



GRUPO IX

GRUPO DE ESTUDO DE OPERAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GOP

O CONTROLE DE TENSÃO DO SIN NA REGIÃO SUL E SEUS REFLEXOS NA MANUTENÇÃO DE USINAS

Sérgio Múglia Cerqueira (*)

João M. Lima

Pedro M. Sakuma

Marcelo C. Nadolny

Cia. Paranaense de Energia – COPEL

RESUMO

Na região Sul do Brasil, o crescimento da rede elétrica de 525 kV nos últimos dez anos provocou uma mudança significativa no requisito de potência reativa dos geradores hidráulicos conectados a essa rede. Pode-se observar que o controle da tensão, dentro dos critérios utilizados para os períodos de carga leve e mínima migrou, da operação de relativo conforto, para uma situação crítica. Como consequência, tem se verificado um aumento da frequência de manutenções das escovas coletoras da corrente de campo dos geradores. Este artigo apresenta uma alternativa operacional, que minimiza esse efeito, através da troca de taps dos transformadores elevadores de usinas.

PALAVRAS-CHAVE

Desgaste de escovas, controle de tensão, geração de reativos, absorção de reativos.

1.0 - INTRODUÇÃO

No final da década de 1970 iniciou-se a implantação da rede elétrica em 525 kV na região Sul do Brasil. Desde então, o controle de tensão de toda a malha elétrica dessa região tem se tornado cada vez mais dependente desse nível de tensão. Adicionalmente, nos últimos dez anos, observa-se uma forte expansão desse sistema de 525 kV, tornando-o não apenas a base de escoamento de energia, como também o principal meio do controle de tensão dessa rede.

O mais importante suporte de tensão dessa rede de 525 kV é garantido pelas seis usinas hidráulicas conectadas diretamente nesse sistema, quais sejam Gov. Bento Munhoz (GBM), Salto Santiago (SSA), Gov. Ney Braga (GNB), Gov. José Richa (GJR), Itá e Machadinho. Essas usinas foram construídas com a função primordial de gerar potência ativa. Entretanto, abastecem esse sistema com montantes de energia reativa necessária à sua operação, dentro dos limites estabelecidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS – e normatizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL.

Na década de 1990, a configuração dessa rede de 525 kV, com somente as usinas de GBM, SSA e GNB, era de característica mais radial e se estendia longamente até a subestação de Gravataí, na região de Porto Alegre. Por esse motivo, e também devido ao baixo fator de potência da carga, se exigia desses geradores acima citados, geração de potência reativa no limite superior da curva de capacidade, notadamente no patamar de carga pesada. Com o passar dos anos, esse problema também se estendeu ao patamar de carga diurna de dias úteis, sobretudo no verão. Pode-se ressaltar ainda que, sendo a usina GBM a de maior porte e mais próxima dos centros de carga era a mais solicitada para efetuar o controle de tensão, precisando operar na época com o tap (fixo) de seus transformadores elevadores na posição 1,00 : 1,05 (tap na barra de alta tensão).

Entretanto, atualmente, constata-se que, devido à grande expansão do sistema de transmissão e geração da região Sul, a configuração do sistema de 525 kV passou de radial para uma configuração mais caracterizada em malha. Concomitantemente, o problema relacionado à potência reativa das unidades geradoras nos patamares de carga pesada e média se transferiu para os patamares de carga mais reduzida. A diferença é que, agora, no período de carga pesada, essas usinas operam com folga em termos de capacidade de geração de potência

(*) Rua José Izidoro Biazetto, 158 – 81200-240 – Curitiba – PR – BRASIL
Tel.: (41)3331-3261 - Fax.: (41)3331-3170 - email: cerqueira@copel.com

reativa e por outro lado se exige absorção de potência reativa nos limites operativos dessas mesmas unidades geradoras, para atender as exigências da operação nos patamares de carga leve e mínima.

Uma das consequências negativa dessa mudança operacional é a necessidade do aumento da frequência de manutenções e respectivas indisponibilidades das máquinas. Isso é devido à operação desses equipamentos, principalmente nos períodos de estiagem na região Sul, no limite da capacidade de absorção de reativos por longos períodos. Nessa situação, os valores da corrente de campo dos geradores são muito baixos, pois os geradores operam como compensador síncrono, absorvendo potência reativa máxima. Sabe-se que, para baixa densidade de corrente de campo, não ocorre a formação adequada da patina. Esta, a patina, é uma película condutora que se forma sobre a superfície do anel e que melhora a condutividade elétrica e reduz o coeficiente de atrito mecânico entre a escova e o anel. A consequência é o maior desgaste e contaminação do compartimento dos anéis coletores, com o risco de se provocar um grave curto-circuito entre as partes condutoras e isolantes do sistema.

O resultado final deste desgaste prematuro das escovas coletoras é o aumento dos custos devido à necessidade de substituição mais freqüente de escovas, redução da periodicidade para a limpeza e aumento do risco de curto-circuito entre o pólo positivo e negativo dos anéis coletores. Os resultados podem ser danosos ao desempenho do equipamento, além do aumento do risco de ocorrerem novos problemas durante as sucessivas partidas e paradas de máquina.

Este artigo procura mostrar que, com uma pequena alteração do ponto de operação do sistema elétrico de 525 kV da região Sul, em termos do controle de tensão, levará à redução da frequência de manutenções de uma usina. Além disso, outros efeitos benéficos tais como o de maior flexibilidade para o controle de tensão nos períodos de carga leve e mínima, bem como o de possibilitar postergar investimentos para a instalação de reatores no SIN. O meio para se chegar a essa nova postura operacional compreende a mudança da posição dos comutadores de taps fixos dos transformadores elevadores das usinas do sistema de 525 kV, inicialmente do rio Iguaçu. Outro recurso é também alterar os níveis atuais exigidos de tensão, nessa área, nos períodos de carga média e pesada.

Para obter o embasamento seguro dessas simulações e subsidiar as afirmações acima, propõe-se utilizar como base de dados, o registro de campo, dos geradores em estudo e das grandezas elétricas envolvidas a este assunto.

2.0 - DESEMPENHO DAS ESCOVAS DOS GERADORES – USINA GOV. NEY BRAGA (GNB)

Em função da localização geoeletrica dessa usina, observa-se uma influência maior na necessidade de absorção de potência reativa, nos períodos de carga leve e mínima, em relação às demais usinas da rede elétrica de 525 kV da região. Nessa condição operacional, para permitir o controle de tensão dentro dos requisitos mínimos, as máquinas que operam como compensador síncrono tendem a permanecer com corrente de excitação muito baixa. A título de informação, o desempenho ótimo da densidade de corrente de escovas comerciais está na faixa de 8 a 12 A/cm². Foram observadas situações em que a operação estava sendo realizada com correntes de excitação, que levavam este parâmetro para 4 ou 5 A/cm², por períodos de tempo superiores a duas horas.

As escovas dos quatro geradores de 333 MVA de GNB, desde o final de 2005, vêm apresentando ocorrências episódicas de desgaste excessivo [1]. Esse fato é devido à operação prolongada como compensador síncrono com correntes de excitação extremamente baixas. Nessa condição de corrente não se forma a patina que minimizaria esse desgaste. Como precaução para manter o problema sob controle e evitar danos aos anéis coletores e possíveis curto-circuitos entre os pólos dos anéis coletores, a periodicidade de execução da manutenção no compartimento das escovas dessa usina foi reduzida de 3 para 1,5 meses.

Outra medida adotada para minimizar esse problema foi o de alterar o número de escovas de uma das unidades, de 12 para 9 escovas por anel. Com esta ação a corrente de excitação ficou limitada a um máximo de 1200 A. Como a corrente de excitação máxima da máquina operando sob condição nominal é de 1730 A esta ação provocou uma restrição operativa para a geração de valores positivos de potência reativa.

Em períodos de longa estiagem o problema de desgaste das escovas se agrava devido ao fato de que os geradores são despachados, na maior parte do tempo, como compensadores síncronos. Além disso, no período de carga mínima, existe a necessidade sistêmica de reduzir significativamente a tensão da barra de 525 kV dessa usina, acarretando na operação dos geradores no limite da curva da capacidade.

3.0 - ALTERAÇÃO DO TAP DOS TRANSFORMADORES ELEVADORES

As usinas instaladas no sistema elétrico de 525 kV da região Sul possuem transformadores elevadores com tap nominal na barra de alta tensão (525 kV). Nessa barra, o tap é fixo e só pode ser alterado, com o equipamento desligado. As possibilidades para as posições são de duas vezes 2,5% para as tensões acima e abaixo da nominal. Para o caso da usina GNB, a posição atual de operação do tap é a nominal, na relação 13,8 kV – 525 kV,

ou seja, 1,00 : 1,00 pu. As usinas de GJR, GBM, SSA estão com o tap na posição operacional da relação de 1,00 : 1,024 pu.

3.1 Usina Gov. Ney Braga (GNB) – Medição da corrente de campo

A usina GNB vem apresentando o registro de aumento da frequência de manutenção para limpeza e troca das escovas elétricas da excitatriz. A causa é devida ao desgaste prematuro desse equipamento coletor da corrente de campo. Atribui-se essa ocorrência à operação prolongada de suas máquinas como compensador síncrono, principalmente nos períodos de carga leve e mínima. Nessa situação, existe a necessidade sistêmica de máxima absorção de potência reativa.

Dessa forma, para atender aos requisitos de controle de tensão da barra de 525 kV, sobretudo nos períodos de carga leve e mínima, a tensão terminal da máquina deve operar o mais baixo possível para absorver a potência reativa requerida pelo sistema. E a consequência é que a corrente de excitação da máquina fica extremamente baixa. Como exemplo, a Figura 1 mostra um levantamento de campo realizado na máquina quatro da usina GNB, operando como síncrono, no horário de carga mínima, no período de outubro/2008 a janeiro/2009.

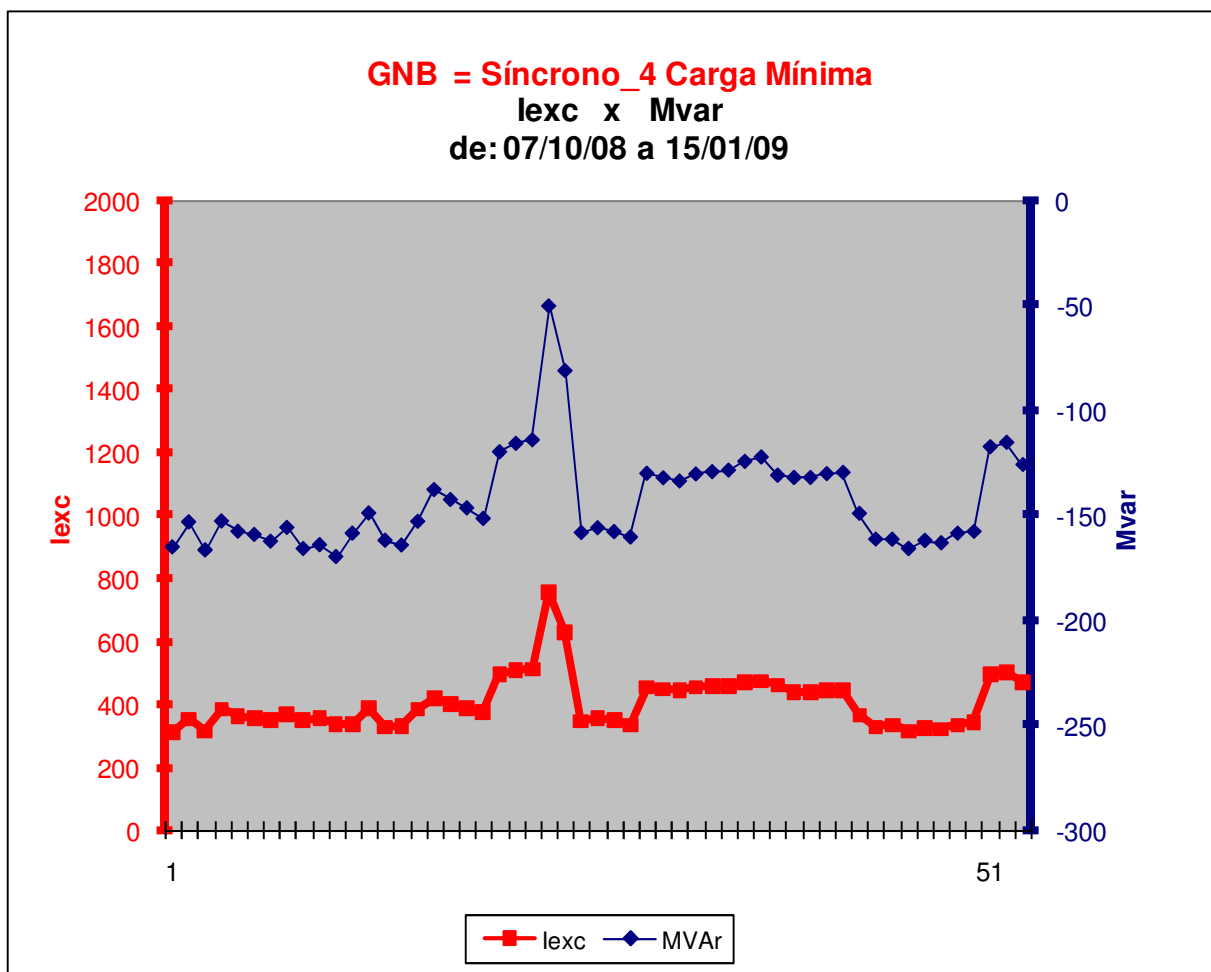


FIGURA 1 – Medição de campo – corrente de campo e potência reativa

Verifica-se que os valores registrados em campo da corrente de excitação da máquina 4 operando como compensador síncrono, nos horários de carga mínima, permanece, em alguns períodos, no patamar de 400 A, que corresponde a uma densidade de corrente de $3,25 \text{ A/cm}^2$. Esse valor é considerado muito baixo quando comparado com a faixa considerada como ótima ($8 \text{ a } 12 \text{ A/cm}^2$).

Os correspondentes montantes de potência reativa absorvidas pelo sistema elétrico na barra de alta tensão (525 kV) são da ordem de 150 Mvar. Essa condição de operação tende a se manter por longos períodos quando ocorre estiagem na região.

Outra consideração a ser feita sobre as medições de campo realizadas acima, é que nesse período os reservatórios do rio Iguaçu [2] estavam com boas afluências. Isto é, foi um período favorável quanto ao aspecto de corrente de excitação reduzida, relativamente a um período de longa estiagem.

3.2 Usina Gov. Ney Braga (GNB) – Alteração do tap - simulação

O efeito da alteração do tap do transformador elevador de um gerador é mostrado na Figura 2. Para a simulação foi utilizado o programa do ANAREDE e escolhido o caso base de dezembro/2008 [3], período de carga mínima, do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS).

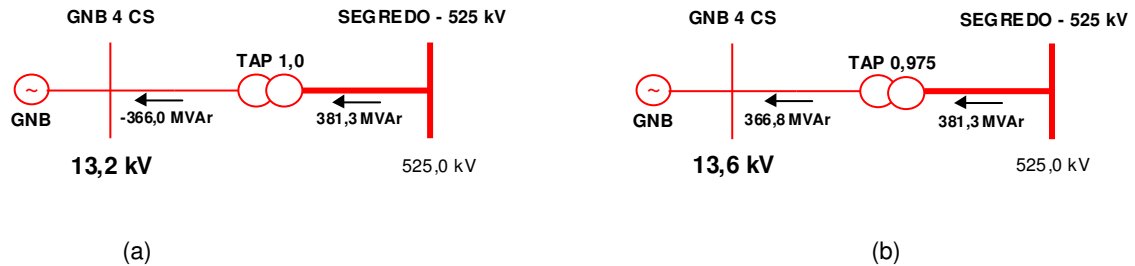


FIGURA 2 - Simulação da troca de tap do transformador elevador da usina GNB

Com base nos dados nominais dos geradores dessa usina, através das simulações, pode-se calcular a corrente de campo do gerador, operando como síncrono. Para o exemplo ilustrado na Figura 2 (a), a configuração da usina é a de quatro máquinas operando como síncrono, com tensão terminal de 13,2 kV e absorvendo 366 Mvar de potência reativa do Sistema interligado Nacional (SIN). O tap do transformador elevador está na relação 1,00 : 1,00 pu e a tensão na barra de alta tensão esta no valor nominal de 525 kV. Nesse caso a corrente de excitação calculada da máquina é de 814 A.

Considerando-se a troca do tap do transformador elevador para a relação de 1,00 : 0,975 pu (13,8 – 511,9 kV), simula-se novamente, mantendo-se as demais situações da barra de alta tensão nos mesmos valores. A Figura 2 (b), resultado da simulação, mostra que a tensão terminal da máquina se altera (eleva) para o valor de 13,6 kV. A corrente de campo da máquina, recalculada para atender as mesmas condições do SIN, é agora no valor de 886 A.

As simulações mostram que, apenas com a troca de um tap do transformador elevador e mantendo-se inalteradas a situação do sistema elétrico de 525 kV, ocorre um acréscimo de 9% na corrente de campo da excitatriz da máquina. Assim, esse exemplo sustenta o argumento que somente essa medida, a de alteração da posição do comutador, produz a um ganho expressivo, na corrente de campo da excitatriz da máquina. O principal reflexo de se obter acréscimo da corrente de campo é o de que, nessa nova condição operacional, se reduz o desgaste das escovas elétricas.

4.0 - CONTROLE DE TENSÃO NO SISTEMA ELÉTRICO 525 KV DA REGIÃO SUL

A alteração de uma posição no tap do transformador elevador da usina Gov. Ney Braga (GNB) aponta para a redução da frequência das manutenções das máquinas, decorrente do desgaste menos acentuado/prematuro das escovas coletoras.

Além disso, cabe ressaltar que outros benefícios relacionados ao controle de tensão também são alcançados quando se realiza essa alteração. Cita-se, por exemplo, a dificuldade atual de se atender os requisitos de tensão mínima operacional no período de carga mínima, como é o caso da usina Gov. Bento Munhoz da Rocha Neto (GBM). Com a alteração do tape, o que se observa pelas simulações é que, após a troca dos taps, ocorre maior folga na curva de capacidade, traduzindo-se com essa ação em maior facilidade do controle de tensão nesse patamar de carga.

Adicionalmente, a usina de GBM apresenta restrição para operar com tensão terminal em valores abaixo de 15,7 kV (0,95 pu), devido ao aparecimento de problemas na operação dos equipamentos para os serviços auxiliares dos geradores. A tensão nominal dessa barra é 16,5 kV, porém, com relativa frequência, a usina pode ser requisitada pelo ONS para operar com a tensão terminal de até 15,3 kV (0,93 pu). Foi acordado e consta nas instruções do Operador Nacional do Sistema [4], que só pode ser requisitado excepcionalmente este último nível de tensão (15,3 kV), na barra terminal da usina, após o esgotamento de todos os demais controles de tensão. O

último recurso disponível, para este requisito de tensão, é a abertura de linhas de transmissão, mas, neste caso, ocorre perda de confiabilidade do SIN.

A principal razão disso é a evolução da rede elétrica do sistema de 525 kV da região Sul nos últimos 10 anos. A Figura 3 (a) e (b) mostra uma comparação da rede elétrica antes (até o ano de 1999) e depois até o presente ano (2009) das obras de ampliação desse sistema.

Pode-se ver que sistema elétrico apresentado na Figura 3 (a) tinha uma característica mais radial, o que exigia das usinas do rio Iguaçu, notadamente a usina GBM de maior porte, manter a operação das barras de alta tensão em 550 kV (1,05 pu), nos períodos de carga pesada e média. Para permitir o atendimento adequado, de suporte de tensão na subestação de Gravataí, as usinas precisavam operar no limite de sua capacidade de geração de potência reativa (Mvar).

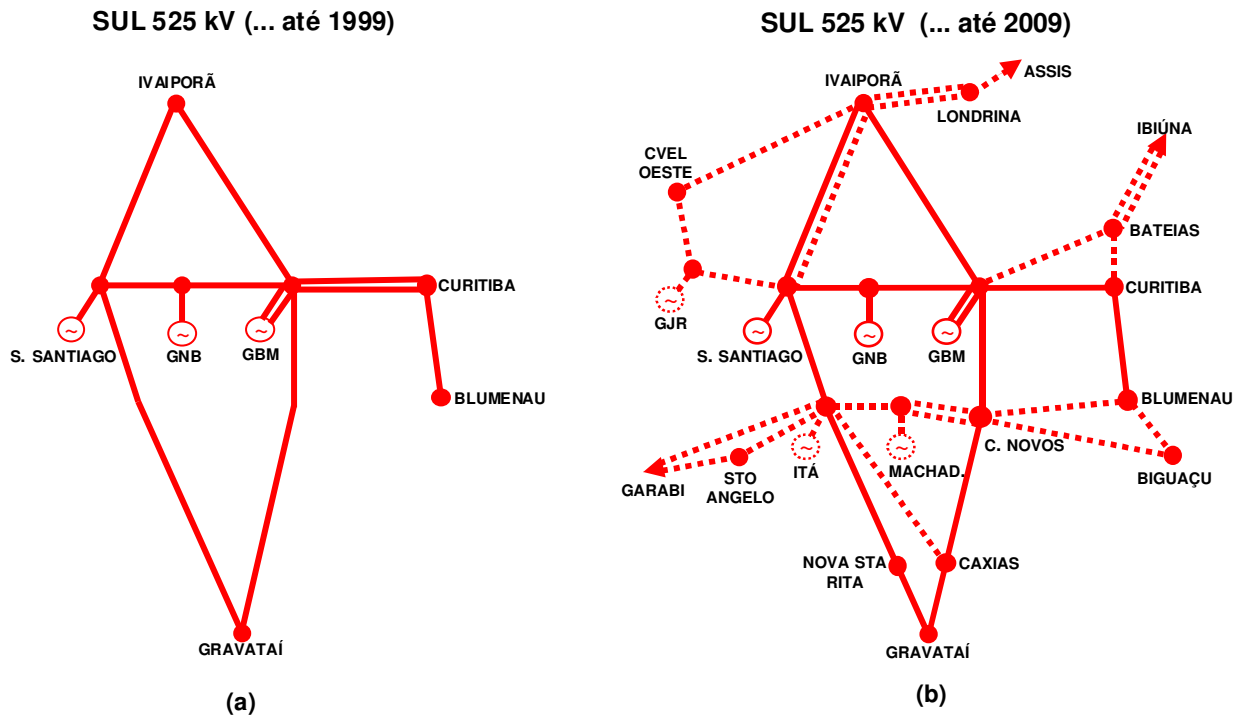


FIGURA 3 – Evolução da rede elétrica de 525 kV da região Sul

Atualmente conforme mostra a Figura 3 (b), a rede elétrica desse sistema apresenta uma característica mais em malha. Além disso, ocorreu a entrada em operação nesse sistema de mais três usinas de grande porte, as de Gov. José Richa (GJR), Ita e Machadinho, em pontos chaves dessa rede, acarretando em um importante suporte para o controle de tensão do sistema elétrico. Pode-se constatar que, com a ampliação das linhas de transmissão e usinas desse sistema elétrico, houve uma sensível mudança dos requisitos de potência reativa das usinas do rio Iguaçu.

Basicamente, migrou-se de uma situação operacional nos períodos de carga média e pesada com dificuldade de manter o nível de tensão nos requisitos mínimos, para uma situação de relativo conforto com a rede elétrica atual. Por outro lado, nos períodos de carga leve e mínima, tem-se observado atualmente situações de dificuldade operacional para manter o nível de tensão dentro dos padrões técnicos. Nesse caso, as usinas do rio Iguaçu são solicitadas a operar no limite de suas capacidades operativas.

Particularmente, pode-se dizer que esse reflexo na usina de Gov. Ney Braga traduz-se pela baixa corrente de excitação e conseqüente aumento das manutenções. Para a usina Gov. Bento Munhoz (GBM), que possui as máquinas de maior porte e recurso para efetuar o controle de tensão, tem-se a restrição de operação da tensão terminal no limite operativo de 15,7 kV (0,95 pu). Se após essa última medida as tensões nos barramentos de 525 kV permanecerem fora dos requisitos, é permitido excepcionalmente operar a usina com tensão terminal de 15,3 kV.

A Figura 4 apresenta o registro das medições de potência reativa realizada na usina GBM, somente no período de carga média. As citadas medições mostram que as máquinas dessa usina vêm operando com relativa folga em termos de geração de potência reativa, para atender os requisitos do controle de tensão do sistema de 525 kV. Verifica-se ainda nesses registros de campo que, nesse período de carga, ocorre, com frequência, absorção de potência reativa.

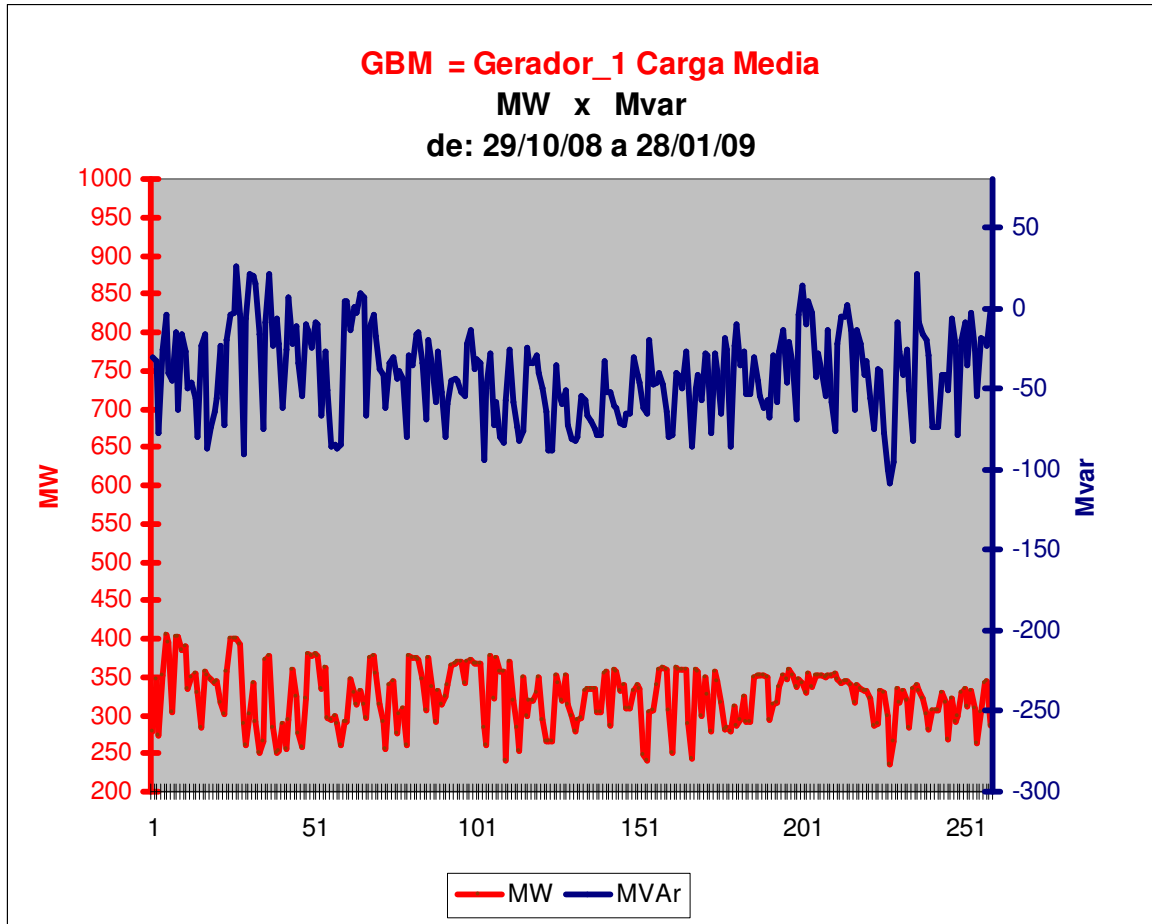


FIGURA 4 – Registro de campo da potência reativa da usina Gov. Bento Munhoz

4.1 Evolução para a alteração de tap nas usinas do rio Iguçu

Assim constata-se uma relativa folga nos períodos de carga média e pesada, para se manter o controle de tensão no sistema de 525 kV da região sul e, por outro lado sabemos que, existem dificuldades para atender esses requisitos no período de carga mínima.

Da mesma forma que foi sugerido abaixar o tap dos transformadores elevadores da usina Gov. Ney Braga (GNB), também se propõe adotar esse procedimento para as demais usinas do rio Iguçu, ou seja, as usinas de Gov. Bento Munhoz da Rocha Neto (GBM), Salto Santiago (SSA) e Gov. José Richa (GJR). O objetivo dessas medidas é o de aliviar o controle de tensão no período de carga mínima, contudo sem adicionar restrições para os demais períodos de carga.

A Figura 5 ilustra o efeito, através de simulações com o programa ANAREDE, dessa alteração de abaixar taps. Pode-se observar, Figura 5 (a), pelo resultado desse exemplo os efeitos positivos para o caso de carga mínima, onde a tensão terminal mínima de 15,7 kV (0,96 pu) dessa usina de GBM fica atendida ainda com alguma folga. Verifica-se ainda que, sem essas medidas operativas, de abaixar TAP, no caso base do SIN de carga mínima [2], vide Figura 5 (b), não é atendida essa restrição, ou seja, a tensão terminal resultante na usina é de 15,3 kV (0,93 pu).



FIGURA 5 – Efeitos da Alteração do TAP na usina de GBM

A proposta de alteração (abaixar um degrau) do tap nas demais usinas do rio Iguaçu trouxe efeitos benéficos para a operação das usinas, no período de carga mínima, tanto para minimizar a frequência de manutenção em GNB, bem como o de atender aos requisitos mínimos de tensão da usina GBM. Evidentemente com a adoção dessas medidas, de alteração dos taps, devem ser verificadas as consequências no controle da tensão dos demais períodos de carga.

Assim, para verificação da influência da proposta acima de controle de tensão nos demais patamares de carga, foram feitas novas simulações de fluxo de potência. Os resultados sinalizaram dificuldades para controlar a tensão, nos períodos de carga média e pesada, agora no sentido inverso dos problemas que ocorriam no período de carga mínima.

A solução para esses novos problemas foi possível ao se considerar um pequeno ajuste (abaixamento/redução) nas tensões das barras de 525 kV adjacentes a essas usinas. Como exemplo, a tensão solicitada pelo ONS, na barra de GBM no período de carga média, passou a ser adotada no valor de 540 kV (1,028 pu) ao invés de 545 kV (1,038 pu) Dessa forma, foram atendidas todas as solicitações das usinas do rio Iguaçu, para controlar a tensão do sistema de 525 kV, em todos os períodos de carga. Cabe ressaltar que essa redução de 5 kV no controle de tensão da barra de 525 kV da usina GBM não implica em violação de critério.

4.2 Contingências (N-1) na Rede Elétrica de 525 kV da Região Sul

Considerando a possibilidade de ajuste nas tensões de algumas barras de 525 kV, foram avaliadas as implicações dessa medida operacional no atendimento dos requisitos de contingência (critério N-1) em todas as linhas de transmissão da área de influência elétrica dessas usinas.

Para as simulações foram considerados os casos entendidos como mais críticos em termos de controle de tensão, dos períodos de carga pesada e média de fluxo de potência do 1º quadrimestre de 2009, referente ao mês de janeiro. Também considerado crítico e simulado o caso de fluxo de potência, período de carga média, na condição de máximo fornecimento da região sul para a região sudeste.

As Tabela 1 e 2 a seguir mostram o resultado, para o caso de máximo fornecimento da região Sul para o Sudeste, das simulações efetuadas. Conforme ilustra o exemplo, não foram encontradas nas barras próximas à contingência, restrições operacionais em termos de controle de tensão e carregamento, uma vez que não são violadas as faixas operativas estabelecidas por [2].

TABELA 1 - Tensões na barras principais, para as contingências, 1 a 5, consideradas

CASO BARRA	MAX SUL =>SE	1-LT 525 KV	2-LT 525 KV	3-LT 525 KV	4-LT 525 KV	5-LT 525 KV
	Caso base	ARE/GNB	GNB/SSA	ITA/SSA	SSA/GJR	GJR/CEL
	>Convergente	>Convergente	>Convergente	>Convergente	>Convergente	>Convergente
	TENSAO(pu)	TENSAO(pu)	TENSAO(pu)	TENSAO(pu)	TENSAO(pu)	TENSAO(pu)
Areia---525 90,0:105,0	1,004	0,998	0,999	1,001	1,003	0,998
CascavOe-525 90,0:105,0	1,029	1,017	1,032	1,026	1,016	1,013
IvaiporE-525 90,0:105,0	1,018	1,001	1,020	1,014	1,014	1,008
Londrina-525 90,0:105,0	1,018	1,002	1,020	1,015	1,014	1,010
Bateias--525 90,0:105,0	0,958	0,962	0,954	0,954	0,958	0,949
Curitiba-525 90,0:105,0	0,955	0,957	0,951	0,951	0,955	0,946
Blumenau-525 90,0:105,0	0,989	0,984	0,986	0,983	0,989	0,981

TABELA 2 - Tensões na barras principais, para as contingências, 6 a 10, consideradas

CASO BARRA	MAX SUL =>SE	6-LT 525 KV	7-LT 525 KV	8-LT 525 KV	9-LT 525 kV	10-LT 525kV
	Caso base >Convergente TENSAO(pu)	IVA/ARE >Convergente TENSAO(pu)	ARE/BAT >Convergente TENSAO(pu)	ARE/CBA >Convergente TENSAO(pu)	CVO/IVA >Convergente TENSAO(pu)	ARE/CNO >Convergente TENSAO(pu)
Areia---525 90,0:105,0	1,004	0,993	0,990	0,991	0,998	0,998
CascavOe-525 90,0:105,0	1,029	1,023	1,014	1,018	1,017	1,027
IvaiporE-525 90,0:105,0	1,018	1,012	0,992	0,999	1,008	1,015
Londrina-525 90,0:105,0	1,018	1,013	0,991	0,998	1,009	1,015
Bateias--525 90,0:105,0	0,958	0,943	0,916	0,920	0,949	0,953
Curitiba-525 90,0:105,0	0,955	0,940	0,913	0,913	0,946	0,950
Blumenau-525 90,0:105,0	0,989	0,977	0,945	0,945	0,981	0,983

5.0 - CONCLUSÕES

O presente artigo apresenta a proposta de medidas operacionais a serem executadas no sistema elétrico de 525 kV da região Sul, quais sejam, as trocas dos taps dos transformadores elevadores das usinas desse sistema no rio Iguaçu. O objetivo inicialmente perseguido para minimizar o problema do desgaste excessivo das escovas coletoras da usina Gov. Ney Braga, foi estendido para atender as restrições de tensão operacional, em período de carga mínima da usina de Gov. Bento Munhoz da Rocha Neto.

As medidas operacionais propostas atenderam com relativa folga as medidas propostas. As simulações feitas com programa de fluxo de potência, para verificação dos efeitos na área de influência elétrica dessas usinas, também não sinalizaram problemas de ordem operacional.

A redução dos desgastes das escovas, além de minimizar as atividades obrigatórias de manutenção, aumentar a disponibilidade operacional e reduzir custos, pode evitar uma grave falha de curto-circuito no isolamento entre os pólos dos anéis coletoras. A consequência é indisponibilidade do equipamento por longo período de tempo. Além disso, até o esgotamento dessas medidas, tende a ocorrer outro efeito benéfico no SIN, que é o de postergar a instalação de novos equipamentos necessários para realizar a compensação reativa, sobretudo reatores.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FOGAÇA, ALVARO JOSE NOE, Análise do desempenho das escovas dos geradores da UHE Gov. Ney Braga, Relatório Técnico nº 051/2007, Março - 2007.
- [2] IPDO – Informativo Preliminar Diário da Operação – Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS – www.ons.org.br/resultado_operação\IPDO.ASPX.
- [3] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico - Diretrizes para Operação Elétrica com Horizonte Quadrimestral – Janeiro – Abril 2009 – Volume 2 – Região Sul e Mato Grosso do Sul Relatório Técnico ONS RE-3/244/2008 – Novembro – 2008.
- [4] ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico – Instrução de Operação (IO.ON.S5.SU), Operação Normal da Área 525 kV da Região Sul – revisão 81 – vigência 15/02/2009.