



**SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

GAT - 17
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

GRUPO IV

GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - GAT

A INFLUÊNCIA DOS MODELOS DOS CONTROLADORES DAS MÁQUINAS NA TOMADA DE DECISÃO NO PLANEJAMENTO: UMA VISÃO PRÁTICA DOS ESTUDOS DE ESTABILIDADE DA EXPANSÃO DA INTERLIGAÇÃO NORTE- SUL

Paulo Max M. Portugal* Carlos Eduardo V. M. Lopes Márcio Goldenberg Sereno Waschington F. Alves

ELETROBRÁS

ELETROBRÁS

FURNAS

ELETROBRÁS

RESUMO

A partir do meado de 2006, Tucuruí terá sua capacidade de geração aumentada para 8370 MW, que dependendo das condições de carga do sistema cerca de 50 % desse montante poderá ser usado como exportação da região Norte.

Estudos energéticos realizados pelo CTDO/CTET mostraram atratividades na implantação do 3º circuito da Interligação Norte-Sul e da LT 500 kV Colinas - Ribeiro Gonçalves - São João do Piauí – Sobradinho, propiciando um escoamento da energia excedente da UHE Tucuruí para as regiões Sudeste, Centro Oeste e Nordeste. Para essa condição, os estudos da Interligação Norte- Sul foram de grande importância para o SIN.

PALAVRAS-CHAVE

Interligação Norte- Sul, Compensação série, Modelagem de controladores, Estabilidade.

1.0 - INTRODUÇÃO

1.1 Objetivo

O principal objetivo da análise de desempenho dinâmico para a ampliação da Interligação Norte-Sul em 500kV foi identificar problemas de estabilidade eletromecânica nas alternativas propostas, referências[1,3], e conseqüentemente, se necessário, estabelecer reforços e/ou reprogramação dos planos de obras previstos que resolvam estes problemas, permitindo assim uma comparação efetiva do desempenho técnico-econômico entre as alternativas de transmissão estudadas.

Um dos principais focos do estudo de estabilidade foi eliminar as atuais restrições de origem dinâmica no despacho das unidades da UHE Tucuruí I e II, dispensando assim os atuais esquemas automáticos de corte de geração que foram implementados para garantir a estabilidade do sistema de transmissão após a perda de qualquer circuito entre Marabá e Tucuruí e garantindo um despacho de 100 % das máquinas desta usina.

A análise dinâmica verificou também a capacidade dos reforços estabelecidos no presente trabalho, referências[1,3], em garantir o pleno despacho em qualquer uma das seguintes usinas: Cana Brava, Serra da Mesa, Peixe Angical e Lajeado, respeitando o limite de fluxo na interligação Norte-Sul estabelecido em 3900 MW, sem que sejam necessárias as implementações de novos esquemas automáticos de corte de geração para algumas emergências no Sistema Interligado Brasileiro(SIN).

1.2 Considerações iniciais

*Avenida Marechal Floriano, 19 – 14º andar – CEP 20080-003 - Centro – Rio de Janeiro- RJ - BRASIL
Tel.: (21) 2514-5437 - Fax: (21) 2514-5210 - e-mail: portugal@eletrobras.com

O estudo de desempenho dinâmico da expansão da Interligação Norte-Sul foi desenvolvido inicialmente para o ano de 2007, quando se prevê a entrada em operação do terceiro circuito, e posteriormente para o ano 2011, horizonte do estudo.

Para o ano de 2007 as análises efetuadas abrangeram todas as alternativas, cenários e patamares de carga contemplados na referência[1], enquanto que para o ano 2011 somente foram procedidas análises para as alternativas que apresentaram melhor desempenho técnico-econômico em regime permanente.

A análise para o ano 2011 objetivou basicamente verificar a consistência do desempenho dinâmico destas configurações, considerando a presença dos aproveitamentos hidrelétricos no médio Tocantins previstos para entrar em operação no período de 2007 a 2011, incluindo também o CHE Belo Monte.

É importante observar que a configuração de integração do CHE Belo Monte neste estudo foi aquela definida nas referências [6,7], quando esta usina se encontra com um montante de 50% de sua capacidade instalada. Portanto, como esta configuração de integração ao SIN não é a definitiva, a análise para 2011 deve ser considerada como indicativa e conseqüentemente, não podendo ser utilizada para conclusões definitivas e determinativas, devendo ser reavaliada posteriormente quando, em um outro estudo específico, forem incluídas as análises das diversas alternativas de integração do CHE Belo Monte.

Para o sistema receptor Sudeste, adotou-se inicialmente a configuração de referência definida na fase inicial do estudo, composta basicamente dos seguintes circuitos de transmissão:

- LT 500 kV Serra da Mesa – Samambaia – 4º circuito.
- LT 500 kV Samambaia - Nova Ponte.

Observa-se que esta configuração adotada no estudo tem menor capacidade de transmissão que àquela que foi posteriormente definida no estudo de detalhamento para o sistema receptor do sudeste, referência[2], e, portanto, os resultados apresentados neste relatório são conservadores.

Para se ter uma maior sensibilidade, foram feitas novas análises considerando a nova configuração para o sudeste definida na referência [2], buscando avaliar o desempenho dinâmico em condições críticas de carregamento e obter um grande resultado para a seleção das alternativas. Foram incluídas também avaliações adicionais da influência da interligação Tucuruí-Macapá-Manaus no desempenho dinâmico do terceiro circuito da interligação Norte-Sul.

2.0 - DESCRITIVO DO TRABALHO

As alternativas propostas para os estudos do terceiro circuito da interligação Norte-Sul, referências[1,3], foram analisadas visando o comportamento eletromecânico e obedecendo os critérios de estabilidade eletromecânica do CCPE.

Neste estudo, cada configuração proposta foi analisada, sob o enfoque de estabilidade, de modo a permitir o escoamento simultâneo de pelo menos 90% da potência total instalada nas usinas do médio Tocantins para as regiões Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste, como também 100% da potência individual de cada usina, porém limitando em todos os casos a potência total transmitida em qualquer trecho da interligação NORTE-SUL em 3900 MW.

Foram considerados dois patamares de carga, a saber leve e pesada, em três cenários de geração, previstos para 2007, verificando-se também a capacidade de se acomodar a evolução do plano indicativo de expansão da geração com a entrada em operação das usinas do médio Tocantins previstas até o ano 2011 e o sistema referência de transmissão do CHE Belo Monte citado nas referências[6,7].

Vale ressaltar, dentre todas as condições consideradas de cenários para o sistema interligado brasileiro, que as mais críticas sob o ponto de vista de estabilidade eletromecânica foram:

- cenário 1, na condição de carga leve, em que a região Sudeste é máxima importadora de energia, com a menor quantidade de unidades geradoras despachadas nesta região;
- cenário 3, na condição de carga pesada, em que a região sudeste é máxima exportadora de energia, quando ocorre uma baixa hidraulicidade nas regiões Norte e Nordeste e, conseqüentemente, suas usinas estão operando com número reduzido de geradores, isto é, com baixa inércia no sistema;

Como resultado desta análise, todas as alternativas apresentaram desempenho dinâmico adequado para o funcionamento do sistema interligado.

Após concluída a análise em regime permanente e os planos de obras de todas as propostas, as alternativas 3 e 5, descritas nas referências[1,3], apresentaram menor custo para a sua implementação e, de posse deste resultado, foram feitas simulações complementares para se verificar a robustez e flexibilidade de cada uma delas. A alternativa 3, em virtude de promover maior aproximação elétrica entre as regiões Norte/ Nordeste com a região Sudeste, apresentou melhor amortecimento das oscilações do que a alternativa 5, quando testadas para os despachos básicos dos cenários estudados.

A análise adicional para verificar a capacidade destas alternativas, em condições mais severas de operação com despachos superiores ao limite de 90% pré-estabelecido, demonstrou que a alternativa 3 possui maior robustez que a alternativa 5.

Considerando a antecipação do compensador estático da SE Luziânia, que está previsto para o ano de 2009, em ambas alternativas, e respeitando o limite de 3900 MW em qualquer trecho da interligação NORTE-SUL, somente a alternativa 3 admitiu um despacho simultâneo de até 100% em todas as usinas do rio Tocantins previstas para ano de 2007. Assim, pelas simulações e sensibilidades citadas acima, conclui-se que a alternativa 3 é a melhor sob o aspecto de desempenho dinâmico.

Conforme citado no item 1.1, uma das propostas do estudo de dinâmica da expansão da interligação Norte- Sul é prover a usina de Tucuruí com um sistema de transmissão tal que possa despachar 100 % de sua capacidade sem a necessidade de algum esquema especial de corte de geração quando da perda do seu sistema de transmissão, a saber os circuitos entre Tucuruí e Marabá. Durante as primeiras simulações do estudo, quando da emergência de um destes circuitos, com um despacho de 100 % em Tucuruí, ou seja, 8325 MW, foi identificada a perda de sincronismo, nas alternativas 1,2 e 5, das máquinas de Tucuruí(Sistema Norte)em relação às máquinas de Ilha solteira(sistema Sudeste)conforme Figura 1. Este problema foi solucionado reduzindo os Tapes dos Transformadores elevadores de Tucuruí para 1025 pu, colocando as tensões das barras de baixa em 1050 pu, aumentando o perfil de tensão na interligação Norte- Nordeste para o escoamento desse elevado valor de potência e reajustando a compensação série das linhas entre Tucuruí e Marabá para um total de 40% da linha, fazendo assim um up- grade do valor atual que é de 30%. Conseqüentemente, o valor do custo destas alternativas foi aumentado em virtude desse novo valor da compensação, visto que todas as alternativas devem estar equivalentadas tecnicamente para comparação. Vale ressaltar que quando as simulações apresentaram perda de sincronismo, o modelo usado para a usina de Tucuruí II, abrangendo máquinas e controladores, foi um modelo típico de Tucuruí I conforme descrito na seção 4.

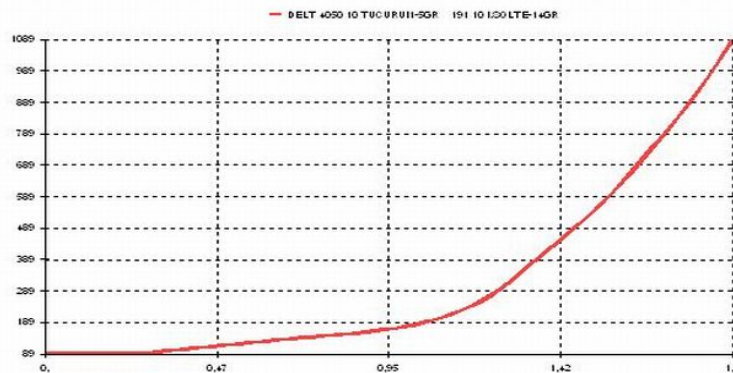


FIGURA 1 - Deslocamento angular de Tucuruí em relação à Ilha Solteira- Sudeste Máximo Importador- Alt. 1

Após simulados todos os casos e analisados os resultados das simulações com a compensação série de 40% na linha Tucuruí- Marabá, verificou-se que as curvas de potência reativa das máquinas de Tucuruí I e II, conforme Figura 2, não estavam coerentes com um funcionamento correto o que ocasionou um ajuste dos modelos para adequação destes à realidade tecnológica de Tucuruí II, visto que as máquinas são bem mais modernas em termos de controles. Os novos ajustes serão mostrados na referência[5].

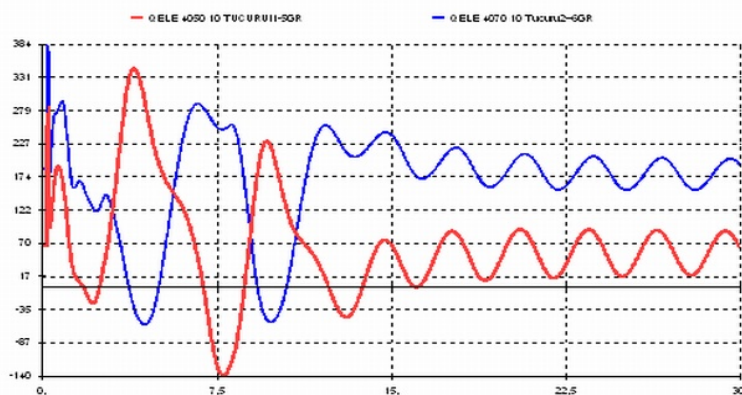


FIGURA 2 - Potência Reativa de Tucuruí I(Vermelho) e Tucuruí II(Azul)

Com a atualização desses modelos, foram feitos vários testes para se verificar a possibilidade da manutenção de sincronismo das máquinas de Tucuruí, usando o valor original de compensação série nas linhas Tucuruí- Marabá e contingência simples em um desses circuitos. Os testes feitos serão descritos no item metodologia. Realizados

esses testes, verificou-se a manutenção do sincronismo entre os sistemas Norte- Sudeste para as condições citadas.

Nas alternativas I e V os circuitos da interligação Norte- Sul correm paralelos de Gurupi até Imperatriz com 2 TCSCs em Imperatriz e Serra da Mesa para o ano de 2007. Nas outras alternativas do estudo é visto uma ligação entre colinas e Marabá a qual ajuda na manutenção do torque de sincronismo quando da perda de uma linha de Tucuruí para Marabá e também para o escoamento de potência de Tucuruí para o sudeste aproximando os sistemas Norte- Sudeste. Um outro fator importante é em relação ao sudeste, sendo o próprio referido neste trabalho com uma referência básica e sem reforços para o escoamento dessa potência.

3.0 - BASE DE DADOS

Todo estudo de regime dinâmico, aqui apresentado, teve como procedência a infra-estrutura do “Caso Brasil” do CCPE/CTET, constituindo numa evolução da base de dados do estudo da “Interligação Norte-Nordeste”, sendo representados todos os grandes centros de carga das cinco regiões brasileiras e suas respectivas malhas principais de transmissão, com todos os modelos de máquinas e controladores das principais unidades geradoras previstas, além de todos os equipamentos controladores de grande porte, como os Compensadores Estáticos, TCSC's e HVDC's de relevância para o estudo da dinâmica do sistema interligado brasileiro.

Os modelos e parâmetros dos geradores e demais equipamentos controladores que são previstos para entrar em operação dentro do horizonte do estudo foram estimados a partir do banco de dados dos equipamentos em operação ou já existentes em fase de comissionamento.

Vale ressaltar, que não foram feitos estudos de otimização dos ajustes dos sistemas de controle dos diversos modelos representados. Foi admitido, de forma geral, para os controladores existentes os atuais ajustes em operação e para os futuros foram adotados parâmetros típicos.

Essa regra somente não foi seguida nos casos em que se identificou inconsistência de desempenho, procedendo-se as devidas análises para condicionamento dos modelos utilizados, como por exemplo pequenas simulações para validação do modelo adotado.

4.0 - MODELAGEM DAS USINAS

Para os geradores e seus respectivos controladores, o critério de estimação da modelagem consistiu em verificar, junto ao CCPE/CTDO, as obras de geração previstas até 2011, a similaridade de cada uma com usinas já existentes e que fossem capazes de representar o mais próximo possível as características de cada usina prevista, usando uma comparação entre as seguintes características básicas:

- Potência nominal.
- Vazão.
- Altura da queda d'água.
- Tipo de turbina.

Na tabela 1 estão listadas as principais usinas que foram incluídas nas simulações e os modelos utilizados, ressaltando que somente foram consideradas para efeito de modelagem aquelas usinas com potência maiores ou iguais a 100MW e inferiores sendo deixadas como Impedância constante:

TABELA 1 – Usinas Futuras e os modelos usados

Usina	Modelo utilizado
Belo Monte	Xingó
Serra Quebrada	Lajeado
Estreito	Lajeado
Tupiratins	Lajeado
Ipueiras	Lajeado
Marabá	Lajeado

5.0 - DESENVOLVIMENTO

5.1 Metodologia

Para o ano inicial do estudo, ou seja, 2007, foi elaborada uma análise qualitativa prévia de todos os casos disponibilizados, e a partir destes, foram selecionados os piores casos de cenário geração/carga do ponto de vista da estabilidade eletromecânica. Assim, somente para estes casos selecionados, foram processadas as

emergências sugeridas pelas empresas de geração/transmissão participantes do grupo de trabalho, que são constituídas de curto-circuito monofásico seguido da perda do elemento faltoso sem considerar atuação de alguma proteção ou esquema de alívio de geração/carga. Como critério de adoção de falta, para uma posterior retirada do elemento faltoso, foi considerado um reator equivalente cujo respectivo valor de tensão de falta foi inferior a 0,60 pu conforme critérios usados.

Para as alternativas que apresentaram um melhor desempenho técnico-econômico em regime permanente, conforme indicado foram procedidas análises adicionais, com o intuito de se verificar a capacidade de admitirem condições mais severas de operação do que as consideradas como premissa deste estudo, ou seja, com despachos superiores a 90% porém, sempre respeitando o fluxo limite de 3900 MW em qualquer trecho da interligação NORTE-SUL.

No ano horizonte do estudo, as análises de desempenho dinâmico objetivaram adicionar mais elementos à comparação de desempenho técnico entre as mesmas, quando da evolução do plano de geração das usinas no Médio Tocantins e CHE Belo Monte com seu sistema de referência. Neste horizonte também foram simuladas contingências simples no tronco de conexão de Belo Monte.

Vale ressaltar que neste estudo não estão sendo consideradas emergências no sistema Sul/Sudeste e que o estudo dessa região com tais emergências foi desenvolvido por um grupo e cujas análises se encontram na referência[4]

5.2 Casos processados

Como citado anteriormente, foi feita uma análise prévia de todos os casos no intuito de se determinar quais seriam mais significativos e que poderiam trazer resultados mais determinativos para este estudo de estabilidade. Sendo assim, essa análise dos cenários/patamares de carga a serem processados concluiu pelos casos que representam as seguintes combinações, apresentadas na tabela 2:

TABELA 2 – Relação dos cenários e patamares de carga mais significativos

Cenário	carga
1 e 2	Leve
3	Pesada
5	Leve

Esta análise possibilitou trabalhar com uma quantidade reduzida de casos representativos para o estudo de estabilidade, reduzindo assim o volume de simulações a serem processadas sem, contudo, provocar perda de qualidade na avaliação dos resultados obtidos nas simulações.

Assim, para o ano de 2007, foram processados casos com dois patamares de carga em quatro cenários de geração previstos para o Sistema Interligado Nacional, processando-se toda a lista de contingências para as 5 alternativas.

A análise destas simulações mostrou que o cenário 1 (ou 2), em carga leve, sudeste máximo importador, e o cenário 3, em carga pesada, sudeste máximo exportador, correspondem às condições mais críticas no que diz respeito ao desempenho dinâmico do sistema.

Para o ano 2011, foi processada toda a lista de contingências incluindo emergências no tronco de referência do CHE Belo Monte considerando somente as alternativas 3 e 5 nas condições mais críticas, descritas no parágrafo anterior, por terem sido selecionadas como as de melhor desempenho técnico-econômico, em regime permanente.

5.3 Testes de modelagem

Com os novos ajustes nos modelos das máquinas, reguladores de tensão, sinais estabilizadores de Tucuruí II e reguladores de velocidade de Tucuruí I descritos na referência[5], partiu-se para a análise da viabilidade desses modelos permitirem um despacho de 8325 MW totais em Tucuruí sem que ocorram problemas de perda de sincronismo ou a introdução de um esquema de corte de geração. Para tais análises, foram feitos os seguintes testes nas condições:

→ Perda da Linha Tucuruí I- Marabá, nas alternativas 02 e 05, com compensação série de 30% nestas linhas e despacho de Tucuruí em 94% - Figuras 3 e 4 ;

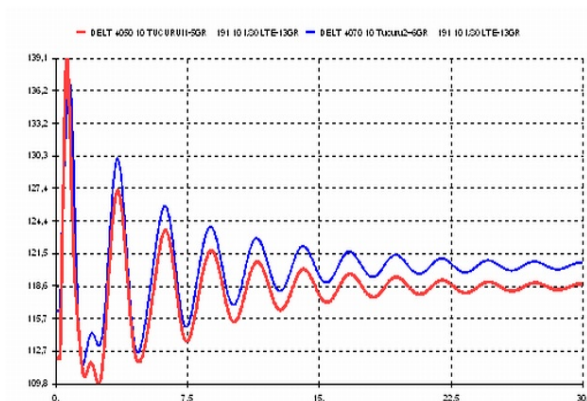


FIGURA 3 -Ângulos de Tucuruí I(Vermelho) e Tucuruí II (Azul)-Alt.2

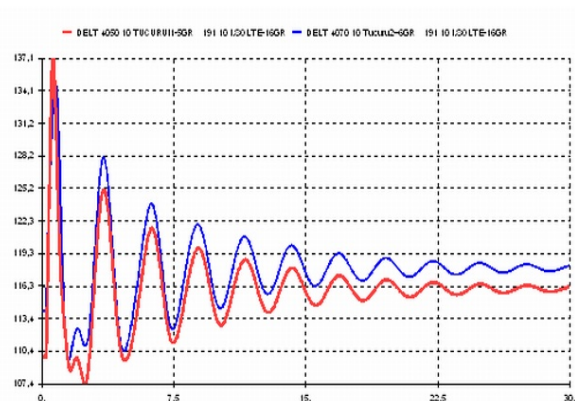


FIGURA 4 -Ângulos de Tucuruí I(Vermelho) e Tucuruí II (Azul)-Alt.5

→ Perda da Linha Tucuruí I- Marabá, nas alternativas 02 e 05, com compensação série de 30% nestas linhas e despacho de Tucuruí em 100 % - Figuras 5 e 6 ;

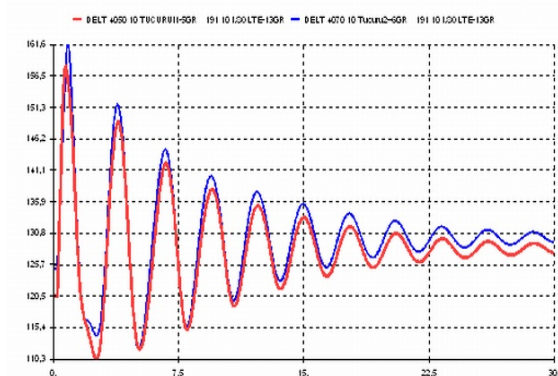


FIGURA 5 -Ângulos de Tucuruí I(Vermelho) e Tucuruí II (Azul)-Alt.2

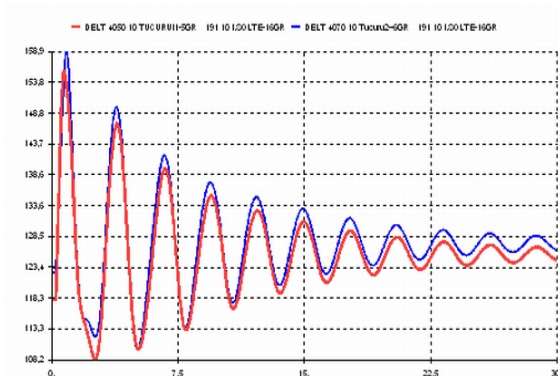


FIGURA 6 -Ângulos de Tucuruí I(Vermelho) e Tucuruí II (Azul)-Alt.5

Vale ressaltar que esses testes foram realizados nas alternativas descritas e na condição de sudeste máximo importador, cujo cenário a usina de Tucuruí está gerando 100 % de sua capacidade. Na condição de sudeste máximo exportador, não se fez necessária esta análise pelo fato da potência de Tucuruí estar bastante reduzida. Durante a realização desses testes, o sistema não apresentou mais problemas de instabilidade transitória e assim ficou válido que as novas modelagens de controladores e máquinas solucionaram o problema de perda de sincronismo em Tucuruí e que as linhas entre Tucuruí- Marabá poderiam ter sua configuração original de 30% de compensação e consequentemente reduzindo o valor do custo destas alternativas e tornando-as novamente atrativas e competitivas em relação as outras .

Como pode ser visto nos gráficos acima, as máquinas de Tucuruí ainda apresentam pequenas oscilações angulares ao final da simulação, mas isso pode ter como uma provável causa o sistema de referência do Sudeste, o qual apresenta uma fraca ligação entre as regiões Norte/Nordeste-Sudeste.

6.0 - RESULTADOS

6.1 Análise técnica

Como citado no título deste trabalho, a proposta é mostrar a influência dos controladores das máquinas na tomada de decisão do planejamento usando a expansão da interligação Norte- Sul como uma visão prática e não somente mostrar os resultados dos estudos de estabilidade para concepção desta interligação. Mas, sobretudo, como resultados práticos, serão mostradas algumas curvas do estudo para garantir a veracidade dos modelos usados. Um fator importante e que deve ser ressaltado é que a Usina de Tucuruí, nas simulações de concepção das alternativas, foi despachada num montante de 94% da sua capacidade total e demais usinas do médio Tocantins com um despacho de 90% para se ter um valor máximo de fluxo de 3900 MW em qualquer trecho da interligação Norte- sul.

Um outro fato que deve ser citado é que nos estudos de estabilidade as simulações se concentraram nas alternativas 03 e 05, devido às outras alternativas terem sido descartadas por custo ou desempenho em regime permanente. Assim, são apresentados os seguintes resultados dos estudos de concepção nas Figuras 7 , 8 , 9 e 10 :

Perda da linha Tucuruí – Marabá circuito I

- Sudeste Máximo Importador – Carga Leve

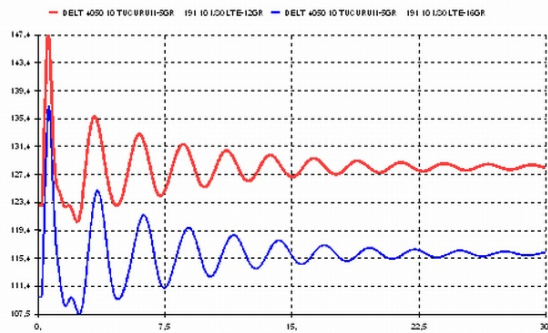


FIGURA 7-Ângulo de Tucuruí I- Alt 3(Vermelho) e Alt 5(Azul)

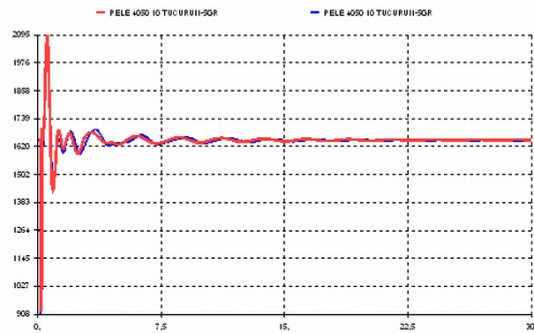


FIGURA 8 -Potência Elétrica de Tucuruí I- Alt 3(Vermelho) e Alt 5(Azul)

Perda do trecho Serra da Mesa- Correntina da Interligação Sudeste- Nordeste

- Sudeste Máximo Exportador

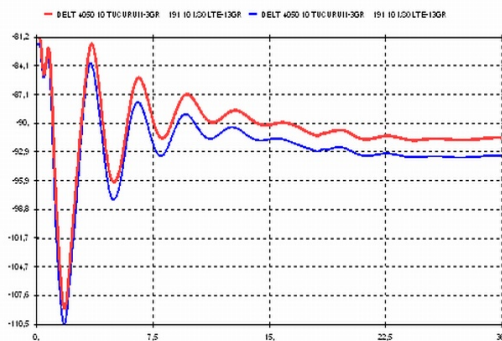


Figura 9 -Ângulo de Tucuruí I- Alt 3(Vermelho) e Alt 5(Azul)

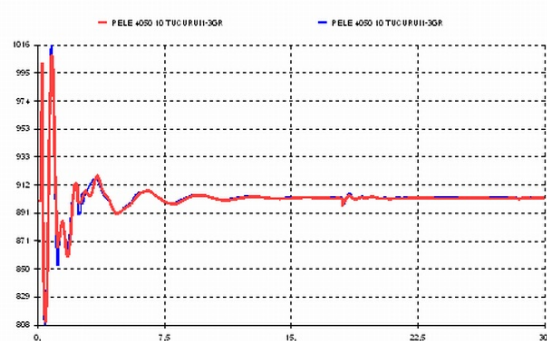


FIGURA 10 -Potência Elétrica de Tucuruí I- Alt 3(Vermelho) e Alt 5(Azul)

Após uma análise destas figuras, percebe-se que a alternativa 03 apresenta um amortecimento um pouco maior quando comparado com a alternativa 05. A decisão da escolha por essa alternativa foi dada através de outras simulações que exigiam uma maior robustez do sistema em teste, nos quais a alternativa 03 apresentou esse requisito. Todos esses testes se encontram detalhados na referência[1].

6.2 Análise econômica

Os resultados dos estudos de análise econômica das alternativas, com todas as obras necessárias para o bom desempenho técnico, são mostrados com todos os detalhes nas referências[1,3]. O gráfico da figura 11, do investimento inicial da alternativa 05, apresenta o impacto econômico em virtude do acréscimo na compensação série em 10 % da linha Tucuruí- Marabá

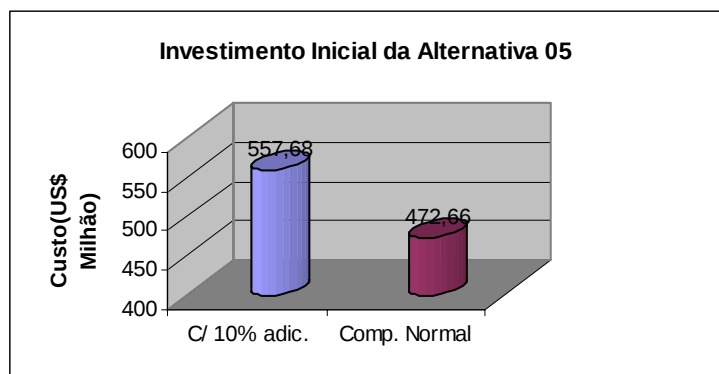


FIGURA 11-Investimento inicial da alternativa 05 com e sem compensação. Adicional

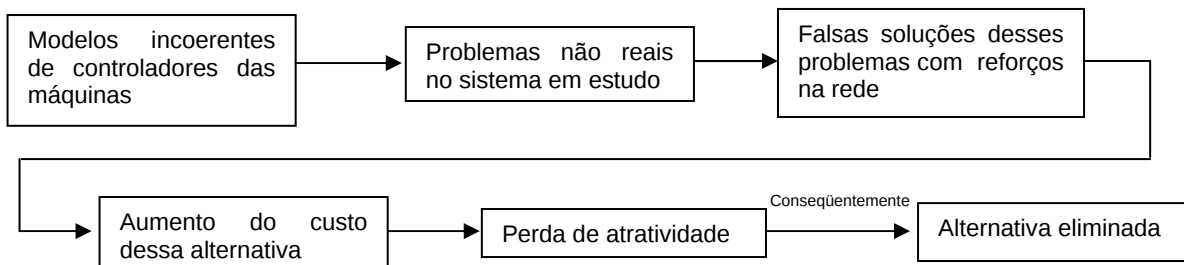
Analisando o gráfico acima, percebe-se que uma compensação série adicional de 10% em cada circuito entre as subestações de Tucuruí e Marabá introduz um aumento de aproximadamente US\$ 85 milhões no investimento inicial da alternativa 05 e conseqüentemente piorando a sua comparação em relação as outras alternativas. Esse aumento, nesta alternativa, seria ocasionado por um problema real de modelagem de controladores da usina de Tucuruí, conforme já citado anteriormente e não por problemas de reforços no sistema de conexão de Tucuruí.

7.0 - CONCLUSÕES

Este trabalho mostrou a importância dos modelos dos controladores das máquinas nos estudos de estabilidade e o quanto eles podem influenciar na tomada de decisão do planejamento para a escolha de uma determinada alternativa ou obra proposta para o sistema elétrico em questão.

Como na maioria dos estudos de planejamento, obrigatoriamente, muitas máquinas e equipamentos do sistema elétrico vão ser representados por modelos típicos, pelo fato do horizonte do estudo, da não existência do modelo real e também das incertezas acopladas nesses estudos. Assim, fica como indicação deste grupo a realização de testes de validação dos modelos típicos usados e que se busque uma coerência de respostas em grandezas como ângulo das máquinas e de potências ativa e reativa do equipamento para condições normais e de emergências do sistema em análise.

Como consequência deste problema, a alternativa 05 já poderia ter sido eliminada do estudo de forma indevida em função do aumento do seu custo em relação as outras alternativas. Assim:



8.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Relatório dos Estudos de Expansão da Interligação Norte- Sul III- CCPE-CTET006.
- (2) Relatório de Definição dos Reforços na Região Sudeste devido à Ampliação da Interligação Norte- Sul.
- (3) Informe Técnico “ Expansão da Interligação Norte- Sul- Circuito III” – Grupo GPL – SNPTEE – Curitiba – Outubro de 2005.
- (4) Informe Técnico “ Definição dos reforços na Região Sudeste devido à Ampliação da Interligação Norte- Sul” – Grupo GPL – SNPTEE – Curitiba – Outubro de 2005.
- (5) Informe Técnico “ Otimização do Regulador de Velocidade da UHE Tucuruí para Aumento do Intercâmbio entre as Regiões Norte e Nordeste do SIN ” – Grupo GAT – SNPTEE – Curitiba – Outubro de 2005.
- (6) Relatório “Estudo de Viabilidade da Inserção do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte – Análise dos Sistemas Receptores das Regiões Sudeste/Centro-Oeste e Norte/Nordeste” – Unidade Executiva do Projeto do Complexo Hidrelétrico de Belo Monte – Unidade de Gestão da Transmissão – Rio de Janeiro - 26/04/.
- (7) Relatório “Alternativas de Transmissão CA 765 e CA mista 765/500kV para o Complexo Hidrelétrico de Belo Monte – Análise de desempenho em regime permanente” – ELN – PTEP RE. 1006/02 –Maio/2002.