de dimensionamento da potência do banco de capacitores série por circuito foi a emergência do circuito paralelo. Foi considerada a capacidade de sobrecarga de longa duração (8 horas) de 10% na corrente nominal, conforme definido pelas normas técnicas. Dessa forma a potência dos bancos de capacitores série é de 900Mvar por circuito, na tensão nominal de 525kV.

Pelo estudo de regime permanente verifica-se que a SE Ibiúna necessita de forte controle de tensão na emergência de um dos circuitos Ibiúna-Bateias e outras emergências de LT's a ela ligadas, deve ser escolhida para a instalação destes bancos.

#### 6.1.2 – Dimensionamento da compensação paralela

Os estudos de regime permanente envolvendo energização e rejeição de carga contemplaram 3 alternativas de instalação de reatores que atendem as configurações de circuito simples e circuito duplo, a saber, ver Tabela 4.

TABELA 4 – Compensação Indutiva Paralela

Alternativa	Grau de Compensação (%)	SE Ibiúna (Mvar)	SE Bateias (Mvar)
A	66	2 x 150	2 x 150
B	50	2 x 75	2 x 150
C	33	0	2 x 150

Dentre as condições de carga estudadas, foi no patamar de carga leve do sistema Sul/Sudeste onde se

verificou a condição mais severa para energização desta LT. Isto ocorre principalmente no sentido de Bateias para Ibiúna, devido a se ter menor controle de tensão na SE Bateias 500kV.

Pelos resultados dos estudos de energização/sincronização e rejeição de carga à frequência fundamental foi concluído que a alternativa de reatores a ser realizada deve ser a alternativa B, visto que no caso mais crítico a tensão se manteve abaixo do valor de 600kV (tensão máxima de operação de curta duração). Esta alternativa foi também ratificada pelos estudos de regime transitório [5].

#### 6.1.3 – Dimensionamento da transformação de Ibiúna

No cenário de intercâmbio do Sudeste para o Sul esta transformação tem o fluxo do 345kV para o 500kV atingindo cerca de 1000MVA em regime normal. Neste cenário o fluxo em regime é o mais severo. A emergência da LT 500kV Ibiúna-Campinas, neste caso não é determinante para esta transformação.

No cenário de intercâmbios da Região Sul para a Sudeste esta transformação tem o fluxo do 500kV para o 345kV atingindo cerca de 850MVA em regime. Durante a emergência da LT 500kV Ibiúna - Campinas todo o fluxo proveniente da Região Sul vai para o sistema de 345kV de São Paulo. A pior situação vislumbrada para esta transformação, durante emergência, foi no ano de 2006, na carga média. As avaliações indicaram a necessidade de um total de 2100MVA para a situação da emergência da LT Ibiúna-Campinas que corresponde a uma capacidade instalada de 1500MVA, ou seja, admitiu-se uma sobrecarga de 30 minutos de 40%. Cabe observar que existem medidas operativas que eliminam esta sobrecarga naquele tempo.

Com base em análises econômicas, verificou-se um empate entre as configurações de um banco de transformadores 500/345kV ,1500MVA (4x500MVA) e a de dois bancos de 750MVA (7x250MVA), na SE Ibiúna.

A configuração de 1500MVA, foi descartada em razão da reduzida flexibilidade operativa, custos mais elevados de operação e manutenção, maiores dificuldades para a expansão futura, menor confiabilidade e menor flexibilidade de recomposição do sistema, comparadas com a adoção de duas unidades de 750 MVA.

#### 6.2 – Análise Dinâmica

Tendo em vista que a SE Ibiúna é de grande importância para o sistema interligado brasileiro, por receber o elo de CCAT de Itaipu (potência da ordem de 6000MW) é de suma importância que o dimensionamento do seu suporte de tensão seja bem criterioso. Dessa forma o dimensionamento dos bancos de capacitores série foi feito de tal forma que seja baixo o risco de haver "by-pass" do banco de capacitor da linha remanescente, após a perda de um dos circuitos Ibiúna-Bateias, evitando-se assim a

possibilidade de instabilidade do sistema interligado brasileiro.

Estando a LT Ibiúna-Bateias transmitindo 2000MW na condição de carga pesada foi simulado o curto-circuito monofásico em Ibiúna 500kV, com perda de um circuito sem e com "by-pass" do banco de capacitor remanescente, ver Figuras 1 e 2, respectivamente.

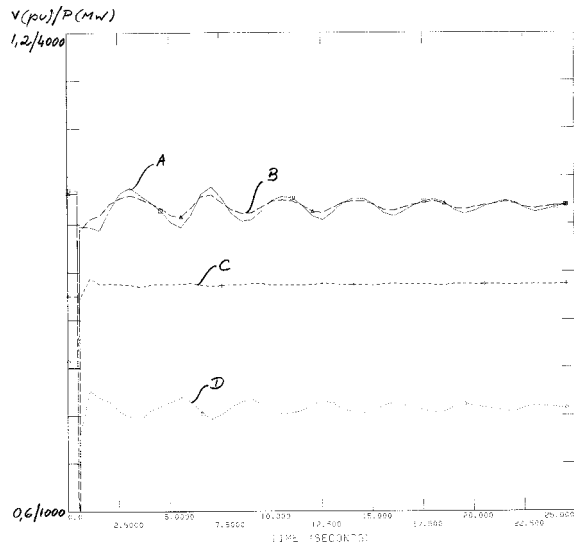


Figura 1 – sem "by pass" do capacitor série

Curva A tensão em pu barra de Tijuco Preto 750kV  
 Curva B tensão em pu barra de Ibiúna 500kV  
 Curva C fluxo em MW Itaberá-T. Preto 1 750kV  
 Curva D fluxo em MW Ibiúna-Bateias 500KV

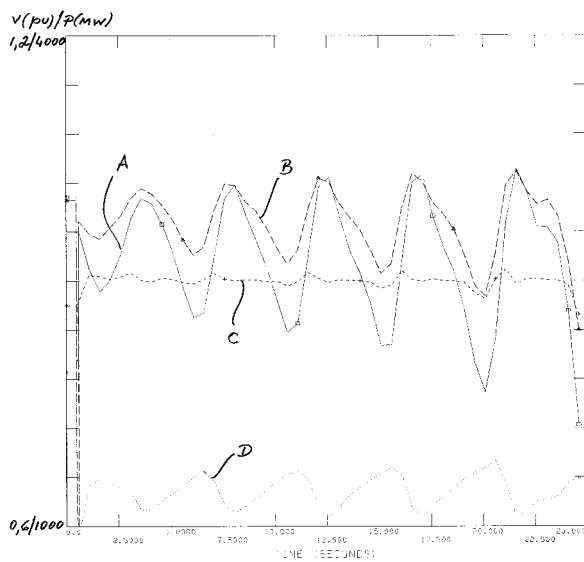


Figura 2 – com "by pass" do capacitor série

Curva A tensão em pu barra de Tijuco Preto 750kV  
 Curva B tensão em pu barra de Ibiúna 500kV  
 Curva C fluxo em MW Itaberá-T. Preto 1 750kV  
 Curva D fluxo em MW Ibiúna-Bateias 500KV

## 7.0 - AVALIAÇÃO ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS

Para a comparação econômica das alternativas avaliou-se o custo de implantação das alternativas (investimento). Com relação às perdas cabe ressaltar que, embora não tenham sido computadas nesta análise econômica, em todos os cenários analisados, as alternativas 4 e 5 são as que apresentam menores perdas. Os custos unitários foram obtidos de[3]. Como resultado final tem-se a alternativa 4 apresentando o menor custo de investimento, da ordem de US\$ 170,00 milhões.

## 8.0 – CONCLUSÕES

A melhor alternativa, tanto sob o ponto de vista técnico como econômico, foi a **ALTERNATIVA 4 - Circuito Duplo com Compensação Série**.

Nesta alternativa constam os seguintes equipamentos:

- 340km (estudos posteriores indicaram 328km) de linha em circuito duplo 3x900 MCM em 525kV entre as SE Ibiúna e Bateias,
- 4 vãos de entrada de linha em 525kV,
- 7 reatores monofásicos de linha de 50Mvar, 525kV, na SE Bateias,
- 7 reatores monofásicos de linha de 25Mvar, 525kV, na SE Ibiúna
- Compensação série com um grau de 55% em cada circuito, totalizando 900Mvar por circuito e isolado para 600kV,
- 7 Transformadores monofásicos 525/345kV de 250MVA na SE Ibiúna,
- 2 vãos de transformador em 525kV,
- 2 vãos de transformador em 345kV.

Conclui-se que os bancos de transformadores tenham reatância  $X_{ps}$  menor ou igual a 10% na base própria e um LTC de + ou - 4 x 2.5%, no lado que levar ao menor custo de projeto.

## 9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Grupo de Trabalho para Estudo da Interligação Sul-Sudeste – GTIN 1997- GCPS/CTST/S-SE/GTIN/035/97.
- [2] Grupo de Trabalho para Estudo da Interligação Sul-Sudeste – GTIN 1999- GCPS/CTST/S-SE/GTIN/000/99.
- [3] Referências de Custos LT's e SE's de AT e EAT – ELETROBRAS Junho de 1999.
- [4] Empreendimento Ibiúna-Bateias Estudos de Sistema – CCPE – Julho de 2000.
- [5] Seleção dos Condutores e Estudos de Transitório para a LT Ibiúna-Bateias – CCPE – Julho de 2000.
- [6] NI.I.DPST.T.008.98-Ampliação da Interligação Norte-Sul – Intercâmbios entre os Subsistemas.