



**XXIII SNPTEE  
SEMÍNÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GPC/10  
18 a 21 de Outubro de 2015  
Foz do Iguaçu - PR

**GRUPO – V**

**GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC**

**APLICATIVO COMPUTACIONAL PARA A CARACTERIZAÇÃO DE EVENTOS EM SISTEMAS ELÉTRICOS USANDO SINCRÓFASORES**

<b>Valmor Zimmer(*)</b> LabPlan/UFSC	<b>Pedro C. C. Vieira</b> LabPlan/UFSC	<b>Marco A. D. Zarzosa</b> LabPlan/UFSC	<b>Ildemar C. Decker</b> LabPlan/UFSC	<b>Marcelo N. Agostini</b> Plan4
---	---	--	--	-------------------------------------

**RESUMO**

No presente trabalho é apresentado um aplicativo para a caracterização de eventos em sistemas elétricos usando sincrofases. Este aplicativo foi integrado ao programa MedPlot Histórico, que é um ambiente de análise de sincrofases desenvolvido e utilizado no âmbito do projeto MedFasee. No artigo são abordados aspectos metodológicos da detecção, identificação e localização de eventos, bem como as principais características do aplicativo desenvolvido. Estudos de caso ilustram o desempenho do aplicativo.

**PALAVRAS-CHAVE**

Sistemas elétricos, Eventos, Detecção, Localização, MedPlot Histórico

**1.0 - INTRODUÇÃO**

No processo de modernização dos sistemas elétricos alguns conceitos, inseridos no contexto de redes inteligentes (*Smart Grids*), tem se destacado. Um destes conceitos é o da Medição Sincronizada de Fasores, que permite a obtenção de medidas elétricas de tensão e corrente, com informações de magnitude e fase, empregando altas taxas de aquisição e referenciadas na mesma base de tempo, cuja representação é dada por sincrofases. Esta característica permite o monitoramento da dinâmica de sistemas elétricos, criando um novo paradigma para o monitoramento e controle da operação em tempo real (1).

No âmbito do projeto MedFasee, implementou-se um Sistema de Medição Sincronizada de Fasores (*Synchronized Phasor Measurement System – SPMS*). Este sistema é composto basicamente por 23 equipamentos de medição, denominados PMU (*Phasor Measurement Unit – PMU*), instalados na rede elétrica de baixa tensão de universidades parceiras, e um concentrador de dados (*Phasor Data Concentrator – PDC*) instalado na UFSC (2). Atualmente, este SPMS proporciona o monitoramento de todas as regiões do Sistema Interligado Nacional (SIN), incluindo os sistemas isolados do Amapá e Roraima.

Ao longo de um dia de operação inúmeros eventos ocorrem nos sistemas elétricos. Alguns são imperceptíveis aos consumidores, causando apenas pequenas alterações em grandezas elétricas. Outros causam grandes impactos, levando a interrupções de carga, perda de geração e até mesmo blecautes, que resultam em elevados prejuízos financeiros e sociais. Desta forma, a rápida caracterização de eventos pode auxiliar a operação nestas condições, acelerando o diagnóstico e proporcionando uma visão global do problema (3).

Grandes eventos, que causam desequilíbrio entre carga e geração, possuem a característica de se propagarem ao longo do sistema elétrico com velocidade finita (4). Tal propagação pode ser monitorada por SPMS e, se realizada a detecção e identificação adequada do instante em que a propagação atinge os locais onde estão instaladas as PMUs, pode-se estimar a localização do evento.

No presente trabalho é apresentado um aplicativo para a caracterização de eventos em sistemas elétricos, o qual foi integrado ao programa MedPlot Histórico, que é um ambiente de análise *off-line* de sincrofases desenvolvido e utilizado no âmbito do projeto MedFasee. São abordados aspectos metodológicos da detecção, identificação e localização de eventos, bem como as principais características do aplicativo desenvolvido. O artigo está

estruturado da seguinte forma. Na seção 2 discute-se sobre os principais conceitos envolvidos no aplicativo. Na seção 3 descreve-se o aplicativo de caracterização de eventos. Na seção 4 são apresentados três casos de estudo. E, por fim, na seção 5 são descritas as principais conclusões.

2.0 - CONCEITOS ENVOLVIDOS

O advento da medição fasorial sincronizada permitiu que um fenômeno denominado propagação de ondas eletromecânicas pudesse ser observado. Tal fenômeno se caracteriza pelo comportamento da rotação de geradores síncronos em grandes sistemas elétricos, os quais, quando submetidos a perturbações, são impactados em instantes diferentes (4). A FIGURA 1 ilustra um evento onde pode-se observar que o evento atinge inicialmente as PMUs UFSC, UNIPAMPA e UTFPR (localizadas no Sul do Brasil) e em sequência atinge as demais PMUs do SPMS MedFasee BT.

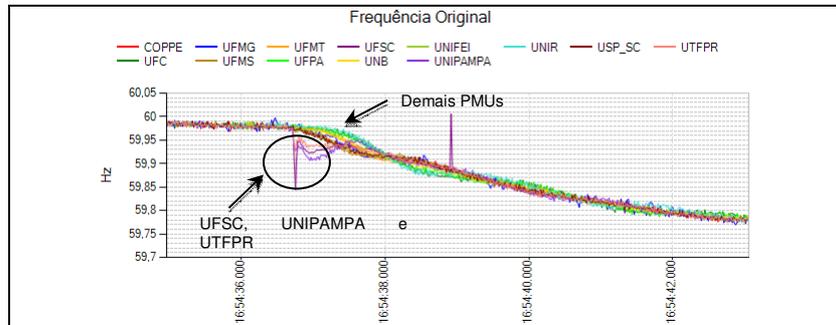


FIGURA 1 – Evento observado nos sinais de frequência do SIN

Entretanto, na FIGURA 1 também observa-se a presença de ruído e de saltos na frequência que dificultam a identificação do evento. Desta forma, é necessária a utilização de metodologias de pré-processamento que visem atenuar ruídos, saltos e também as oscilações naturais do sistema. A FIGURA 2 ilustra um exemplo de sinal pré-processado onde pode-se verificar a sequência de PMUs sensibilizadas pelo evento de acordo com os sinais circulares nas cores dos sinais de cada PMU.

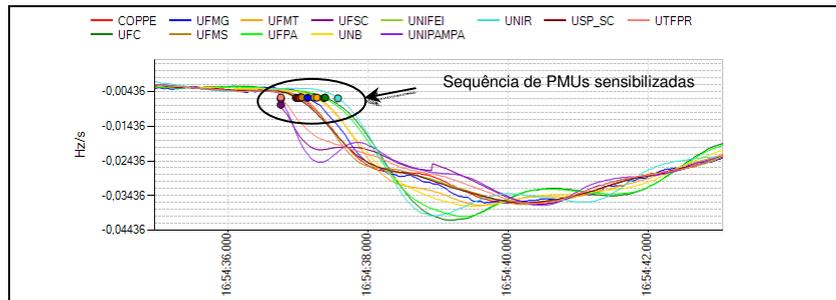
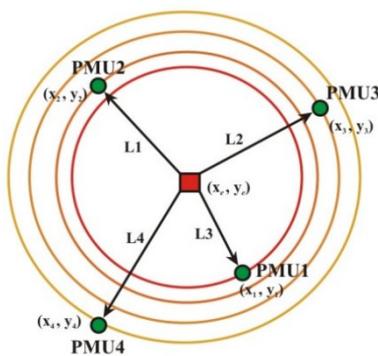


FIGURA 2 – Sinais de frequência do SIN pré-processados

Conhecendo a localização geográfica das PMU e o atraso de tempo em que o evento as atinge, pode-se modelar o problema em função das relações existentes entre velocidade, distância e tempo, tal como um problema de triangularização. O modelo resultante gera um conjunto de equações não-lineares com quatro incógnitas (velocidade, tempo inicial e a localização do evento), que pode ser resolvido utilizando o Método de Newton (6) (7). A FIGURA 3 ilustra o problema e nela são descritas as equações envolvidas no problema de triangularização.



**Distância entre dois pontos em um Plano**

$$L_i = \sqrt{(x_i - x_e)^2 + (y_i - y_e)^2}$$

**Distância em função da velocidade e do tempo**

$$L_i = V_e \cdot \Delta t$$

**Problema de Triangularização**

$$V_e^2 (t_i + t_e)^2 = (x_i - x_e)^2 + (y_i - y_e)^2$$

$$i = 1, 2, \dots, n^{\text{a}} \text{PMUs}$$

O índice "e" se refere a "valor estimado".

FIGURA 3 – Problema de triangularização

### 3.0 - APLICATIVO DESENVOLVIDO

O aplicativo desenvolvido foi incorporado, como um módulo funcional, ao programa MedPlot Histórico, que é um programa de análise de sincrofasores *off-line* desenvolvido em C# no âmbito do projeto MedFasee (8).

O aplicativo de caracterização de eventos, denominado “Módulo de Análise de Eventos”, tem como objetivo detectar, identificar e localizar eventos no sistema elétrico por meio da análise de dados fasoriais. Ele está habilitado somente para consultas com resolução de 60 fasores por segundo. O acesso a este módulo está disponível nos gráficos de frequência no tempo, através do clique no botão do campo “Análise de Eventos”, indicado na FIGURA 4.

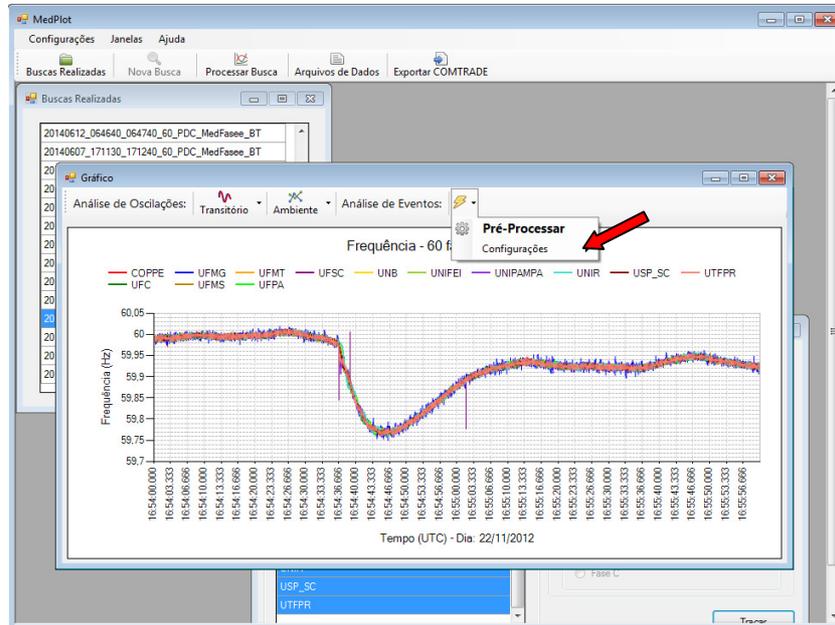


FIGURA 4 – Análise de Eventos

O processo de análise de eventos pode ser dividido em três etapas: Pré-processamento dos dados, identificação e localização dos eventos. A primeira etapa se dá ao acionar a opção “Pré-Processar”, cujo objetivo é gerar o sinal indicador de eventos, a partir do sinal de frequência. Este sinal é utilizado na segunda etapa do processo, que consiste em detectar os instantes que ocorrem eventos, que são aqueles onde o valor do sinal indicador ultrapassa um determinado limiar, definido no programa. Após a detecção, automaticamente é realizada a caracterização dos mesmos, onde são identificados os tipos dos eventos (salto e desvio de frequência), e quais PMUs foram afetadas nos eventos. A terceira etapa consiste na localização geográfica dos eventos sistêmicos (caracterizados como desvio de frequência). Cada uma destas etapas é descrita em detalhes nas subseções seguintes.

#### 3.1 Metodologias de Pré-processamento

O pré-processamento do sinal tem por objetivo atenuar ruídos e saltos no sinal de frequência, de modo que a propagação por meio de ondas eletromecânicas seja melhor caracterizada. Esta etapa é fundamental para viabilizar a detecção por meio do limiar de detecção (*threshold*). No programa estão disponíveis quatro metodologias diferentes de pré-processamento. Cada metodologia possui parâmetros de ajustes, os quais estão pré-ajustados em valores adequados aos eventos mais comuns. Todavia, o usuário é livre para alterá-los. Por padrão, a metodologia de “Filtro de Kalman” já vem pré-selecionada. Porém esta opção pode ser alterada através do menu “Configurações”.

Após o acionamento da opção “Pré-processamento”, uma nova janela é apresentada ao usuário, com dois gráficos: um com a frequência original e outro com o sinal indicador. A seguir são descritas as quatro metodologias de pré-processamento disponíveis.

##### 3.1.1 Filtro Passa Baixa

Um filtro de média móvel com ordem pré-ajustada em 20 amostras realiza a filtragem do sinal de frequência, esta ordem visa atenuar frequências acima de 3 Hz. Além disso, é removido o nível DC do sinal. Os sinais resultantes da aplicação nos sinais de frequência ilustrados na FIGURA 1 são ilustrados na FIGURA 5a.

##### 3.1.2 Filtro Passa Faixa

Esta metodologia visa atenuar não somente os ruídos como também a tendência existente no sinal de frequência. Para isso o sinal de frequência passa por dois filtros de média móvel. Um para atenuar ruídos (20 amostras) e outro para identificar a tendência da frequência (300 amostras), permitindo sua subtração do sinal filtrado (7). Os sinais resultantes da aplicação nos sinais de frequência ilustrados na FIGURA 1 são ilustrados na FIGURA 5b.

### 3.1.3 Filtro + Taxa de Variação

Esta metodologia aplica um filtro passa-baixa no sinal de frequência e obtém a taxa de variação pela aplicação direta na diferença existente entre as amostras do início e do final de um intervalo definido, que é pré-ajustado em 60 amostras, ou seja, 1 segundo (7). Os sinais resultantes da aplicação nos sinais de frequência ilustrados na FIGURA 1 são apresentados na FIGURA 5c.

### 3.1.4 Filtro de Kalman

Esta metodologia utiliza o filtro de Kalman para estimar a aceleração angular associada ao sinal de frequência que, por sua vez, pode ser caracterizado como uma velocidade angular ( $\omega=2\pi f$ ) (5).

Na ausência de eventos a velocidade angular é constante e possui aceleração angular igual a zero. Na ocorrência de um evento ocorrem alterações na frequência, que são refletidas significativamente na aceleração angular. Os parâmetros de ajuste do Filtro de Kalman são:

**Desvio padrão da medida:** é uma medida de dispersão da medida em relação ao seu valor real. Quanto menor for, maior a confiança na medida. Este parâmetro está pré-ajustado em 0,005.

**Característica dinâmica do evento:** é um parâmetro que caracteriza os eventos de interesse, ou seja a banda passante do filtro. Quanto menor for o seu ajuste, maior a atenuação de saltos na frequência. Este parâmetro está pré-ajustado em 0,01.

**Limite de aceleração angular:** é um parâmetro relacionado a dinâmica da aceleração angular. Quanto menor o seu ajuste mais lenta é a resposta dinâmica da aceleração angular estimada. Este parâmetro está pré-ajustado em 1.

A FIGURA 5d ilustra os sinais resultantes da aplicação do filtro de Kalman nos sinais de frequência ilustrados na FIGURA 1.

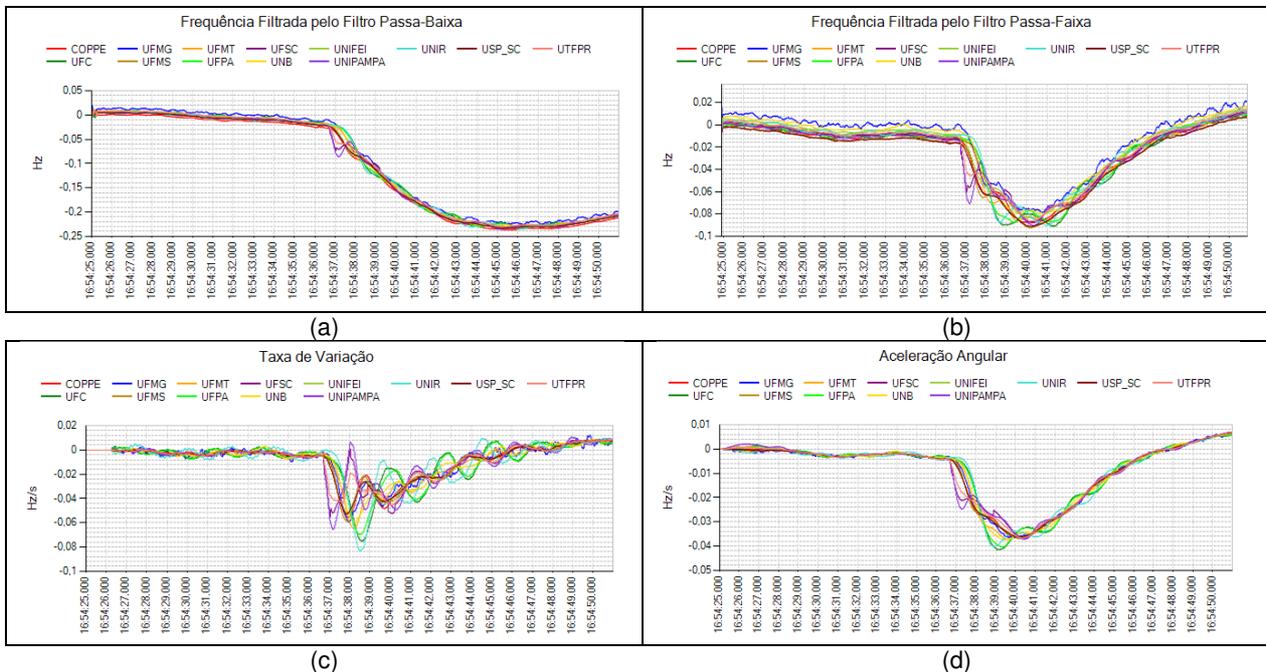


FIGURA 5 – Frequência Filtrada pelo FPB (a), Frequência Filtrada pelo FPF (b), Filtro + Taxa de variação (c) e aceleração angular estimada pelo FK (d).

### 3.2 Algoritmo de Identificação

O algoritmo de identificação realiza a detecção e caracterização dos eventos, que são classificados como salto e desvio de frequência. Eventos do tipo salto são característicos de curtos-circuitos e chaveamentos, já os eventos de desvio de frequência são característicos de perda de carga e geração.

Para realizar a identificação são utilizados os seguintes parâmetros:

**Limiar de detecção de eventos:** é um limite cuja transgressão caracteriza a presença de evento. Cada uma das metodologias de pré-processamento possui um limiar de detecção específico, que pode ser alterado pelo usuário. Os valores pré-ajustados são apresentados na Tabela 1

Tabela 1 – Limiares de detecção de eventos pré-ajustados

Metodologia de Pré-processamento	Limiar de detecção de eventos
Filtro Passa-Baixa	0,05
Filtro Passa-Faixa	0,02
Filtro + Taxa de Variação	0,02
Filtro de Kalman	0,006

**Máxima duração de eventos do tipo salto (ms):** delimita o tempo máximo que o sinal pode ficar acima do limiar, de modo que seja considerado um evento do tipo salto, caso ele permaneça um tempo maior, o mesmo é considerado um desvio de frequência. Este parâmetro está pré-ajustado em 300ms.

**Mínimo tempo de permanência abaixo do limite para indicação do fim do evento (ms):** caso o evento seja classificado como desvio de frequência, o mesmo deve permanecer abaixo do limiar estabelecido durante este período. Este parâmetro evita a detecção de eventos com características oscilatórias. O mesmo está pré-ajustado em 500ms.

**Máximo tempo entre terminais para indicar mesmo evento do tipo salto (ms):** Este parâmetro permite que eventos do tipo salto, presentes em sinais de diversas PMUs, sejam associados ao mesmo evento. O mesmo está pré-ajustado em 300ms.

**Máximo tempo entre terminais para indicar mesmo evento do tipo desvio de frequência (ms):** Este parâmetro permite que eventos do tipo desvio de frequência, presentes em sinais de diversas PMUs, sejam associado ao mesmo evento. O valor deste parâmetro está pré-ajustado em 2000ms.

Os parâmetros podem ser ajustados conforme ilustrado na FIGURA 6.

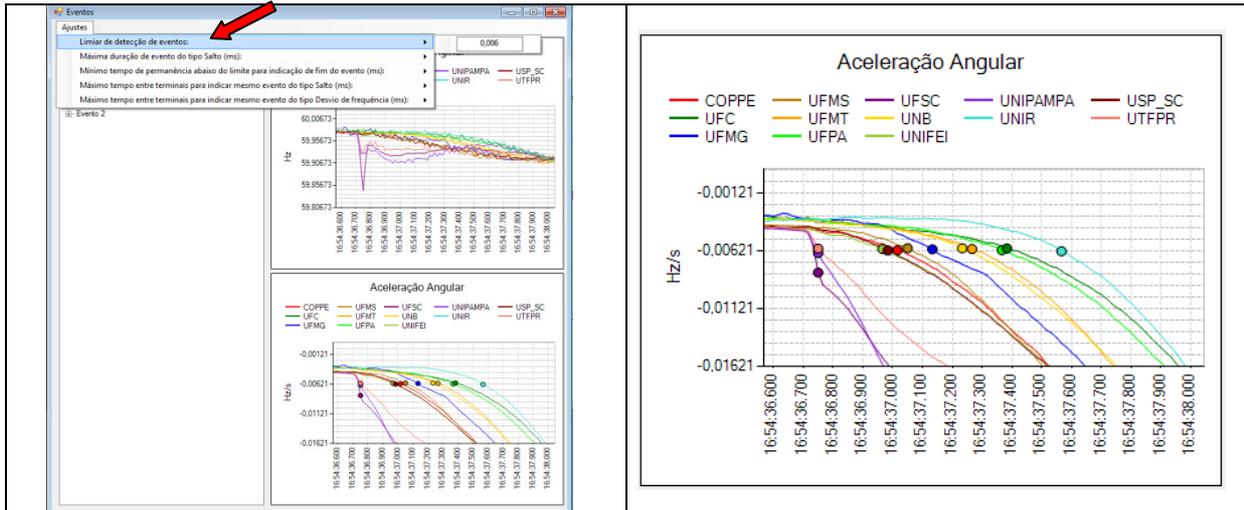


FIGURA 6 – Exemplo de alteração de parâmetros do algoritmo de identificação (esquerda) e sinalização da sensibilização dos sinais de cada PMU (direita).

Ao final desta etapa é fornecida uma lista com todos os eventos detectados (ordenados temporalmente), bem como suas características (tipo, instante de detecção, número de terminais sensibilizados e sequência temporal). Ao selecionar um evento da lista são sinalizados os instantes de sensibilização dos terminais no gráfico do sinal indicador, como indicado na FIGURA 6.

Cabe aqui ressaltar que o parâmetro “Limiar de detecção de eventos” deve ser ajustado de modo a assegurar a detecção da propagação do evento.

### 3.3 Localização de Eventos

Concluída a etapa de identificação de eventos, se existirem eventos cujo impacto tenha sensibilizado mais de três PMUs, e que tenham sido caracterizados como “desvio de frequência”, é habilitada a etapa de estimação da localização de eventos.

A localização de eventos é realizada clicando no evento de interesse (de modo que fique selecionado) e, em sequência, no botão “Localizar” de acordo com a FIGURA 7.

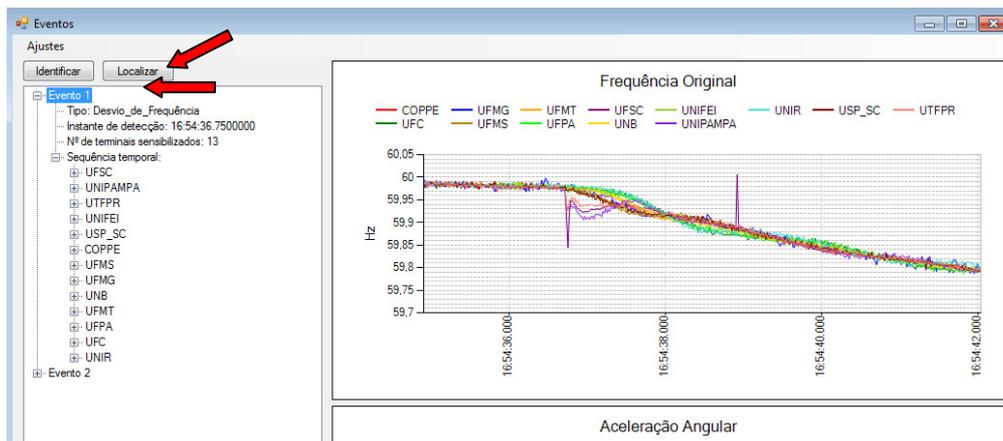


FIGURA 7 – Exemplo de utilização da metodologia de localização de eventos.

O resultado da metodologia de localização é apresentado em um mapa que indica a localização das PMUs utilizadas no processo de estimação da localização e do epicentro estimado do evento, como ilustrado na FIGURA 8. O usuário pode verificar as coordenadas do evento clicando sobre o ponto onde foi indicado o epicentro estimado do evento.

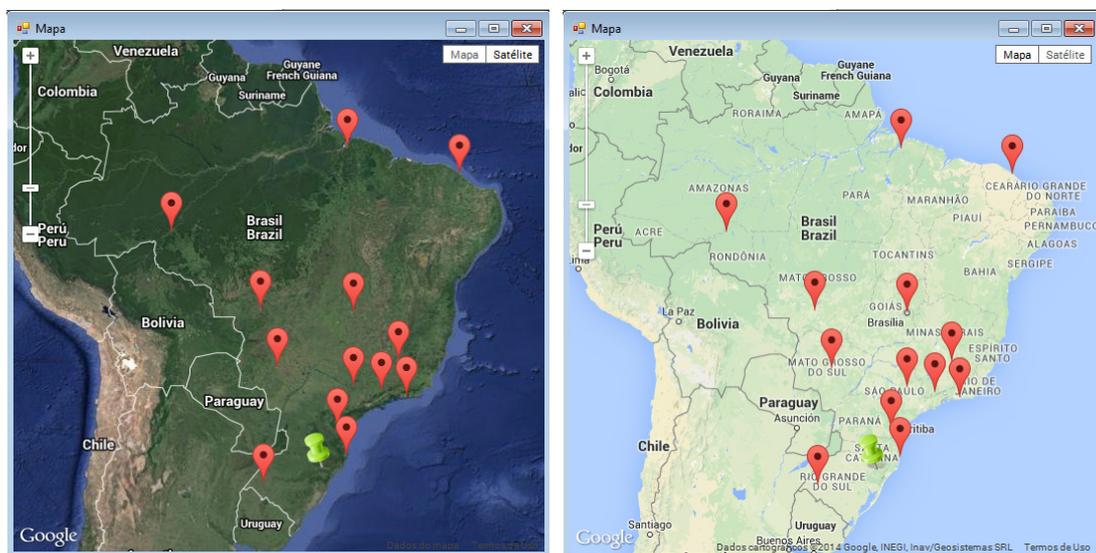


FIGURA 8 – Exemplo de mapas com a localização das PMUs (balões vermelhos) e com o resultado da localização do evento (pino verde) (mapa da esquerda com visualização tipo satélite e mapa da direita com visualização tipo mapa).

Observa-se que a metodologia de localização de eventos é dependente da localização das PMUs utilizadas na análise, seu desempenho depende da quantidade de PMUs e da abrangência que o sistema de medição sincronizada de fasores tem do sistema elétrico. Pode-se dizer que, para obter um bom desempenho, as PMUs devem “abraçar” o evento, ou seja circundar a área em que ocorreu o evento.

#### 4.0 - ESTUDOS DE CASO

Foram selecionados alguns eventos recentes para ilustrar o uso do aplicativo. As informações a cerca dos eventos foram obtidas no site do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) no Informativo Preliminar Diário da Operação. Empregou-se o FK como metodologia de pré-processamento e foram mantidos os valores padrões dos parâmetros do algoritmo de identificação.

**4.1 Perda de Geração:** No dia 21/11/2014 às 23h40min houve o desligamento automático da Usina Nuclear Angra II (ELETRONUCLEAR). Como consequência houve a rejeição de 1366 MW de geração (9). Durante esse evento o SPMS MedFasee BT estava com 18 PMUs ativas. A frequência do SIN durante a ocorrência é ilustrada na FIGURA 9. A sequência de PMUs sensibilizadas pela propagação do evento é descrita na Tabela 2a e a localização estimada do evento é ilustrada na FIGURA 12a por um pino verde, sendo que a localização real do evento é sinalizada por um raio em amarelo.

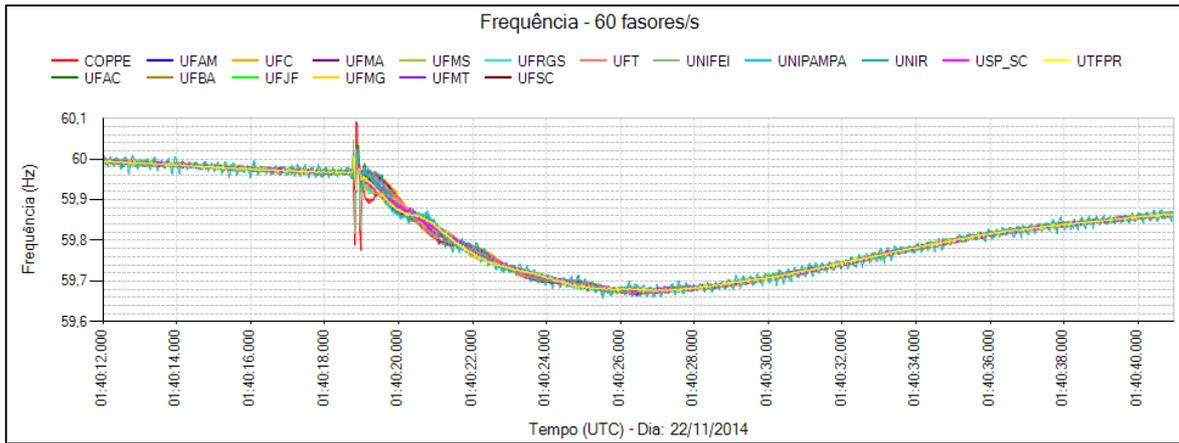


FIGURA 9 – Frequência do SIN durante a perda de geração

**4.2 Interrupção de Carga:** No dia 18/06/2014 às 13h37min ocorreu o desligamento automático da LT 230kV Guamá/Utinga C.1 e C.2 (Eletrobras Eletronorte), no estado do Pará. Como consequência ocorreu a atuação do esquema de perda dupla do trecho 230kV Guamá/Utinga, interrompendo 450MW de carga, afetando a região metropolitana de Belém (9). Durante esse evento o SPMS MedFasee BT estava com 19 PMUs ativas. A frequência do SIN durante a ocorrência é ilustrada na FIGURA 10. A sequência de PMUs sensibilizadas pela propagação do evento é descrita na Tabela 2b e a localização estimada do evento é ilustrada na FIGURA 12b.

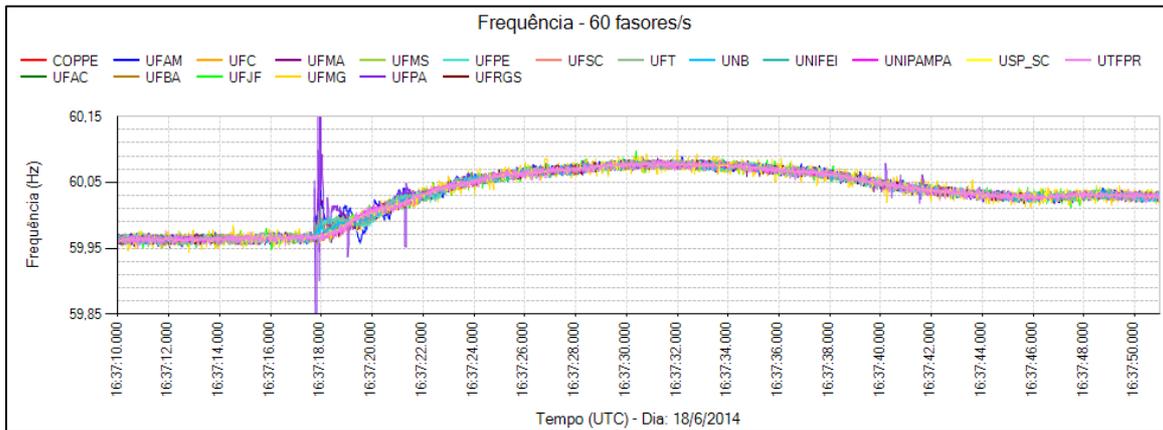


FIGURA 10 – Frequência do SIN durante a interrupção de carga

**4.3 Perda de Elo CC:** No dia 22/11/2014, às 23h37min, ocorreu o bloqueio de transmissão de 1084 MW de um pólo do bi-pólo 1 do sistema HVDC Madeira, que interliga a subestação Coletora Porto Velho a subestação Araquara, localizada na região Sudeste. Durante esse evento o SPMS MedFasee BT estava com 17 PMUs operando no SIN, neste evento foram adicionados os dados de duas PMUs do SPMS MedFasee CTEEP (10) instaladas nas subestações Araraquara e Bauru. A frequência do SIN durante o evento é ilustrada na FIGURA 11. A sequência de PMUs sensibilizadas pela propagação do evento é descrita na Tabela 2c e a localização estimada do evento é ilustrada na FIGURA 12c.

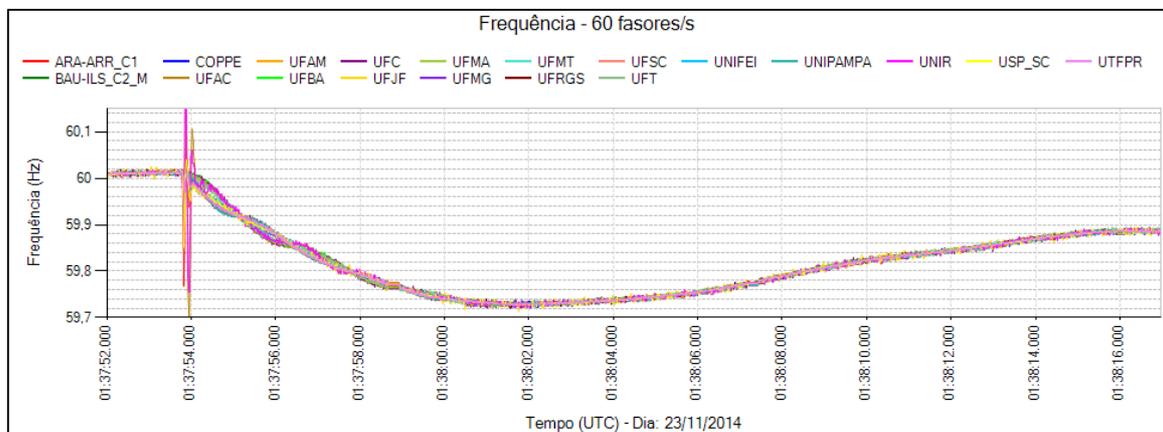


FIGURA 11 – Frequência do SIN durante perda de elo CC

Tabela 2a			Tabela 2b			Tabela 2c		
Perda de Geração (UN Angra II)			Interrupção de Carga (Belém)			Perda do Elo CC (Madeira)		
PMU	Instante de Sensibilização	Atraso (ms)	PMU	Instante de Sensibilização	Atraso (ms)	PMU	Instante de Sensibilização	Atraso (ms)
COPPE	01:40:18.98	0	UFPA	16:37:17.800	0	ARA-ARR	01:37:53.850	0
UNIFEI	01:40:19.98	0	UFAM	16:37:17.933	133	USP-SC	01:37:54.016	166
UFJF	01:40:19.11	13	UFMA	16:37:18.000	200	BAU-ILS	01:37:54.083	233
USP-SC	01:40:19.16	18	UFT	16:37:18.050	250	UNIFEI	01:37:54.133	283
UFMG	01:40:19.20	21	UEC	16:37:18.150	350	COPPE	01:37:54.166	316
UTFPR	01:40:19.23	25	UFPE	16:37:18.233	433	UFJF	01:37:54.166	316
UFSC	01:40:19.31	33	UFBA	16:37:18.250	450	UFMG	01:37:54.183	333
UFMS	01:40:19.33	35	UNB	16:37:18.616	816	UTFPR	01:37:54.183	333
UFERS	01:40:19.36	38	UFAC	16:37:18.750	950	UFSC	01:37:54.250	400
UNIPAMP	01:40:19.40	41	UFMG	16:37:18.800	1000	UFERS	01:37:54.266	416
UFMT	01:40:19.41	43	UFJF	16:37:18.950	1150	UFMT	01:37:54.283	433
UFT	01:40:19.50	51	UNIFEI	16:37:19.016	1216	UNIPAMP	01:37:54.300	450
UFAC	01:40:19.61	63	COPPE	16:37:19.033	1233	UNIR	01:37:54.316	466
UFMA	01:40:19.63	65	USP-SC	16:37:19.033	1233	UFAC	01:37:54.333	483
UFBA	01:40:19.68	70	UFMS	16:37:19.050	1250	UFT	01:37:54.416	566
UFAM	01:40:19.70	71	UTFPR	16:37:19.100	1300	UFMA	01:37:54.500	650
UEC	01:40:19.70	71	UFSC	16:37:19.150	1350	UFAM	01:37:54.516	666
			UFERS	16:37:19.166	1366	UFC	01:37:54.550	700
			UNIPAMP	16:37:19.183	1383	UFBA	01:37:54.566	716

Observa-se na Tabela 2a que eventos que impactaram o região Sudeste do SIN (UN Angra II e Elo CC) se propagaram em menos de um segundo em todo o SIN, já o evento que ocorreu na região Norte demorou mais de um segundo para sensibilizar todas as PMUs do SIN.

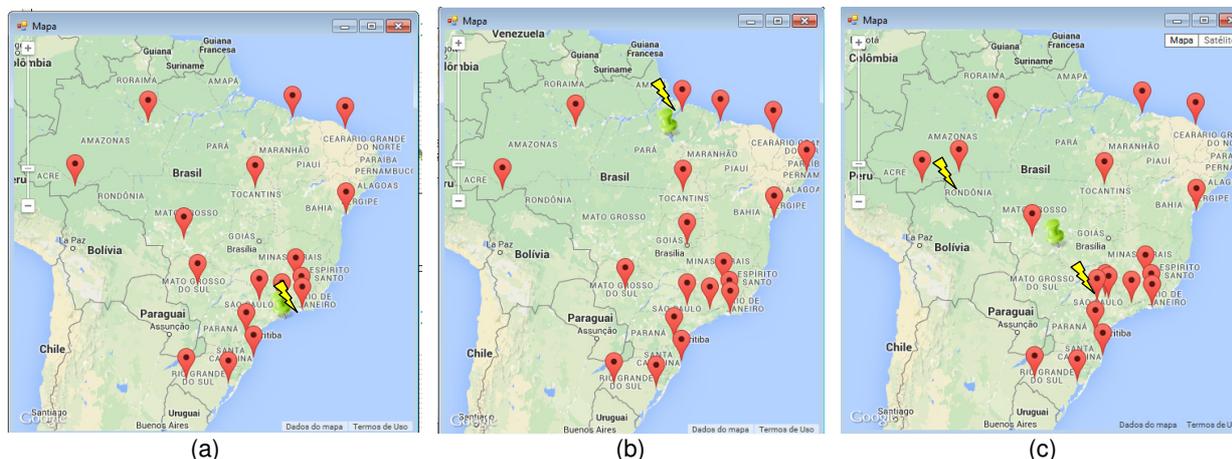


FIGURA 12 – Localização estimada dos eventos analisados, (a) Perda de Geração (UN Angra II), (b) Interrupção de Carga (Belém) e (c) Perda do Elo CC (Madeira)

Observa-se que nos eventos de perda de carga e geração o aplicativo estima a localização do evento próximo a área do evento. Entretanto, no evento de perda de elo CC o aplicativo estimou a localização em um ponto intermediário do elo, mesmo que a primeira PMU sensibilizada tenha sido a PMU instalada na subestação Araraquara, ou seja, no ponto de injeção de potência do elo (Tabela 2c).

## 5.0 - CONCLUSÃO

O aplicativo descrito no presente trabalho foi validado empregando dados de eventos no SIN provenientes do SPMS MedFasee BT e do SPMS MedFasee CTEEP. Os resultados mostraram desempenho adequado e efetividade, na detecção, identificação e localização dos eventos analisados. Entretanto, em eventos que envolvem elos de corrente contínua, cujo impacto se dá em ambas as extremidades do elo, há maior dificuldade na estimação da localização do evento, resultando na estimação de um ponto intermediário do elo.

O aplicativo tem sido utilizado pelo ONS na análise de eventos e, atualmente estão sendo estudadas melhorias visando aumentar a sua robustez. Além disso, vislumbra-se a sua aplicação em tempo real, possibilitando ao operador conhecer a localização estimada de eventos no instante imediato de sua ocorrência.

## 6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Dotta D, e Silva AS and Decker IC. "Wide-Area Measurements-Based Two-Level Control Design Considering Signal Transmission Delay". In. *Power Systems, IEEE Transactions on* 24: 208-216, 2009.
- (2) Decker, I.C., et Al. "System wide model validation of the Brazilian Interconnected Power System". In *Power and Energy Society General Meeting, IEEE* 2010.

- (3) ZHONG, Z. "Power Systems Frequency Dynamic Monitoring System Design and Applications". 2005. 212 (Doctor of Philosophy). Electrical and Computer Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- (4) J. S. Thorp, C. E. Seyler, and A. G. Phadke, "Electromechanical wave propagation in large electric power systems," *Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications, IEEE Transactions on*, vol. 45, pp. 614-622, 1998.
- (5) Z. Qingsheng, D. Jingyuan, X. Tao, and L. Yilu, "Detection of the start of frequency excursions in wide-area measurements," in *Power and Energy Society General Meeting - Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008 IEEE*, 2008, pp. 1-6.
- (6) X. Tao, Z. Hengxu, R. Gardner, J. Bank, D. Jingyuan, Z. Jian, et al., "Wide-area Frequency Based Event Location Estimation," in *Power Engineering Society General Meeting*, 2007. IEEE, 2007, pp. 1-7.
- (7) V. Zimmer, I. C. Decker, and M. N. Agostini, "Disturbance location in the Brazilian electric power system using synchrophasors," in *Innovative Smart Grid Technologies Latin America (ISGT LA), 2013 IEEE PES Conference On*, 2013, pp. 1-8.
- (8) Leandro, R.B., Zimmer, V., Jeremias T., Decker I.C., Agostini M.N., "Ambiente Computacional de Análise do Desempenho Dinâmico de Sistemas Elétricos Usando Sincrofasores", In XXII Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Brasília – DF. 2013.
- (9) ONS. (2001 - 2014). Informativo Preliminar Diário da Operação.
- (10) Decker I.C., Agostini M.N., Dota D., Bastos M.R., Zimath S.L., "Desenvolvimento e Implementação de um Protótipo de Sistema de Medição Fasorial Sincronizada no Sistema de Transmissão de 440kV da CTEEP," in SNPTTE, Florianópolis - SC - Brasil, 2011.

## 7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



**Valmor Zimmer:** é formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (2010). Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2013). Atualmente é doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Participa do projeto MedFasee desde 2010 e desenvolve pesquisas na área de microrredes e de medição fasorial sincronizada.



**Pedro César Cordeiro Vieira:** graduou-se em Tecnologia em Sistemas de Energia pelo Instituto Federal de Santa Catarina (2009). Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2014). Atualmente é doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina e desenvolve pesquisas na área de medição fasorial sincronizada e confiabilidade.



**Marco A. D. Zarzosa:** graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidad Nacional de Ingeniería em Lima - Perú (2007). Tem experiência na distribuição (ENDESA EDELNOR) transmissão (ISA REP) e geração da Energia Elétrica (COES SINAC). Atualmente é mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.



**Ildemar Cassana Decker:** é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Católica de Pelotas (1980), mestre (1984) e doutor em Sistemas de Energia Elétrica (1993) pela Universidade Federal de Santa Catarina e pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, respectivamente. Desde 1985 é professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina. Suas áreas principais de interesse são métodos computacionais para análise e controle de sistemas de energia elétrica e o desenvolvimento e aplicação de sistemas de medição fasorial sincronizada.



**Marcelo Neujahr Agostini:** é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria (UFMS, 1996) e doutor em Sistemas de Energia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC, 2002). Participa do Projeto MedFasee desde 2002, projeto pioneiro no desenvolvimento da tecnologia de medição fasorial no Brasil. Áreas principais de interesse: medição fasorial sincronizada, modelagem e dinâmica de sistemas elétricos, modelagem orientada a objetos, engenharia de software e computação de alto desempenho aplicadas a sistemas elétricos.