



XXIV SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

CB/GAT/14

GRUPO - IV

GRUPO DE ESTUDO DE ANÁLISE E TÉCNICAS DE SISTEMAS DE POTÊNCIA - GAT
APLICAÇÃO DO FLUXO DE POTÊNCIA CONTINUADO E ANÁLISE ESTÁTICA DE CONTINGÊNCIAS PARA
DETERMINAÇÃO DA MARGEM DE ESCOAMENTO EM REGIME PERMANENTE UTILIZANDO O PROGRAMA
ANAREDE

Vinicius Santos Muniz(*)
CEPEL, UFF

Paula Oliveira La Gatta
CEPEL

Nícolás Abreu Rocha Leite Netto
CEPEL

Sergio Gomes Junior
CEPEL, UFF

Flávio Rodrigo de Miranda Alves
CEPEL

Vitor Hugo Ferreira
UFF

RESUMO

Um dos importantes estudos, realizado durante os Leilões de Energia, é a margem de escoamento que visa calcular a máxima geração de potência que possa ser conectada em um novo empreendimento levando em consideração pré-requisitos de segurança operacional. O objetivo é permitir identificar possíveis gargalos do sistema e determinar o máximo montante de geração viável. Este trabalho propõe uma ferramenta baseada nos métodos de Fluxo de Potência Continuo e Análise Estática de Contingências para determinação dessa margem de escoamento. A ferramenta proposta foi implementada no ANAREDE e são apresentados resultados que exemplificam a sua aplicação prática.

PALAVRAS-CHAVE

Margem de Escoamento, Fluxo de Potência, Fluxo de Potência Continuo, Análise de Contingências.

1.0 - INTRODUÇÃO

Devido a diversos aspectos tais como restrições econômicas, crescimento contínuo por demanda de energia, necessidade de manter e aprimorar os requisitos de confiabilidade e segurança na operação, além da diversificação das fontes de geração, a interligação entre diversos subsistemas de geração dos Sistemas Elétricos de Potência (SEPs) tem se tornado cada vez maior. Esta interligação oferece diversas vantagens na operação dos SEPs, como, por exemplo, a ajuda mútua entre os subsistemas quando da escassez de algum recurso de geração. No caso do Sistema Interligado Nacional (SIN), a diversificação das fontes de geração através do crescimento da capacidade instalada de geradores eólicos, principalmente nas regiões Norte e Sul do país, auxilia a operação devido a sua característica sazonal e complementar com relação à geração de usinas hidráulicas.

No âmbito do estudo de planejamento de viabilidade de conexão de novas usinas eólicas em um SEP, uma característica importante a ser avaliada é a margem (ou capacidade) de escoamento dos pontos de conexão que são candidatos a recebê-las. O seu resultado é utilizado para verificar a viabilidade operacional de novas usinas em diversos pontos de conexão candidatos e inclusive é utilizada nos estudos para definição de leilões de expansão da geração. Portanto, a determinação precisa e confiável da margem de escoamento é bastante importante.

A determinação da margem de escoamento é realizada considerando-se diversos aspectos operacionais, tais como: limitações físicas dos equipamentos e instalações, limites de tensão nos barramentos e de carregamento

(*) Avenida Horácio Macedo, n° 354 – sala D20 – CEP 21.941-911 - Rio de Janeiro, RJ, – Brasil

nos circuitos, potência de curto-circuito; além dos critérios de segurança pré-estabelecidos, presentes nos Procedimentos de Rede do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) [1]. A margem de escoamento é utilizada pelo ONS e pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), durante os Leilões de Energia de Reserva, como um auxílio importante na verificação da utilização segura e confiável dos recursos de transmissão existentes e previstos para o escoamento dos novos fluxos de potência provenientes dos novos empreendimentos candidatos [2].

O Fluxo de Potência Continuado (FPC) [3] é um método de avaliação de regime permanente extremamente útil na definição da capacidade de transmissão de um SEP para atendimento de sua demanda. O principal resultado da aplicação deste método consiste na evolução das tensões de barras críticas do sistema ao longo do carregamento que entrariam gradativamente em colapso com o aumento crescente da demanda [4]. Esta evolução é conhecida na literatura como curvas PV [3]. Portanto, em sua formulação clássica, este método permite quantificar margens de carregamento de barras críticas e assim, pontos candidatos a reforços, entre outros. Se, durante o incremento de carga, parâmetros do sistema forem monitorados, tais como violações de tensão, carregamento ou geração de potência reativa, pode-se determinar o máximo carregamento do sistema sem que ocorra nenhuma dessas violações. Deste modo, é possível afirmar que o método do FPC tem potencial para ser aplicado no cálculo de margens de escoamento.

Um aspecto importante no cálculo da margem de escoamento é a avaliação de critérios de segurança. No contexto de estudos de regime permanente, essa avaliação pode ser feita através da Análise Estática de Contingências (AEC). A AEC de um SEP é realizada através de uma simulação computacional em que, a partir de um ponto de operação do sistema, uma lista de contingências é resolvida. Desta forma, para cada contingência, o fluxo de potência é calculado e, de posse do novo ponto de operação em emergência, indicam-se as violações operacionais, para que sejam resolvidas pela adoção de medidas operativas ou de reforços.

Neste artigo, será apresentado um resumo das principais características e resultados do FPC e AEC aplicados na determinação da margem de escoamento utilizando o programa computacional ANAREDE, desenvolvido pelo CEPEL. A ferramenta proposta é avaliada a partir de sua aplicação em casos do 2º LER de 2016. O artigo está estruturado da seguinte forma: Seção 2 apresenta a metodologia de solução do Fluxo de Potência Continuado com Região de Segurança; a Seção 3 descreve a metodologia de cálculo de margem de escoamento; a Seção 4 mostra os resultados obtidos pela aplicação da ferramenta aplicada ao cálculo de margem de escoamento e, por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões do presente trabalho. Além disso, a Seção 6 apresenta as referências bibliográficas e a Seção 7 apresenta uma biografia resumida dos autores.

2.0 - FLUXO DE POTÊNCIA CONTINUADO COM REGIÃO DE SEGURANÇA

O Fluxo de Potência Continuado é um método muito útil na definição da capacidade de transmissão de um Sistema Elétrico de Potência. Com esta ferramenta, é possível determinar o limite de carregamento que um sistema suporta sem que haja um colapso de tensão, e, além disso, mostra o comportamento do perfil de tensão com relação à variação do carregamento.

Outra ferramenta amplamente utilizada e de extrema importância é a Análise Estática de Contingência. A partir da sua solução, é possível estudar quais são os elementos, em uma dada região do sistema, que causam impactos em maior ou menor grau devido à sua retirada (ou religação). A união do FPC com AEC proposta em [5], denominada Fluxo de Potência Continuado com Contingência (FPCC), permite avaliar simultaneamente a estabilidade de tensão do sistema em operação normal e em emergência. Ou seja, a partir de um ponto de operação com comportamento normal, do ponto de vista de estabilidade de tensão em regime permanente, esta ferramenta é capaz de avaliar a segurança do sistema tanto em operação normal, quanto em contingência, durante um aumento de carga.

A Figura 1 mostra o resultado gráfico do FPCC de um sistema hipotético. A curva contínua em azul mostra a curva PV do sistema íntegro, ou seja, do sistema completo sujeito ao aumento de carga. A curva em traço-e-ponto verde mostra a nova curva PV quando o sistema estiver operando em emergência devido a uma contingência "Ctg #1". A comparação entre estas duas curvas supracitadas mostra que a ocorrência desta contingência reduz a margem de carregamento do sistema. Este tipo de avaliação é extremamente importante para se mensurar o quanto uma contingência impacta na segurança de tensão do sistema.

O módulo de Análise de Segurança Estática e Dinâmica (SDSA, do inglês *Static and Dynamic Security Assessment*) do programa ANAREDE, é uma importante ferramenta de análise de segurança de SEPs. Na análise estática, é possível avaliar violações de tensão, carregamento de circuitos e geração de potência reativa, para diversos cenários de geração de potência ativa entre áreas exportadora/importadora. Além disso, para cada cenário, é possível avaliar essas mesmas violações, porém para o sistema sujeito a uma lista de contingências previamente informadas pelo usuário. Seu resultado é gráfico (chamado de nomograma), para pares de conjuntos de geradores exportadores/importadores, e informa quais são os limites de transferência de geração na qual se inicia cada violação analisada. A análise dinâmica é realizada pela execução do programa ANATEM durante o processo de execução do ANAREDE, permitindo verificar violações análogas durante a simulação dinâmica das contingências, além da verificação da estabilidade transitória do sistema.

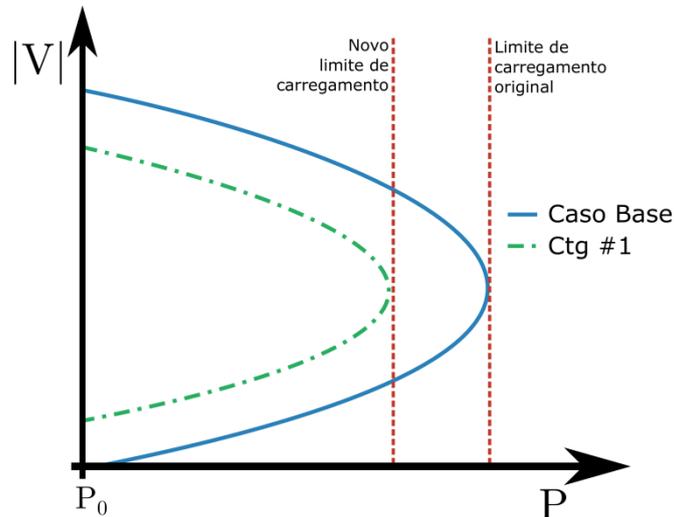


FIGURA 1 – Fluxo de potência continuado com Análise de Contingência [6].

A partir do que foi exposto anteriormente, pode-se observar que a informação gráfica relacionada à segurança de um sistema, tal como feita no SDSA do programa ANAREDE com relação às diversas violações que podem ocorrer em um SEP podem ser acrescentadas na curva PV do FPCC [6]. Dessa forma, é possível observar a segurança do sistema através da violação dos limites do sistema frente ao aumento de carga através da curva PV, e não somente a queda de tensão, como anteriormente na formulação original. A Figura 2 mostra um exemplo da união entre os nomogramas da ferramenta SDSA do ANAREDE, com e do FPCC. É possível observar que cada cor define uma região de operação: a região verde escura é a região segura sem violações; a região verde clara define a região segura com uma violação (seja pelo critério de tensão ou pelo critério de carregamento); a região amarela corresponde à região segura com as duas violações; a região laranja define a região onde pelo menos uma contingência não é mais convergente, ou seja, a região insegura; e, por fim, a região vermelha representa o ponto a partir do qual o caso íntegro não é mais convergente, ou seja, o ponto de máximo carregamento do sistema íntegro. Além disso, as linhas tracejadas delimitam o ponto a partir do qual ocorre uma (verde) ou mais violações (azul), além da delimitação da região insegura (amarelo).

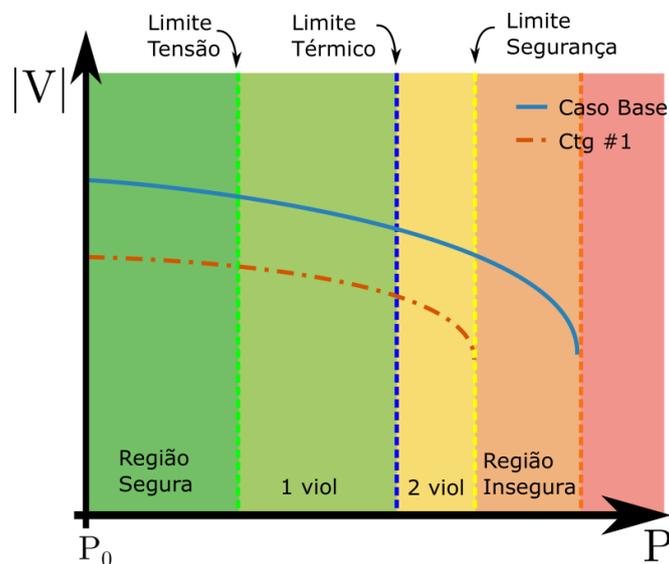


FIGURA 2 – Ilustração da Curva PV com Informação de Segurança [6].

3.0 - DETERMINAÇÃO DA MARGEM DE ESCOAMENTO

A determinação da margem ou capacidade de escoamento leva em consideração uma série de fatores, como disponibilidade física de subestações, nível de curto-circuito e etc. O objetivo deste artigo, é tratar principalmente

de como é determinada a margem de escoamento no âmbito do barramento candidato. Para isso adotou-se como base os critérios estabelecidos na NT 113-2016 [2]. A margem de escoamento será determinada, então, pela alocação adicional de geração no barramento candidato, observando a ocorrência de violações. Para isso será utilizado o FPCC com região de segurança.

Conforme a NT 113-2016, a margem de escoamento é calculada para cada barra cadastrada no leilão. Por outro lado, essas barras podem ser agrupadas em um conjunto, formando uma subárea, quando competem por um recurso em comum de transmissão. Isso quer dizer que o somatório das gerações destas barras limitam um mesmo equipamento de transmissão, e assim, podem limitar uma margem entre si. Nestes casos, é calculado também uma margem, que seria o resultado mais restritivo da soma das injeções máximas de cada barramento candidato, chamado assim de margem de subárea.

Desta forma, para os barramentos vencedores do leilão, os novos empreendimentos devem atender não apenas a margem de escoamento próprio, como também a margem da subárea, a fim de não sobrecarregar o recurso comum de transmissão. De forma análoga, duas ou mais subáreas podem concorrer por um mesmo meio de transmissão, formando assim uma área de barras candidatas. Nestes casos, também deve-se calcular a margem de área, que consiste na soma mais restritiva das gerações adicionais das barras candidatas, sem que ocorra nenhuma violação. Além disso, para os barramentos candidatos vencedores do leilão que participam de uma mesma área, cada novo empreendimento deve ter capacidade de geração inferior tanto à margem própria, quanto da subárea e área.

Neste trabalho, será avaliado o cálculo da margem de escoamento por barramento supondo que as barras candidatas analisadas não competem por um mesmo meio de transmissão entre si. Além disso, conforme a NT-113/2016, a maioria dos barramentos candidatos não formam subáreas e áreas, justificando tal abordagem.

4.0 - IMPLEMENTAÇÕES, SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Para a utilização do FPCC com análise de segurança para a determinação da margem de escoamento é necessário adotar algumas premissas que viabilizem seu uso. A geração adicional conectada à barra candidata deverá ser do tipo potência constante, com fator de potência unitário e as contingências utilizadas serão as de maior importância na vizinhança da barra candidata, evitando a possibilidade de ilhar eletricamente uma parcela do sistema.

4.1 Descrição da simulação

Para demonstrar a utilização da ferramenta proposta, foram utilizados os casos de referência do 2º Leilão de Energia de Reserva de 2016 da Região Norte / Nordeste. Os casos utilizados estão disponíveis em [7]. A barra candidata selecionada para o estudo foi a barra Tauá II 230 kV.

A NT 113-2016 [2] estabelece um conjunto de cenários operativos específicos de acordo com a região a qual a barra candidata pertence. A barra estudada neste artigo pertence a região Norte/Nordeste, logo os três cenários estipulados pela NT 113-2016 [2] a serem simulados são:

1. Cenário Nordeste Exportador com ênfase em geração eólica (carga leve);
2. Cenário Nordeste Exportador com ênfase em geração eólica (carga média);
3. Cenário Norte Exportador para o Nordeste (carga média).

A Figura 3 mostra o diagrama unifilar da barra Tauá II 230 kV e sua vizinhança correspondente ao cenário 1 sem qualquer modificação com relação ao caso original. Para determinação da margem de escoamento através da aplicação da ferramenta FPCC com região de segurança, será necessário incluir a geração a ser incrementada e estabelecer a lista de contingências.

Inicialmente foi incluída uma geração de 25 MW na barra Tauá II e definido um incremento inicial de 100 % para a execução do FPCC. As contingências selecionadas para a execução do FPCC, descritas na Tabela 1, foram as de desligamento de circuito na primeira vizinhança da barra Tauá II que não causassem nenhum ilhamento ao sistema.

A margem de escoamento será definida pela menor margem obtida a partir da aplicação da ferramenta de FPCC com região de segurança para os três cenários descritos anteriormente. Destaca-se que a NT 113-2016 apresenta ainda a utilização de análise de curto-circuito do barramento candidato para o cálculo da margem. Contudo, este trabalho apresenta apenas os resultados obtidos a partir da análise de fluxo de potência para a barra candidata, análise tal que está contida no âmbito do programa ANAREDE.

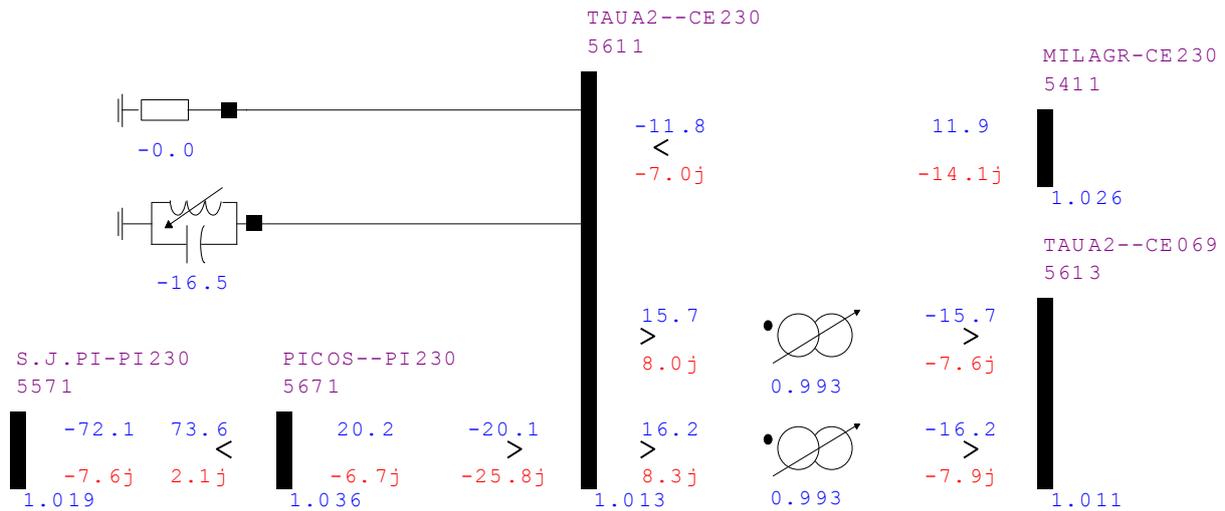


FIGURA 3 – Diagrama unifilar do SIN em torno da barra Tauá II de 230 kV.

Tabela 1 – Lista de Contingências

Numero da Contingência	Barra De:	Barra Para:	Número do Circuito
1	TAUA2--CE230	MILAGR-CE230	1
2	TAUA2--CE230	TAUA2--CE069	1
3	TAUA2--CE230	TAUA2--CE069	2
4	TAUA2--CE230	PICOS--PI230	1

4.2 Resultados

As curvas PV mostradas nas Figuras 4, 5 e 6 são resultado da ferramenta de FPCC com Região de Segurança aplicada a cada cenário descrito na subseção anterior.

A Figura 4 apresenta as curvas PV referente à barra Picos 230 kV para os sistemas íntegros e em contingência no cenário 1. É possível observar que a contingência 1 é a que mais degrada a tensão ao longo da curva, apresentando o ponto de máximo carregamento em 200 MW de penetração eólica na barra de Tauá II 230kV. Além disso enquanto o escoamento era de 150 MW, já havia violação do limite térmico de algum dos circuitos monitorados. Por outro lado, através da avaliação da região de segurança, é possível observar que a máxima injeção na barra de Tauá II na qual não se verifica violação de nenhuma das grandezas monitoradas é de 150 MW. Portanto, este será o valor considerado para a margem de escoamento obtida por meio da avaliação deste cenário.

A Figura 5 mostra as curvas PV referente à barra Picos 230 kV para o cenário 2. Neste cenário, atingiu-se uma maior margem de escoamento, quando comparada com a margem obtida pelo cenário 1, de 200 MW. No entanto, a partir desta margem ocorre uma dupla violação, de tensão e de limite térmico, simultaneamente. Outro aspecto deste cenário é que o último ponto seguro do sistema fica apenas à 25 MW do limite de estabilidade de tensão considerando a contingência 1.

A Figura 6 apresenta as curvas PV para a barra Picos 230 kV obtidas a partir da avaliação do terceiro cenário. No patamar de 275 MW de injeção de potência na barra Tauá II ocorre uma violação de tensão seguido da não convergência da contingência 1 ao atingir o limite de 300 MW de injeção.

As contingências 2 e 3 praticamente não interferiram na redução da margem de escoamento, ficando muito próximas da curva referente ao sistema íntegro. Além disso, também é possível notar, ao observar as Figuras 4, 5 e 6, que a contingência 4, que é a abertura do circuito entre as barras Tauá II e Picos 230 kV, mantém a tensão na barra Picos estável frente ao incremento da geração na barra Tauá II.

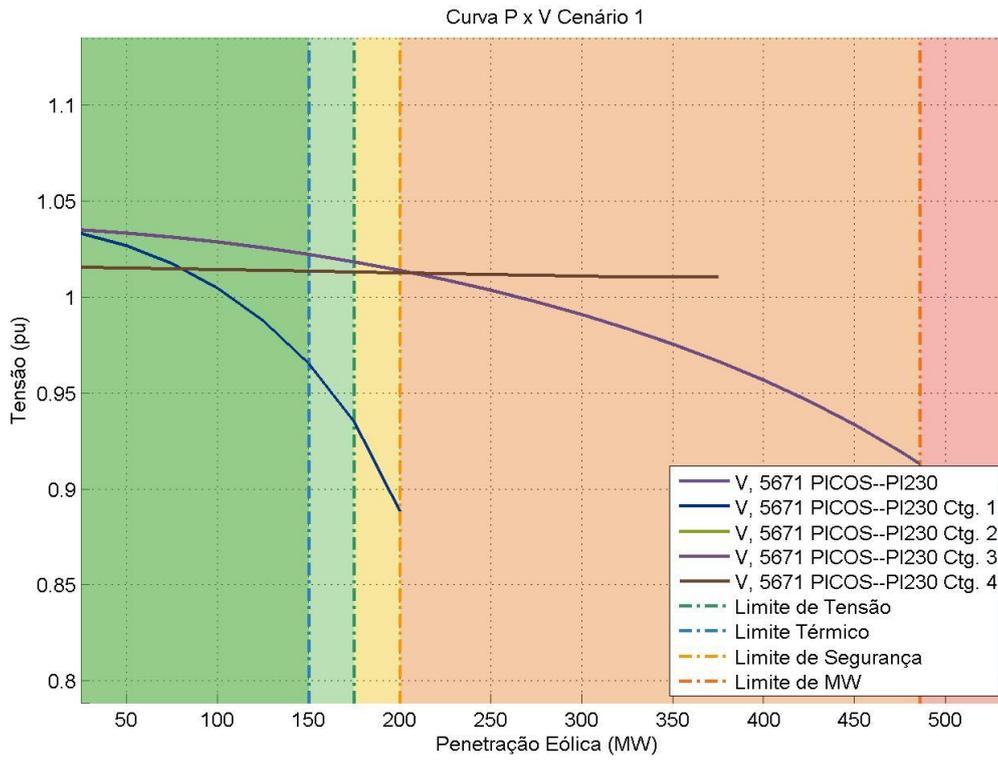


FIGURA 4 – Curvas PV para a barra Picos 230 kV – Cenário 1.

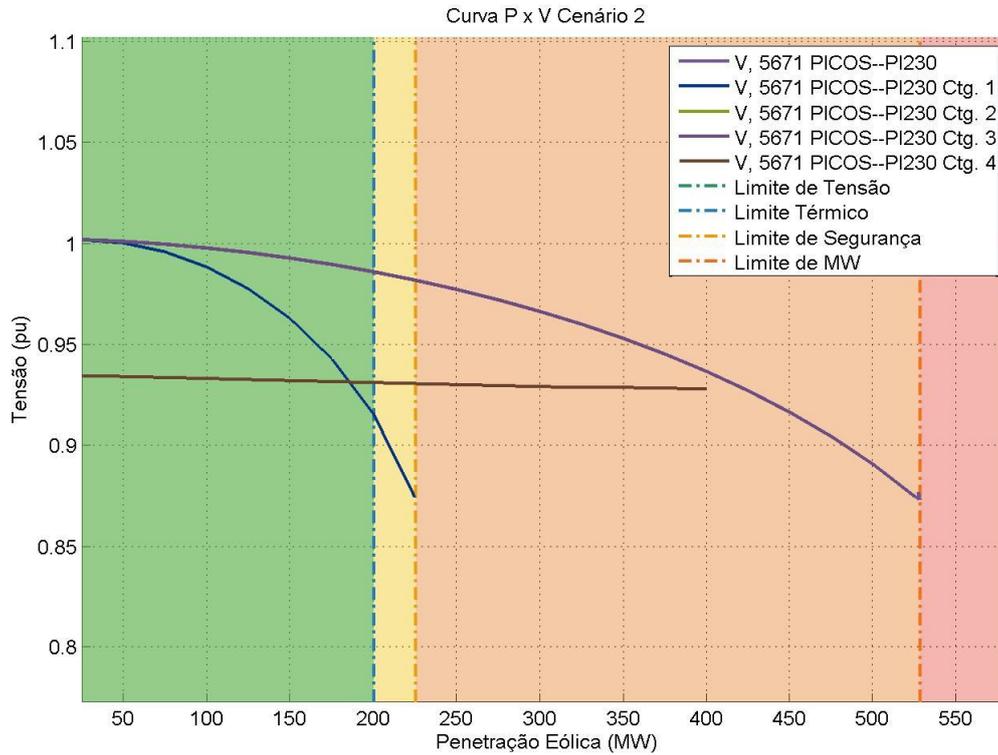


FIGURA 5 – Curvas PV para a barra Picos 230 kV – Cenário 2.

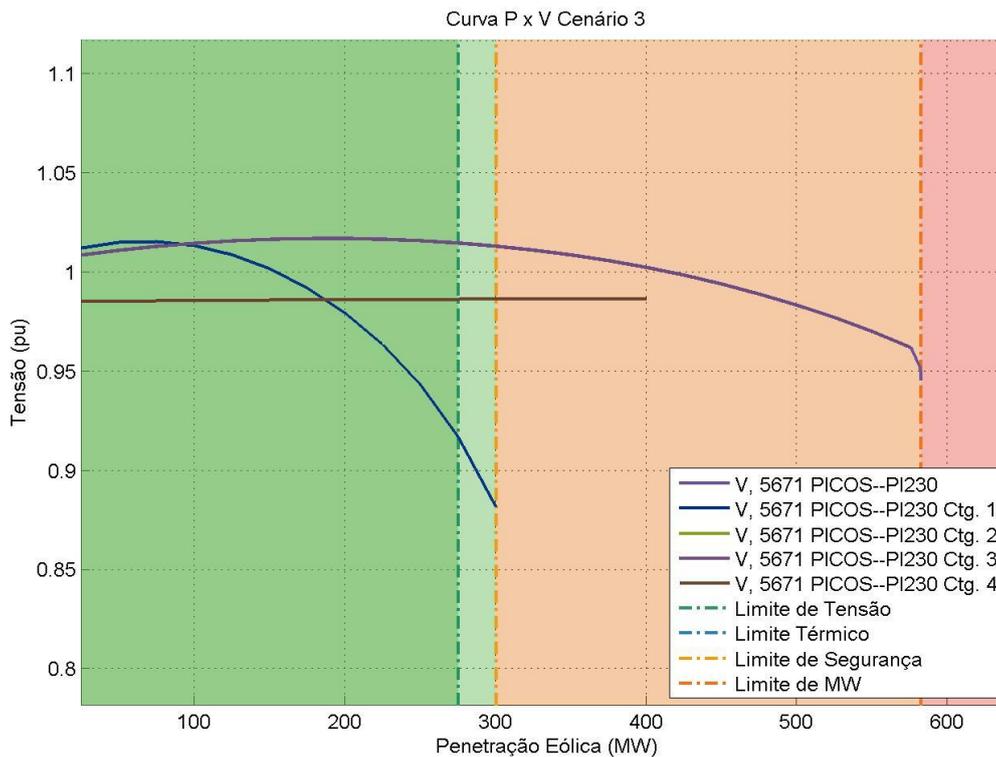


FIGURA 6 – Curvas PV para a barra Picos 230 kV – Cenário 3.

Por fim, a margem de 150 MW obtida no cenário 1 é considerada a margem de escoamento a barra candidata Tauá II, pois se caracteriza como a injeção mais restritiva entre os três cenários analisados. Esta margem obtida está bastante próxima da margem determinada de 135 MW na NT121/2016-r1 [8].

Além disso, a metodologia proposta também determina a margem a partir do mesmo fator limitante: sobrecarga na LT 230 kV São João do Piauí – Picos e no AT 500/230 kV da SE São João do Piauí, na contingência 1. Destaca-se que a ferramenta utilizada não levou em consideração a análise de curto-circuito. Desta forma, este pode ser o motivo pela margem de carregamento determinada pela metodologia proposta ter sido superior àquela encontrada na avaliação do Leilão contida na NT121/2016-r1.

5.0 - CONCLUSÃO

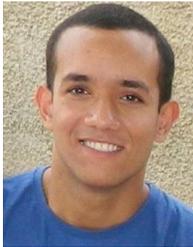
Este artigo propôs a aplicação da ferramenta de Fluxo de Potência Continuado com Contingência e Região de Segurança do programa ANAREDE, desenvolvido pelo CEPEL, para o cálculo de margem de escoamento para Leilões de Energia de Reserva. O fluxo de potência continuado é utilizado para incrementar a injeção no barramento candidato em análise, onde para cada incremento de geração é resolvido uma lista de contingências pré-estabelecida. Por fim, a região de segurança mostra graficamente a partir de qual montante de injeção de potência ativa ocorre a primeira violação de pelo menos um dos parâmetros monitorados, ou seja, de limites de tensão ou carregamento, em operação normal ou em emergência. A ferramenta proposta foi avaliada a partir do estudo do cálculo de máxima injeção de potência ativa no barramento candidato Tauá II por meio dos casos de referências do 2º Leilão de Energia de Reserva de 2016.

A ferramenta proposta se mostrou eficiente para o cálculo da margem de escoamento, calculando de forma automática a máxima injeção que pode ser aplicada ao barramento candidato do ponto de vista de análise de regime permanente. Considerando os critérios e premissas da NT 113/2016, obteve-se uma margem similar a encontrada na NT 121/2016-r1, levando em conta a não observância de todos os critérios estabelecidos, como a análise de subárea, área e análise de curto-circuito. Portanto, pode-se considerar esta ferramenta de grande valia para futuros estudos de margem de escoamento.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Operador Nacional do Sistema (ONS). Submódulo 23.3 dos Procedimentos de Rede: Diretrizes e Critérios para Estudos Elétricos. Dezembro, 2016. Disponível em: <<http://www.ons.org.br/procedimentos/index.aspx>>. Acesso em: 23 mar. 2017
- [2] Nota Técnica ONS NT 113/2016/EPE-DEE-RE-082/2016 – 2º LER/2016: Metodologia, Premissas e Critérios para a definição da Capacidade Remanescente do SIN para escoamento de geração pela Rede Básica, DIT e ICG de 19 de setembro de 2016. Disponível em: <http://www.ons.org.br/home/Leilao2LER_2016.aspx>. Acesso em: 23 mar. 2017
- [3] Ajarapu, Venkataramana; Christy, Colin - *The continuation power flow: a tool for steady state voltage stability analysis*. IEEE transactions on Power Systems, v. 7, n. 1, p. 416-423 de 1992.
- [4] Ferraz, J. C., Martins, N., Pinto, H. J. C. P., & Falcão, D. M. Fluxo De Potência Continuado e Análise Modal na Avaliação e Melhoria da Estabilidade de Tensão do Sistema Sul–Sudeste. *Proceedings of the VII SEPOPE* de 2000.
- [5] Muniz, Vinicius Santos - Fluxo de Potência Continuado Aplicado na Análise de Contingência. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal Fluminense, Julho de 2015.
- [6] Netto, Nicolas Abreu Rocha Leite - Novas Ferramentas para a Análise de Segurança Estática e Dinâmica de Sistemas de Potência. Dissertação de Mestrado. COPPE/UFRJ de 2016.
- [7] Cenários para o cálculo de margens de escoamento para o 2º Leilão de Energia de Reserva de 2016. Disponível em: <http://www.ons.org.br/home/Leilao2LER_2016.aspx>. Acesso em: 23 mar. 2017
- [8] Nota Técnica ONS NT 121/2016-r1 – 2º LER/2016: Quantitativos da Capacidade Remanescente do SIN para escoamento de geração pela Rede Básica, DIT e ICG de 06 de outubro de 2016.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Vinicius Santos Muniz possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Potência na Universidade Federal Fluminense (UFF) em 2015. Atualmente é estudante de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações na Universidade Federal Fluminense (UFF), na área de Modelagem e Análise de Sistemas e bolsista de mestrado no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL. Em 2015 foi agraciado com o primeiro lugar no Prêmio de excelência acadêmica - Jorge José Vittorio Capellaro, promovido pelo departamento de engenharia elétrica da Universidade Federal Fluminense (TEE/UFF). Atua na área de Engenharia Elétrica, com ênfase no estudo de Regime Permanente de Sistemas de Potência.

Paula Oliveira La Gatta possui graduação em Engenharia Elétrica pela Fundação Universidade Federal de Viçosa (UFV), concluído em 2009 e mestrado em Engenharia Elétrica, na área de Sistemas de Energia, pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), concluído em 2012. Atualmente é estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), na área de Sistemas de Energia e Pesquisadora no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase no estudo de Regime Permanente de Sistemas de Potência, Controle Coordenado de Tensão e Estabilidade de Tensão.

Nicolas Abreu Rocha Leite Netto possui graduação e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), respectivamente em 2014 e 2016. Atualmente é Profissional Pesquisador I do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, onde integra a equipe de desenvolvimento do Programa Anatem desde 2014. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência, atuando principalmente nos seguintes temas: Computação Científica, Dinâmica, Controle e Estabilidade de Sistemas Elétricos.

Sergio Gomes Junior graduou-se em Engenharia Elétrica em 1992 pela Universidade Federal Fluminense, concluiu Mestrado e Doutorado também em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1995 e 2002, em 2004 fez um pós-doutorado na Northeastern University em Boston, Estados Unidos e em 2016 um pós-doutorado na Norwegian University of Science and Technology em Trondheim, Noruega. Desde 1994 é pesquisador do Cepel trabalhando na pesquisa e desenvolvimento de programas computacionais para a análise de sistemas de potência e desde 2000 é gerente do projeto PacDyn no Cepel. Desde 2010 também é professor da Universidade Federal Fluminense. Suas principais áreas de interesse são: dinâmica e controle de sistemas de potência, eletrônica de potência, harmônicos e transitórios eletromagnéticos. É Senior Member do IEEE e membro do Comitê de Estudos B4 do Cigré-Brasil.

Flávio Rodrigo de Miranda Alves possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência pela UFF-Universidade Federal Fluminense (1986) e em Matemática, Modalidade Informática pela UFRJ-Universidade Federal do Rio de Janeiro (1987). Obteve o grau de Mestre em Ciências em Engenharia de Sistemas

e Computação pela COPPE/UFRJ em 1992 e o grau de Doutor em Ciências em Engenharia Elétrica, também pela COPPE/UFRJ, em 2007. Desde 1987 é Pesquisador do CEPTEL-Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, onde trabalha no desenvolvimento de modelos computacionais para operação e planejamento de sistemas de potência. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, atuando principalmente nos seguintes temas: fluxo de potência, recomposição de sistemas elétricos de potência, interfaces gráficas e bancos de dados.

Vitor Hugo Ferreira: possui graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas e Controle pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) (2002), Mestrado (2005) e Doutorado (2008) em Sistemas de Potência pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ). Atualmente é professor adjunto nível 4 e chefe do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal Fluminense (UFF), como também chair do Capítulo da Computational Intelligence Society (CIS) da Seção Rio do IEEE. Em 2017 foi agraciado com o primeiro lugar no V Prêmio de Excelência em Docência promovido pela Pró-Reitoria de Graduação da Universidade Federal Fluminense (PROGRAD/UFF). Tem experiência em sistemas elétricos de potência, inteligência computacional, identificação e controle de sistemas dinâmicos, atuando principalmente nos seguintes temas: previsão de carga, planejamento da operação eletro-energética, análise de séries temporais, machine learning, inteligência computacional e smart grids.