



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

### MÉTODO PARA INCORPORAR REPRESENTAÇÕES DETALHADAS DE RELÉS DE PROTEÇÃO EM SIMULAÇÕES DINÂMICAS FASORIAS

**RODRIGO ANDRADE RAMOS(1); JONAS ROBERTO PESENTE(2); AHDA PIONKOSKI GRILO-PAVANI(3);  
WERBESTON DOUGLAS DE OLIVEIRA(4)  
USP(1); ITAIPU(2); UFABC(3); UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ(4)**

#### RESUMO

Neste informe técnico, um método para análise de estabilidade é proposto, o qual combina simulações dinâmicas RMS com cálculos de curto-circuito. O método proposto permite a utilização direta de modelos detalhados de relés em análises de estabilidade. Com tal método, foi possível a identificação de um caso de instabilidade, o qual não seria observado utilizando apenas a representação simplificada da proteção já disponível no programa de estabilidade. Foi demonstrado que a simulação combinada proposta é capaz de melhorar a fidelidade dos resultados em diversas circunstâncias, inclusive num caso em que a lógica de bloqueio de "load encroachment" efetivamente evita a operação errônea do respectivo relé.

#### PALAVRAS-CHAVE

**Simulações de estabilidade RMS, modelagem de relés, programas de curto-circuito, proteção de distância.**

#### 1.0 INTRODUÇÃO

O desempenho do sistema de proteção é fundamental para avaliar o comportamento dinâmico do sistema após uma perturbação. No entanto, a resposta dinâmica do sistema é analisada por meio de simulações baseadas em modelos de sequência positiva, nas quais, os modelos de relés são simplificados e podem não representar com precisão seu desempenho, especialmente devido a distúrbios desequilibrados. Em análise de apagões do sistema de potência feitas pelo NERC (*North American Electric Reliability Corporation*), foi concluído que as configurações conservadoras dos dispositivos de proteção são uma das principais causas de interrupções em grande escala [1]. Essa constatação, implica na necessidade de uma representação adequada dos sistemas de proteção em estudos de estabilidade, pois, permitiria avaliar a resposta dinâmica do sistema considerando o desempenho da proteção para diferentes condições de operação. Como resultado, a coordenação e integração das funções de proteção podem ser avaliadas levando em conta a resposta de todo o sistema para reduzir a probabilidade de um evento em cascata no sistema de potência.

Ferramentas de software comerciais para simulação dinâmica de sistemas de potência permitem a inclusão de alguns elementos de proteção genéricos, mas faltam modelos de relés disponíveis na literatura para esse fim [2]. Normalmente, a representação das funções de proteção em estudos de estabilidade transitória baseados em fasores é feita por uma abstração da operação do relé. A característica de tempo do relé é representada por funções simplificadas e seu efeito é representado como um conjunto de eventos em tempos definidos (incluindo a operação do disjuntor e eliminação da falta), usando apenas quantidades de sequência positiva. Além disso, essas abstrações são utilizadas em um pequeno número de equipamentos considerados críticos para a operação segura do sistema, como linhas de transmissão cruciais.

Nesse sentido, tem havido esforços contínuos do *Western Electricity Coordinating Council* (WECC) no desenvolvimento de modelos de relés genéricos para simulações dinâmicas [2]. Além disso, em 2019, o Comitê de Desempenho Dinâmico de Sistemas de Energia do IEEE criou uma Força-Tarefa para estudar a integração de modelos de relés em simulações eletromecânicas. Na literatura, é possível encontrar contribuições iniciais em estudos como [2] - [5]. Esses artigos apresentam contribuições no desenvolvimento de modelos mais realistas e incorporam aspectos da natureza da proteção em simulações eletromecânicas.

Uma dificuldade na representação mais realista dos modelos dos relés é que nos programas de curto-circuito, o sistema é representado pelo modelo de sequência, enquanto apenas a sequência positiva é usada nos programas de estabilidade. Para representar com precisão os relés, as grandezas de sequência negativa e zero também devem ser representadas, uma vez que dependendo do tipo de falta, correntes negativas e de sequência zero podem fluir nos relés e impactar em seu desempenho [6] - [8]. Posto isto, é importante ressaltar que há uma dificuldade de

representar e converter o formato de banco de dados dos fabricantes de relés e modelo de programas de curto-circuito a programas de estabilidade. Dessa forma, o efeito de faltas desequilibradas é outra questão difícil de lidar em programas de estabilidade. Em [2], uma plataforma de simulação que combina os ambientes de proteção e planejamento foi proposta para o projeto e análise de algoritmos de proteção e controle de área ampla.

Com base no conceito principal utilizado na plataforma desenvolvida em [2], este artigo propõe um método que possibilita uma representação confiável do funcionamento dos dispositivos de proteção em simulações dinâmicas. Essa representação é fornecida pela combinação de simulações de estabilidade com simulações de curto-circuito, que empregam modelos de sequência para os componentes do sistema e apresentam modelos de proteção bem estabelecidos fornecidos pelos fabricantes. O método foi avaliado sob um sistema teste abstraído de um equivalente dinâmico de um sistema real.

O artigo está dividido da seguinte forma: na Seção 2 a metodologia proposta é detalhada, na Seção 3 os experimentos e resultados são discutidos, e na Seção 4 as conclusões e trabalhos futuros são descritos.

## 2 METODOLOGIA PROPOSTA

O método usa um programa de estabilidade baseado em fasores convencional, que usa o modelo de sequência positiva, combinado com um programa de curto-circuito. O fluxograma do método combinando as duas simulações é apresentado na Figura 1. Basicamente, as tensões de sequência positiva calculadas pelo programa de estabilidade são fornecidas ao programa de curto-circuito em cada intervalo de tempo. Da mesma forma, qualquer mudança de topologia devido à operação do relé simulada no programa de curto-circuito deve ser atualizada de forma correspondente no modelo de sistema usado no programa de estabilidade. O programa de estabilidade pode ser qualquer programa comercial disponível para esse fim, bem como o programa de curto-circuito. A única restrição é que eles devem ser capazes de trocar informações durante cada etapa de tempo.

No fluxograma da Fig. 1, no primeiro bloco, ambos os programas recebem informações sobre as condições iniciais e sobre a falta, como tempo de aplicação da falta ( $t_f$ ), tipo de falta (1 $\phi$ -t, 2 $\phi$ , 2 $\phi$ -t ou 3 $\phi$ ), barramento com falta ( $B_f$ ) e resistência de falta ( $R_f$ ). Após as condições iniciais serem definidas, a primeira etapa de tempo é simulada no programa de estabilidade (PE).

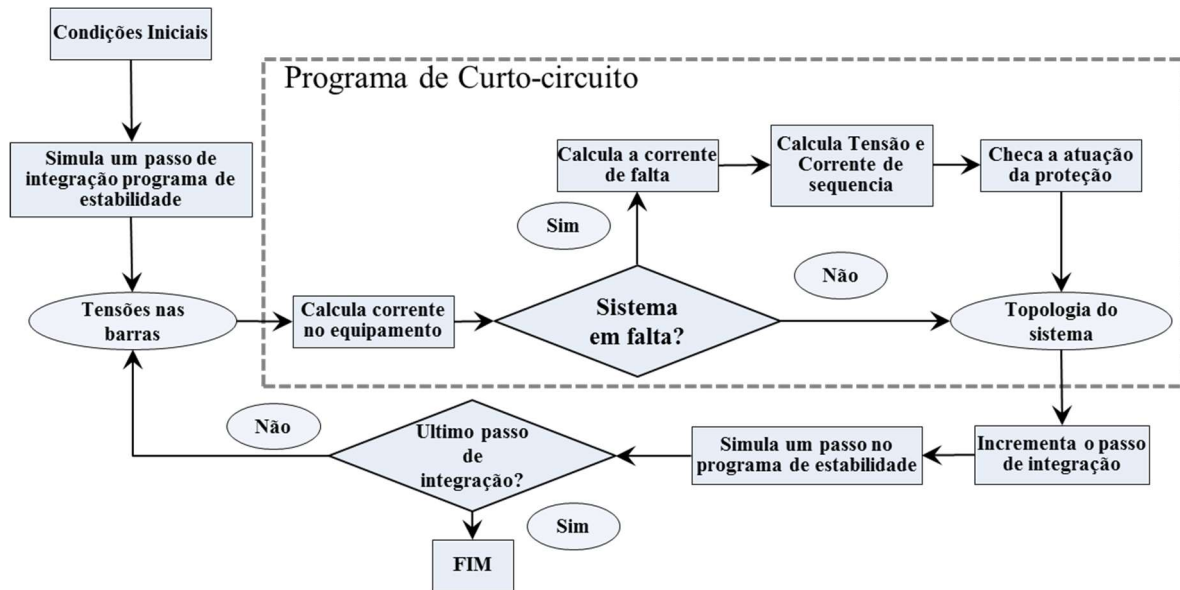


Figura 1: Fluxograma da metodologia proposta

O perfil de tensão do sistema obtido a partir dos resultados da simulação PE e fornecido ao programa de curto-circuito (CCP). Em seguida, o programa de curto-circuito calcula as correntes de todos os elementos usando as tensões de sequência positiva fornecidas pelo PE e os modelos de impedância do cálculo de curto-circuito, como segue:

$$I_{km} = \frac{V_k - V_m}{Z_{km}} \quad (1)$$

onde “k” e “m” são os índices dos barramentos “de” e “para”, e “I” e “V” são os fasores de corrente e tensão, respectivamente. As correntes dos dispositivos de derivação devem ser consideradas nesta equação.

É testado se o sistema está em situação de falta, comparando o tempo de simulação atual com o tempo de aplicação do curto-circuito e seu tempo de eliminação. Se o sistema estiver com falta, o CCP calcula a corrente de falta ( $I_f$ ) usando a tensão de sequência positiva do barramento com falta e as informações do  $Z_{bus}$  usando:

$$I_f = \frac{V_f^1}{Z_{ff}} \quad (2)$$

onde "f" é o índice do barramento com falta, e  $Z_{ff}$  é a impedância do ponto de acionamento na matriz  $Z_{bus}$ , sendo obtido conforme definido por cálculos de falta (por exemplo, no caso de um falta fase-terra,  $Z_{ff} = Z_f^1 + Z_f^2 + Z_f^0 + 3R_f$ ).

As correntes de falta são usadas para calcular as tensões de sequência ( $V^{012}$ ) e a matriz de impedância,  $Z_{bus}$ . Depois disso, as tensões de fase  $V^{abc}$  também são obtidas. As tensões de sequência são, então, usadas para calcular as correntes de sequência  $I^{012}$  (e as correntes de fase  $I^{abc}$ ).

Uma vez que as correntes de curto-circuito são conhecidas, as curvas do relé são avaliadas para identificar quais delas irão operar. Esta verificação é realizada comparando as impedâncias medidas às zonas de proteção de distância. Em seguida, com base nessas informações, é fornecida ao PE a topologia do sistema de acordo com o estado de proteção.

Após a passagem da topologia para o PE, é realizado o próximo passo de integração. O resultado dos cálculos de curto-circuito é usado para calcular o efeito da falta na simulação baseada em fasores, representada, por exemplo, por um reator shunt. Essa representação já é adotada, conforme apresentado em [9], mas o reator shunt é determinado previamente para simulação de estabilidade por meio de um software de curto-circuito, e não é atualizado durante a simulação. Aqui, durante o evento de curto-circuito,  $I_f$  e as outras grandezas são atualizadas à medida que novos valores de tensão de sequência positiva são simulados no PE. Quando a falta é eliminada, os cálculos de curto-circuito são interrompidos, mas os fluxos de corrente continuam sendo calculados. Este processo se repetirá até que o tempo de simulação alcance o tempo total de simulação.

Em termos de modelagem de proteção de impedância, tradicionalmente, os softwares de estabilidade transitória baseado em fasores empregam um esquema simplificado para representar dispositivos e funções de proteção. Normalmente, os modelos integrados consideram círculos de admitância e regiões de retângulo. No modelo proposto, os parâmetros de entrada são iguais aos parâmetros do dispositivo e a região é representada com precisão. Os modelos desenvolvidos também consideram a característica de *load encroachment* e as funções de bloqueio de corrente do fabricante, para uma representação realista do sistema de proteção.

A ilustração das características da impedância apresentada na figura 2 mostra a aproximação típica disponível no software de estabilidade transitória e a figura 3 mostra a característica real obtida do manual do fabricante e disponível no banco de dados de software de curto-circuito. Avaliando as figuras, é possível inferir que a aproximação não cobre a área total da característica real.

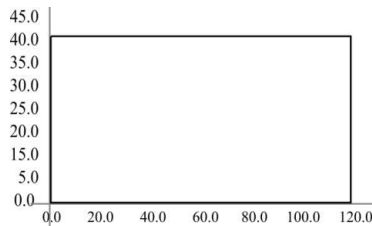


Figura 2: Modelo no programa de estabilidade

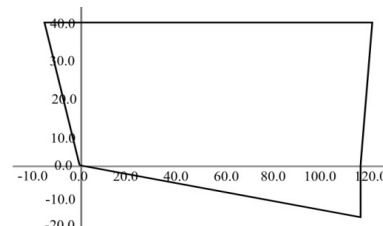


Figura 3: Modelo no programa de curto-circuito

### 3.0 RESULTADOS SIMULADOS

O método é aplicado ao sistema ilustrado na figura 4. Este sistema-teste representa parte da rede conectada aos geradores de Itaipu em 50Hz. Diferentes distúrbios são analisados no ambiente de planejamento do operador do sistema para avaliar qualquer problema de estabilidade que possa surgir e impactar ambos os sistemas de transmissão.

O sistema-teste é modelado, conforme proposto pelo método, em dois programas. O primeiro é o ANATEM, que é o programa de estabilidade transitória usado para análises de estabilidade em sistemas de potência e adotado como ferramenta do Operador Nacional do Sistema para simulações de estabilidade no sistema interligado nacional (SIN). O segundo é um programa de curto-circuito, desenvolvido pelos autores, capaz de calcular correntes de falta desbalanceadas e com modelos de proteção fornecidos pelos fabricantes dos relés. É importante destacar que,

embora seja utilizado um programa de curto-circuito desenvolvido pelo usuário, qualquer programa comercial pode ser utilizado para este fim.

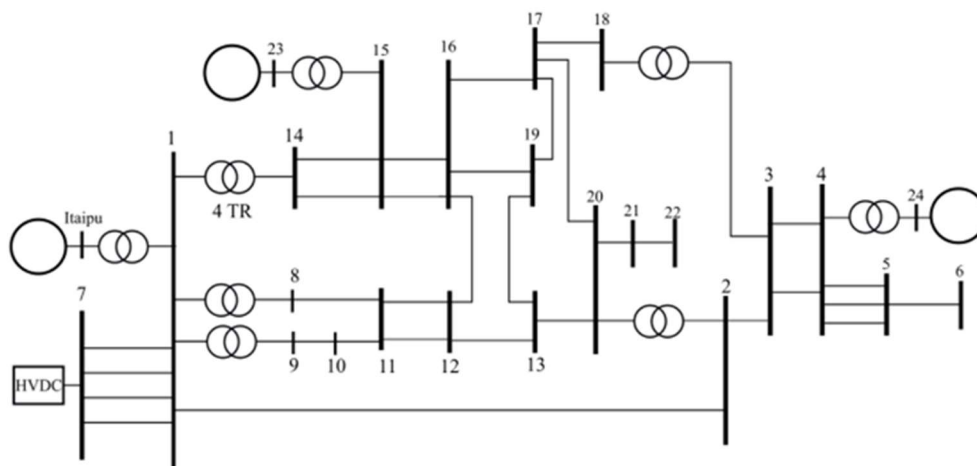


Figura 4: Diagrama unifilar do sistema teste

Na primeira simulação com o método, um curto-circuito trifásico foi aplicado no barramento 1 em 1 segundo de simulação com duração de 80 ms, resultando na desconexão da linha 1-2. O objetivo desta simulação é validar os resultados das simulações de estabilidade com os resultados do programa de curto-circuito usando em cada intervalo de tempo o perfil de tensão das simulações de estabilidade.

Na figura 5 é apresentada uma comparação das correntes calculadas por ambos os programas, ou seja, dos programas de estabilidade (referido como "Anatem") e de curto-circuito (referido como "calculado"). Para calcular as correntes, o programa de curto-circuito usa as tensões fornecidas pelo programa de estabilidade em cada etapa de tempo, assim como a informação do instante de aplicação do curto-circuito. Pode-se verificar que as correntes fornecidas por ambos os programas apresentam uma boa correspondência.

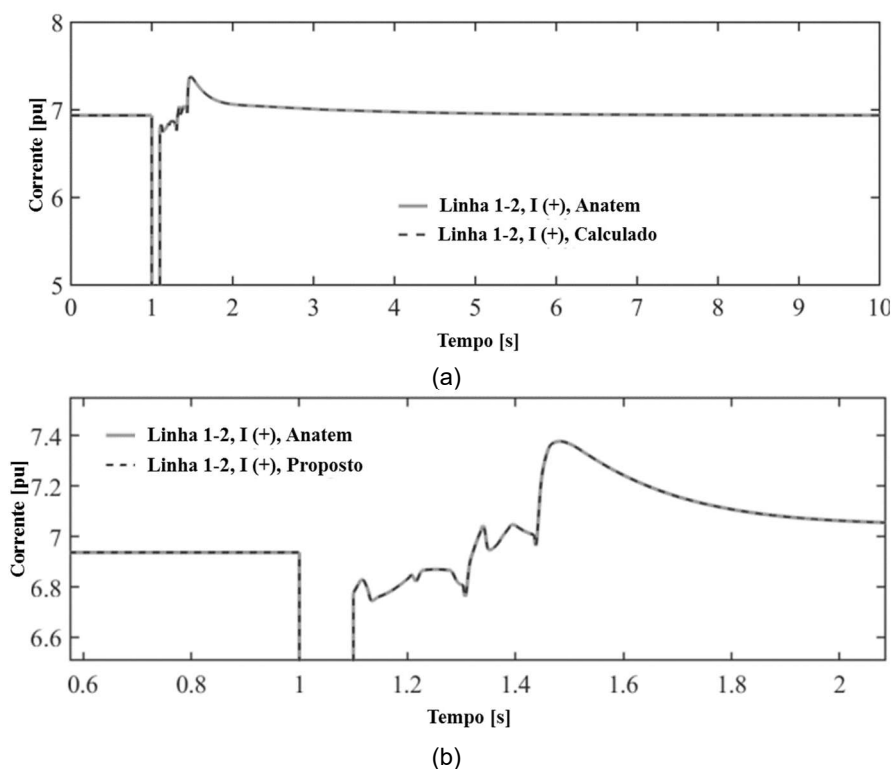


Figura 5: (a) Corrente de sequência positiva calculada usando software de estabilidade transitória e rotina proposta e

(b) Zoom da figura 5(a) entre aproximadamente 0,6 e 2 s.

### 3.1 SIMULAÇÃO DE PROTEÇÃO DE IMPEDÂNCIA

Um curto-circuito fase-terra é simulado no barramento 14, seguido pela desconexão das duas linhas entre os barramentos 14 e 15. A ideia é analisar o desempenho da proteção da impedância de backup das linhas paralelas sujeitas ao curto-circuito. Neste caso, a proteção da linha 8-11 responderá como proteção de backup e deverá operar para loop fase-fase quando a impedância atingir 140% da impedância da linha por 500ms (tempo fixo).

Nas simulações, os modelos apresentados na figura 4 foram empregados adequadamente em cada um dos programas. A simulação da falta fase-terra resulta na trajetória de impedância ilustrada na figura 6. O retângulo verde representa o modelo de proteção usado pelo programa de estabilidade, o polígono azul representa o modelo de proteção usado no programa de curto-circuito e o vermelho linha é a trajetória de impedância da falta simulada.

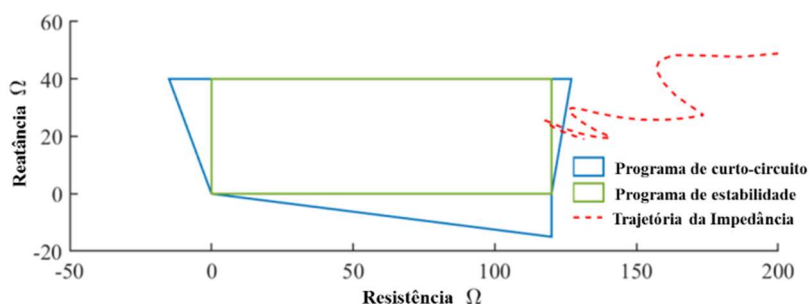


Figura 6: Simulação de falta fase-terra e representação de loop fase-fase de proteção de impedância em software de estabilidade transiente e software de curto-circuito

Na Figura 7, a trajetória da impedância é ampliada e, como se pode ver, a impedância simulada entra na zona modelada pelo programa de estabilidade em 2,895s de simulação, deixando a mesma zona em 2,967s de simulação.

Assim, a impedância permanece dentro da zona de impedância modelada por 72ms, e a proteção de retaguarda não atua desligando a linha. Na Figura 8, é possível ver a trajetória da impedância em comparação com o modelo do relé de impedância do programa de curto-circuito. É possível ver que a impedância simulada entra na zona modelada em 2,761s de simulação e sai aos 3,274s de simulação. Assim, a impedância permanece dentro da zona de impedância modelada por 513ms, e a proteção de retaguarda atua desligando a linha.

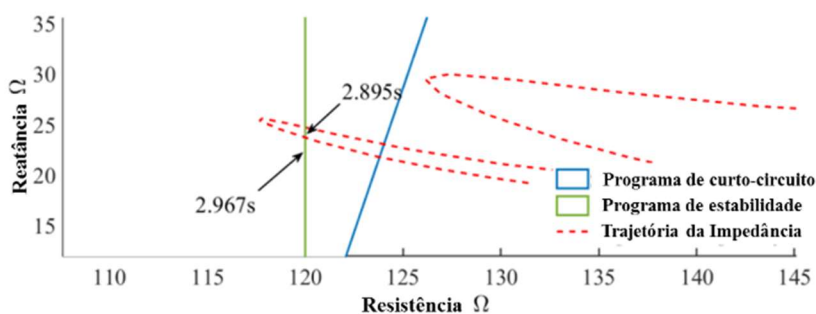


Figura 7: Detalhe da trajetória da impedância em comparação com o modelo de proteção do software de estabilidade transitória.

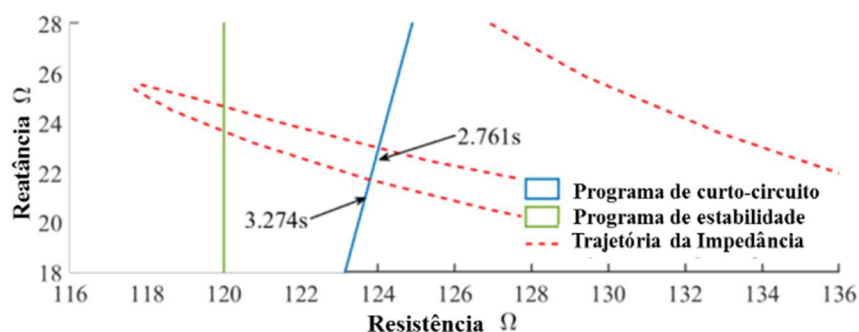


Figura 8: Detalhe da trajetória da impedância em comparação com o modelo de proteção do software de curto-circuito.

Esta simulação ilustra um caso em que o modelo de relé de distância usado no programa de estabilidade falta em representar o comportamento do relé e não representa uma interrupção do circuito de linha dupla. A interrupção dessas linhas representa um impacto importante na estabilidade do sistema-teste, ilustrado pela geração da usina de Itaipu. A Figura 9 ilustra a potência de saída de Itaipu para ambas as simulações. Como se pode ver, a simulação combinada é capaz de identificar a operação do relé de distância e, portanto, uma condição instável, enquanto usando apenas o programa de estabilidade, esta condição instável não pode ser identificada.

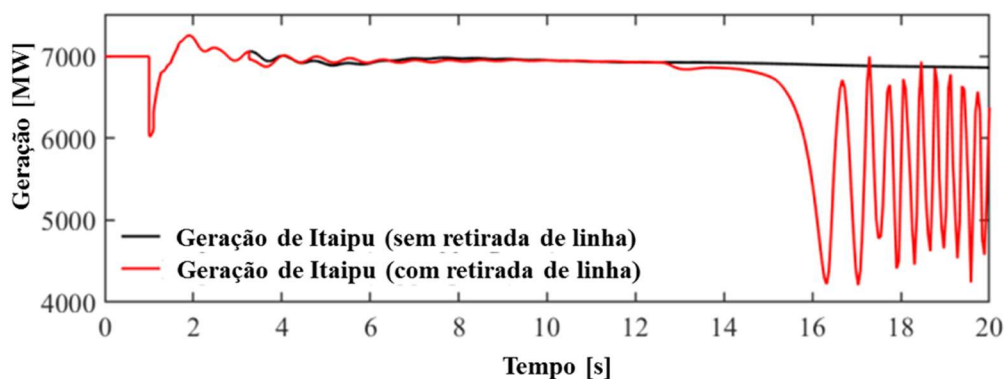


Figura 9: Desempenho dinâmico do sistema considerando as representações de proteção do software de estabilidade transitória e do software de curto-circuito.

A partir desses resultados, é possível perceber que o modelo aproximado, pode levar a um resultado de simulação diferente em relação ao modelo detalhado do fabricante. Neste caso, com a utilização do relé do fabricante foi possível identificar o disparo de uma linha que resultou em condição instável. Este achado reforça que a abordagem proposta é adequada para estender os modelos de simulação de estabilidade transitória. Além disso, os modelos de proteção desenvolvidos permitiram avaliar a proteção retaguarda da zona 3 e esquemas POTT, não apresentando erros de operação para o sistema avaliado.

### 3.2 IMPACTOS DA AUSÊNCIA DA REPRESENTAÇÃO DA REGIÃO DE CARGA NA PROTEÇÃO

O modelo de proteção empregado nesse trabalho pode ser utilizado para diferenciar um cenário de *load encroachment* (também conhecido como “invasão de carga”) de outro no qual ocorre uma falta real no sistema, pois a primeira é uma condição crítica que pode levar a uma operação incorreta do relé. A figura 10 apresenta um caso de um *loop* fase-fase onde a impedância aparente atinge a região da segunda zona da proteção de distância. A linha vermelha representa a zona de *load encroachment* e a linha verde representa a impedância vista pelo relé no caso de um aumento de carga. É possível notar que a linha verde entra na zona do relé, mas como não entra na região delimitada pela zona de *load encroachment*, não há o acionamento da proteção para uma oscilação estável. Observa-se que, nesta condição, tensão e corrente estão equilibradas, o que diferencia o caso de uma falta fase-terra. Entretanto, a linha cinza mostra uma falta fase-terra e, sendo esta uma condição desequilibrada, a mesma bloqueia o *loop* fase-fase e o relé detecta a falta.

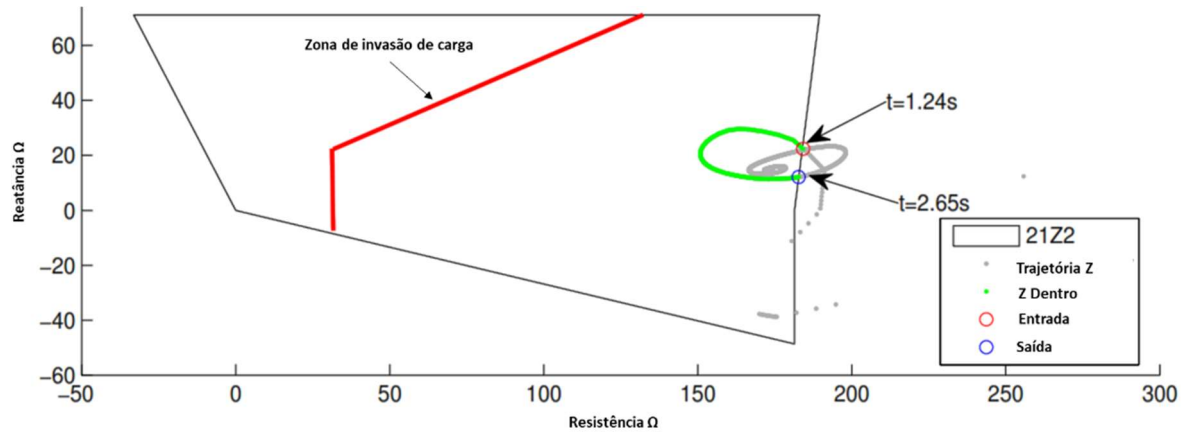


Figura 10: Modelo de proteção do fabricante considerando a característica de *load encroachment*.

### 3.3 COMPARAÇÃO DE DADOS REGISTRADOS DURANTE UMA PERTURBAÇÃO COM RESULTADOS DE SIMULAÇÃO TRADICIONAL E EMPREGANDO O MÉTODO PROPOSTO

O Operador Nacional do Sistema relatou em 5 de abril de 2020 uma explosão em um transformador de corrente seguida por um curto-circuito fase-terra em uma das quatro linhas de 500 kV que conectam a geração de 60 Hz da usina de Itaipu ao sistema de transmissão de 765 kV, eliminado pela proteção diferencial de corrente de linha. A potência de saída do gerador Itaipu 60 Hz foi monitorada.

A experiência acumulada nos testes de comissionamento em tempo real e sete distúrbios envolvendo as linhas de transmissão citadas mostram um tempo máximo de proteção diferencial de corrente igual a 37 ms e o tempo máximo de operação dos disjuntores igual a 31 ms, resultando em um tempo total de 68ms para eliminação do curto-circuito.

Em uma simulação, esse tempo de atuação só é possível se a proteção diferencial de corrente for modelada, o que não é uma prática usual em simulações de estabilidade. A simulação desta perturbação utilizando apenas um programa de estabilidade, usando os procedimentos atuais para realizar simulação de curto-circuito em software de estabilidade baseado em fasores, o curto-circuito foi eliminado após 150 ms. Usando o método proposto, o curto-circuito foi eliminado em 67 ms.

A figura 11 apresenta a geração de Itaipu utilizando apenas o programa de estabilidade (150 ms), comparada à simulação utilizando o método proposto com simulações combinadas (67 ms), e os dados registrados da perturbação.

Embora todas as trajetórias tendam para o mesmo valor estável pós-perturbação, durante a resposta transitória elas apresentam diferenças consideráveis. As simulações combinadas resultaram em um tempo de eliminação da falta mais próximo do evento real. A partir desses resultados, pode-se concluir que uma melhor representação dos dispositivos de proteção permite melhorar a reprodução de eventos reais. Este tipo de fidelidade a eventos reais é útil para evitar eventos em cascata e blecautes



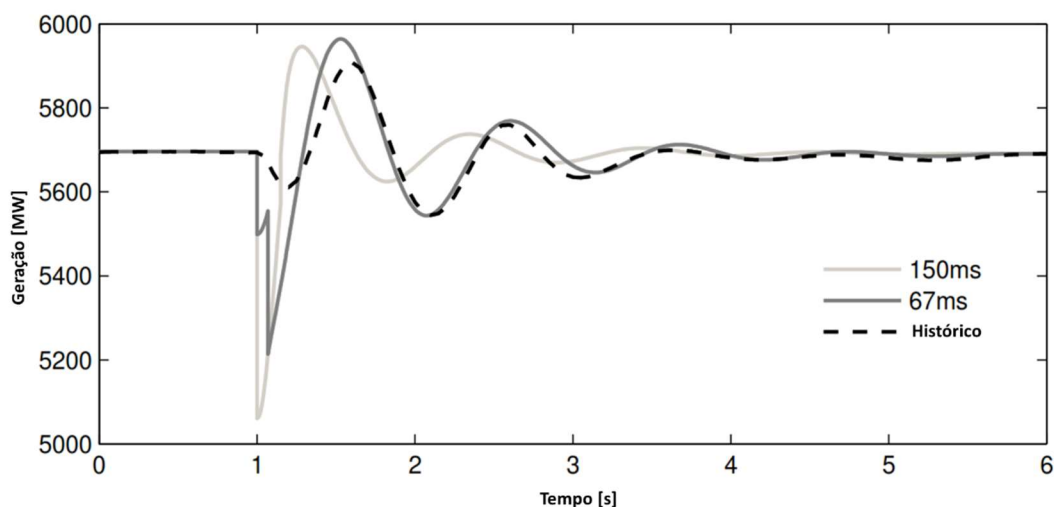


Figura11: Resposta de potência ativa dos geradores de Itaipu devido à diferentes representações da proteção.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste informe técnico, foi apresentado um método de simulação combinando os modelos de sequência-positiva usados em programas de estabilidade e a representação de sistemas de proteção, com o intuito de melhorar a resposta da simulação de estabilidade, possibilitando representar eventos desbalanceados, o que é importante para a operação do relé.

Uma característica importante do método é o fato de o programa de curto-circuito apresentar modelos bem estabelecidos de funções de proteção, geralmente fornecidos pelos fabricantes, que são utilizados para ajustes de proteção e coordenação. O método foi validado por meio de simulações e dados registrados a partir de uma perturbação em parte de um sistema de transmissão real que pode impactar a estabilidade de uma importante planta de geração do sistema brasileiro.

É importante destacar que o método pode ser utilizado não apenas para avaliar a estabilidade transitória do sistema, mas também em outras condições, como o desempenho da proteção de relés de distância de redes fracas em condições de rede forçada. Adicionalmente, a modelagem empregada auxilia a identificar situações de “*load encroachment*”. Outras análises também podem ser desenvolvidas em tópicos de interesse da comunidade científica e da indústria utilizando o método proposto, como desempenho de relés de distância em redes com penetração de geração interfaceada por inversores.

Em conclusão, as simulações combinadas podem não só representar a resposta dinâmica do sistema diante de distúrbios desequilibrados, mas também permitir o uso de modelos de proteção desenvolvidos e divulgados pelos fabricantes, disponíveis em programas de curto-circuito. Considerando que uma das causas dos apagões são questões relacionadas aos sistemas de proteção, esta abordagem pode contribuir para evitar eventos em cascata que originam grandes apagões no sistema.

Conforme discutido, todas essas funções de bloco são carregadas no modelo completo do relé e são representadas mesmo em uma simulação de estabilidade, que permite avaliar o funcionamento detalhado da proteção para diferentes distúrbios e eventos

#### 7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] U-CPSOT Force, S. Abraham et al., “US-Canada power system outage task force,” Final report on the August 14, 2003 Blackout in the United States and Canada: Causes and Recommendations, 2004.
- [2] A. Gopalakrishnan, S. Aquiles-Perez, D. MacGregor, D. Coleman, J. Quada, and P. McGuire, “Simulating the smart electric power grid of the 21st century,” Electrocon International, Inc., Tech. Rep., 2012.
- [3] N. A. Samaan, J. E. Dagle, Y. V. Makarov, R. Diao, M. R. Vallem, T. B. Nguyen, L. E. Miller, B. Vyakaranam, F. K. Tuffner, M. Pai et al., “Modeling of protection in dynamic simulation using generic relay models and settings,” in 2016 IEEE Power and Energy Society General Meeting (PESGM). IEEE, 2016, pp. 1–5.



- [4] B. Vyakaranam, N. Samaan, M. Vallem, R. Huang, R. Diao, Y. Makarov, B. Thomas, and W. W. Price, "Modeling of protection relays using generic models in system-wide power system dynamic simulation studies," in 2018 IEEE Power Energy Society General Meeting (PESGM), 2018, pp. 1–5.
- [5] B. Liu, M. A. A. Murad, J. Chen, and F. Milano, "Modeling of protective relays for transient stability analysis," in 2020 IEEE Power Energy Society General Meeting (PESGM), 2020, pp. 1–5.
- [6] ASPEN, "Aspen oneliner short circuit and relay coordination program user manual," 2020.
- [7] D. Raveling, "User experience with aspen oneliner short circuit and relay coordination program," in Minnesota Power Systems Conference, 1991.
- [8] R. H. Cauthen and W. P. McCannon, "The cape system: Computer-aided protection engineering," IEEE Computer Applications in Power, vol. 1, no. 2, pp. 30–34, 1988.
- [9] P. Kundur, N. J. Balu, and M. G. Lauby, Power system stability and control. McGraw-hill New York, 1994, vol. 7.

## DADOS BIOGRÁFICOS



Rodrigo Andrade Ramos possui graduação (1997), mestrado (1999) e doutorado (2002) em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo. Atualmente é Professor Associado do Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia de São Carlos, no campus de São Carlos da Universidade de São Paulo. Atuou também como Professor Visitante na University of New South Wales, Austrália e como Professor Associado Visitante na University of Waterloo, Canadá. Foi Editor Associado da IEEE Transactions on Sustainable Energy e da IEEE Transactions on Smart Grid. Atua como assessor ad hoc para FAPESP, CNPq, CAPES, FACEPE e CONICYT - Chile.

## (2) JONAS ROBERTO PESENTE

Doutorado em engenharia elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina e colaborador de Itaipu Binacional na divisão de estudos elétricos e normas.

(3) AHDA PIONKOSKI GRILO PAVANI

Ahda Grilo Pavani é professora associada da Universidade Federal do ABC (UFABC). Possui doutorado em Engenharia Elétrica pela UNICAMP em 2008 com bolsa FAPESP e realizou estágio de pós doutoramento pela UNICAMP em 2009 e pela University of Alberta em 2013. Atua na integração de geração eólica e fotovoltaica, considerando tanto o sistema interligado quanto redes de distribuição, com operação como microrredes. É editora associada dos periódicos Journal of Control Automation and Electrical Systems e IEEE Transactions on Sustainable Energy.

(4) WERBESTON DOUGLAS DE OLIVEIRA

Professor na Universidade Federal do Amapá. Possui graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Pará (2011), (2013) e (2017) , respectivamente, com ênfase em Sistemas de Energia Elétrica. Líder do grupo de Estudos em Sistemas de Energia da UNIFAP. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase Segurança de Sistemas Elétricos, Mineração de Dados, Geração Distribuída. É membro do IEEE PES e IAS, Smart Cities committee.