



**XXII SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GAT/25
13 a 16 de Outubro de 2013
Brasília - DF

GRUPO - IV

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

**AMBIENTE COMPUTACIONAL DE ANÁLISE DO DESEMPENHO DINÂMICO DE SISTEMAS ELÉTRICOS
USANDO SINCROFASORES**

Rodolfo Bialecki Leandro(*)
LabPlan/UFSC

Valmor Zimmer
LabPlan/UFSC

Thiago Jeremias
LabPlan/UFSC

Ildemar Cassana Decker
LabPlan/UFSC

Marcelo Neujahr Agostini
LabPlan/UFSC

RESUMO

Neste informe técnico é apresentado o ambiente computacional MedPlot, que utiliza sincrofasores em análises do desempenho dinâmico de sistemas elétricos. Primeiramente, as principais funcionalidades do ambiente são descritas, com destaque para a identificação de oscilações eletromecânicas. Após isso, demonstra-se a utilização do MedPlot na análise de uma ocorrência no Sistema Interligado Nacional (SIN), a partir de registros do Sistema de Medição Fasorial Sincronizada em baixa tensão do Projeto MedFasee. Tais instrumentos propiciam a qualificação dos diagnósticos e a otimização dos processos de análise de ocorrências.

PALAVRAS-CHAVE

Sincrofasores, oscilações eletromecânicas, DFT, método de Prony multissinais, formas modais

1.0 - INTRODUÇÃO

Os Sistemas de Medição Fasorial Sincronizada (SPMS – *Synchronized Phasor Measurement Systems*), desenvolvidos ao longo das últimas duas décadas, são reconhecidos como uma das ferramentas essenciais aos centros de controle atuais dos Sistemas de Energia Elétrica (SEE). Os SPMS são compostos basicamente por unidades de medição fasorial (PMUs – *Phasor Measurement Units*) conectadas a um concentrador de dados (PDC – *Phasor Data Concentrator*) por meio de canais de comunicação. As PMUs permitem a aquisição de grandezas elétricas, com altas taxas de varredura, diretamente na forma de fasores sincronizados no tempo. Os sincrofasores são então enviados ao PDC, responsável pela organização, armazenamento e disponibilização dos dados para aplicações (1). A referência de tempo única para todas as medições, juntamente com a alta resolução temporal, são as principais características dos SPMS, permitindo a monitoração da dinâmica dos SEE.

No Brasil, foi desenvolvido por pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) o Projeto MedFasee BT (2), com a implementação de um SPMS na rede de baixa tensão do país, cujos registros vêm sendo utilizados em análises do desempenho dinâmico do SIN. A ferramenta desenvolvida para a realização desses estudos é o ambiente computacional MedPlot, que integra os processos de busca e processamento de dados fasoriais, análise temporal de grandezas elétricas e análise de oscilações eletromecânicas. Neste trabalho, descrevem-se as principais funcionalidades do ambiente MedPlot, demonstra-se a sua utilização em uma análise de ocorrência no SIN e discutem-se os resultados encontrados.

O informe técnico está organizado da seguinte forma. Na seção 2 faz-se uma breve descrição do Projeto MedFasee. Na seção 3, descreve-se o ambiente computacional MedPlot, com destaque para o módulo de identificação de oscilações eletromecânicas. Na seção 4, realiza-se a análise de uma ocorrência no SIN com a utilização do MedPlot. Por fim, a seção 5 traz as conclusões obtidas com o trabalho realizado.

(*) LabPlan / EEL / CTC / UFSC – CEP 88.040-900 – Florianópolis, SC, Brasil
Tel: (48) 3721-9731 – Email: rodolfobialeckileandro@gmail.com

2.0 - O PROJETO MEDFASEE

O Projeto MedFasee BT, iniciado em 2003 como uma parceria entre o Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica (LabPlan) da UFSC e a Reason Tecnologia, tem como objetivo o desenvolvimento, a difusão e o uso acadêmico da tecnologia de medição fasorial sincronizada. Para tal fim, foi implementado um SPMS com PMUs instaladas em universidades do Brasil monitorando a rede elétrica a partir de medições em baixa tensão. No fim de 2004, o SPMS do Projeto MedFasee contava com PMUs instaladas nas três capitais da região sul do país. Em 2008, o SPMS foi expandido e passou a ter nove PMUs cobrindo todas as cinco regiões geográficas brasileiras (2). Atualmente, o Projeto MedFasee BT conta com 22 PMUs enviando seus registros fasoriais ao PDC instalado no LabPlan/UFSC, em Florianópolis. As últimas instalações foram realizadas em 2013 nas capitais: Rio Branco (AC), Manaus (AM) e Macapá (AP); sendo as duas últimas destinadas ao registro da dinâmica da interligação Tucuruí-Macapá-Manaus, prevista para entrar em operação até o fim de 2013. Além disso, está prevista a instalação de uma PMU em Boa Vista (RR), em função da futura interligação de Roraima ao SIN. As localizações das instalações do Projeto MedFasee BT podem ser visualizadas no mapa da Figura 1.

Os resultados obtidos com o Projeto MedFasee BT motivaram o desenvolvimento de projetos de P&D (pesquisa e desenvolvimento) com empresas do setor elétrico para a aplicação da tecnologia de medição fasorial sincronizada. Um exemplo é o Projeto MedFasee CTEEP – Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista – iniciado em 2009, com o objetivo de implantar um protótipo de SPMS na rede de 440kV da CTEEP (3). Em uma primeira etapa, foram instaladas cinco PMUs em três subestações conectadas a um sistema de PDCs hierarquizados, instalado na sede da empresa em Bom Jardim/SP. No início de 2013 o protótipo foi expandido e passou a contar com 13 PMUs monitorando 13 linhas de transmissão. A Figura 2 mostra a disposição atual dos equipamentos do SPMS MedFasee CTEEP. Observe-se que as subestações Bauru, Cabreúva e Ilha Solteira contam com mais de uma PMU em suas instalações, conforme mostra a legenda.

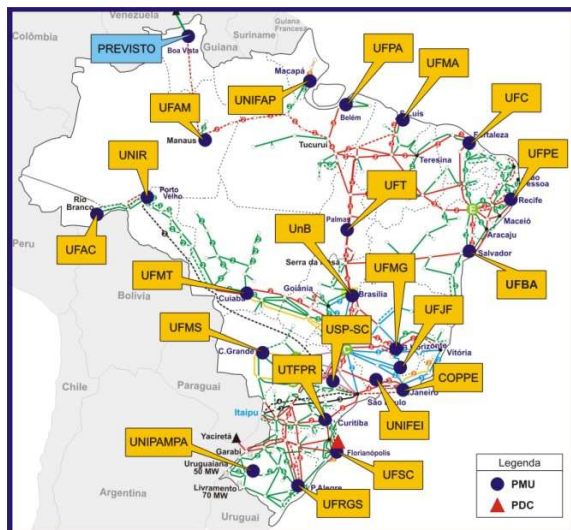


Figura 1 – Instalações do Projeto MedFasee BT.



Figura 2 – Instalações do Projeto MedFasee CTEEP.

3.0 - O AMBIENTE COMPUTACIONAL MEDPLOT

O ambiente computacional MedPlot, implementado na linguagem de programação C# (lê-se “cê sharp”), apresenta interface amigável, no padrão de janelas Windows®. As funcionalidades executadas pelo MedPlot podem ser organizadas basicamente em quatro módulos:

- Busca de dados
- Processamento de dados
- Análise temporal de grandezas elétricas
- Análise de oscilações eletromecânicas

3.1 Busca de dados

O MedPlot está habilitado a realizar buscas nas bases de dados de dois tipos de PDCs: o PDC MedFasee e o *OpenPDC* (4). Ambos os PDCs são acessados via IP (*Internet Protocol*) público, o que possibilita a realização de buscas remotamente através da Internet. Os endereços de IP dos PDCs são repassados ao MedPlot por dois arquivos de configuração de conexão, residentes no diretório de trabalho do ambiente.

O MedPlot também conta com arquivos de configuração de terminais de medição, que fornecem um mapeamento de como as grandezas fasoriais estão organizadas nas bases de dados dos PDCs. Os arquivos estão organizados em blocos, cada qual representando um terminal de medição.

Na Figura 3 apresenta-se o exemplo de alguns blocos no arquivo de configuração de terminais para buscas no PDC MedFasee. A primeira linha de cada bloco traz o ID (número de identificação) e o nome do terminal, seguidos pela quantidade de canais medidos no terminal e os valores base de tensão e corrente. As linhas seguintes trazem os IDs dos canais de medição e as grandezas e fases medidas. Cada terminal listado nos arquivos corresponde a um ponto de medição monitorado por uma PMU. No SPMS MedFasee BT, por exemplo, cada PMU monitora um único ponto de medição, enquanto no SPMS CTEEP algumas PMUs monitoram mais de um ponto de medição, no caso, mais de um terminal de linha de transmissão.

Após processar adequadamente as informações dos arquivos de configuração, o MedPlot apresenta ao usuário a lista de terminais disponíveis para as buscas de dados no PDC. Além dos terminais, o usuário define a data, os horários inicial e final e a resolução (fasores por segundo) na janela de busca de dados do MedPlot (Figura 4) para que o processo de busca de dados possa ser iniciado. Na Figura 4 é exemplificada a configuração para uma busca de dados dos terminais UnB, UFSC e UFMG, com início às 12h00min00s e término às 12h09min59s do dia 20/04/2013, com resolução temporal de 60 fasores por segundo.

Terminais MedFasee BT	
Terminal	2 UFPA 3 127 0
Canais	0 TENSÃO A
	1 TENSÃO B
	2 TENSÃO C
	FIM
Terminal	3 UNIFEI 3 127 0
Canais	0 TENSÃO A
	1 TENSÃO B
	2 TENSÃO C
	FIM
....	
Terminais MedFasee CTEEP	
Terminal	1 ILS-BAU_C1_M 6 254034 2000
Canais	0 TENSÃO A
	1 TENSÃO B
	2 TENSÃO C
	8 CORRENTE A
	9 CORRENTE B
	10 CORRENTE C
	FIM
	...

Figura 3 - Arquivos de configuração de terminais.

Figura 4 - Janela de busca de dados do MedPlot.

Os dados resultantes das consultas são armazenados pelo MedPlot localmente, na estação de trabalho do usuário, em arquivos ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*). Dessa forma, uma consulta pode ser utilizada pelo usuário em diversas sessões de análise, com os dados residentes em sua estação de trabalho.

3.2 Processamento de dados

Este módulo é responsável pelo processamento dos arquivos de dados criados pelo módulo de buscas. Primeiramente, o MedPlot organiza os dados dos terminais em matrizes distintas de módulos e ângulos de tensões e correntes e de frequência da rede. Em seguida, realiza os cálculos de sequência positiva de tensões e correntes (no caso de medições trifásicas) e de potências ativa e reativa (para terminais com medição trifásica de tensões e correntes). Os resultados dos cálculos realizados são igualmente armazenados em matrizes, ficando disponíveis para análises temporais de grandezas elétricas.

3.3 Análise temporal de grandezas elétricas

Com este módulo é possível analisar o comportamento temporal das grandezas elétricas processadas anteriormente, por meio de gráficos. As possibilidades de geração de gráficos são resumidas na Figura 5, a aparência dos gráficos traçados pode ser visualizada na análise de ocorrência da seção 4.1.

3.4 Análise de Oscilações Eletromecânicas

Este módulo possibilita a identificação de oscilações eletromecânicas em sinais traçados com a funcionalidade de gráficos no tempo do MedPlot. Os modos que caracterizam as oscilações eletromecânicas podem ser resultado de diferentes interações entre as máquinas geradoras de um sistema elétrico. Dessa forma, pode-se classificá-los como (5):

- **Modos intraplanta:** relacionados à oscilações entre máquinas de uma mesma usina, situam-se na faixa de frequências de 2 a 2,5 Hz;

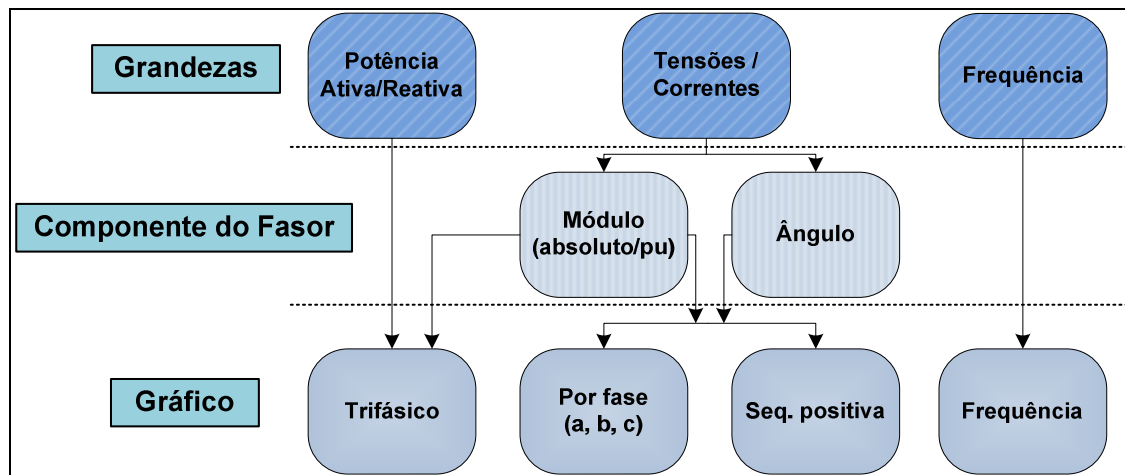


Figura 5 - Opções de gráficos no MedPlot.

- **Modos locais:** geralmente com frequências na faixa de 1 a 2 Hz, ocorrem devido a oscilações entre uma ou mais máquinas de uma usina e as demais usinas da mesma área ou do sistema;
- **Modos interárea:** associados a oscilações entre o conjunto de máquinas de uma área e um ou mais conjuntos de máquinas de outras áreas do sistema. Por envolverem grandes inércias as frequências observadas são baixas. Na Tabela 1, estão listados alguns modos interárea do SIN.

Tabela 1 - Modos interárea do SIN.

Modo	Frequência (Hz)
Norte x Sul	0,2 - 0,4
Sul x Sudeste	0,6 - 0,8
Norte x Nordeste	0,55 - 0,65

Além disso, classificam-se os períodos de dados fasoriais utilizados para a análise de oscilações eletromecânicas em duas classes, de acordo com a condição de operação do SEE:

- **Ringdown:** períodos de dados referentes à ocorrência de grandes perturbações (perdas de geração ou carga, mudanças topológicas etc.) que causam oscilações de grande magnitude;
- **Ambient data:** períodos de operação normal do sistema, nos quais ocorrem apenas pequenas variações de carga.

Essa classificação deve ser levada em conta na escolha do método de identificação de oscilações a ser utilizado. No MedPlot, até o momento, foram implementados dois desses métodos: a DFT (*Discrete Fourier Transform*) e o método de Prony multissinais. O esboço de formas modais (*mode-shapes*) também foi implementado no MedPlot, podendo ser empregado nos resultados obtidos com o método de Prony multissinais. Ainda está prevista a incorporação de métodos de subespaço de estados (6), para a análise de *ambient data*.

3.4.1 DFT (*Discrete Fourier Transform*)

A DFT decompõe um sinal no tempo em uma soma ponderada de exponenciais complexas (7). Com isso, podem-se determinar as frequências e amplitudes dos modos de oscilação que compõem o sinal. A DFT é uma ferramenta muito útil na identificação de modos de oscilação presentes em sinais elétricos. Dentre as principais vantagens da técnica estão a sua robustez a ruídos e sua fácil implementação, por meio de algoritmos como a FFT (*Fast Fourier Transform*). Além disso, a DFT pode ser aplicada tanto a situações de *ringdown* quanto a *ambient data*. Como desvantagem ressalta-se a ausência de informações acerca do amortecimento e da fase dos modos de oscilação calculados (8).

3.4.2 Método de Prony multissinais

O método de Prony (9) foi desenvolvido pelo francês Gaspard Clair François Marie Riche de Prony e publicado pela primeira vez em 1795 (10). Basicamente, o método consiste na reconstrução de um sinal, com finitas amostras igualmente espaçadas no tempo, em uma combinação linear de termos exponenciais. Atualmente é um dos métodos mais utilizados para estudos de sinais em situações de *ringdown*.

O método de Prony multissinais (9) é uma extensão do método de Prony monossinal e possibilita a identificação de modos de oscilação comuns aos sinais selecionados para a análise. Assim, podem-se observar as amplitudes e fases de cada modo, manifestadas nos diversos terminais de medição utilizados. A representação vetorial dessas informações caracteriza as chamadas formas modais (11).

4.0 - RESULTADOS DE APLICAÇÃO

Nesta seção apresentam-se os resultados da aplicação do ambiente MedPlot na análise do desempenho dinâmico do SIN durante uma ocorrência de grandes proporções. Foram realizados os processos de busca de dados, processamento de dados, análise temporal e de oscilações eletromecânicas, empregando sincrofasores dos SPMS MedFasee BT e MedFasee CTEEP.

4.1 Análise de ocorrência no SIN em 15/12/2012

No dia 15/12/2012 às 17h55min ocorreu o desligamento automático de cinco das seis Unidades Geradoras (UGs) em operação na Usina Hidrelétrica (UHE) Itumbiara, devido à interferência eletromagnética no circuito de proteção das UGs (12).

Com o desligamento das UGs houve a separação da Subestação (SE) Itumbiara em duas, uma delas conectada ao sistema Mato Grosso e à SE Samambaia (área Brasília e sistema N/NE) e a outra conectada às regiões S/SE via área Minas Gerais.

A severidade da ocorrência resultou na separação do SIN (conforme pode ser visto na Figura 6) em três ilhas, a saber:

- Norte, Nordeste e parte do Centro-Oeste;
- Sul e Sudeste;
- Sistema Acre-Rondônia

Na Figura 7 pode-se visualizar o comportamento da frequência em PMUs dos SPMS MedFasee BT e CTEEP durante a ocorrência. Os momentos de separação e interligação do SIN estão indicados na figura, às 19h55min05s916ms e às 19h59min24s66ms, respectivamente.

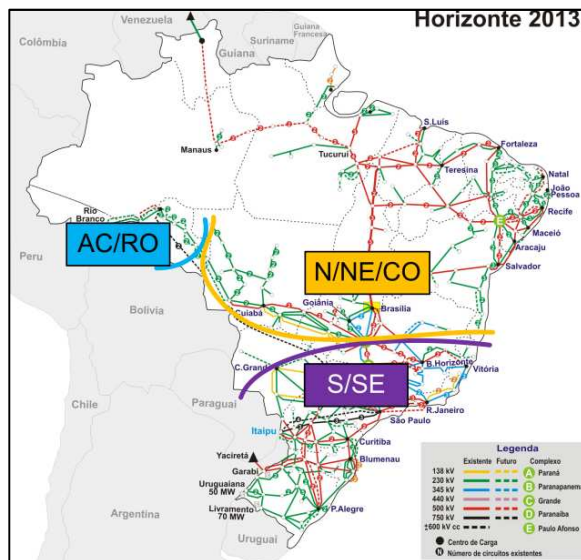


Figura 6 – Mapa do SIN.

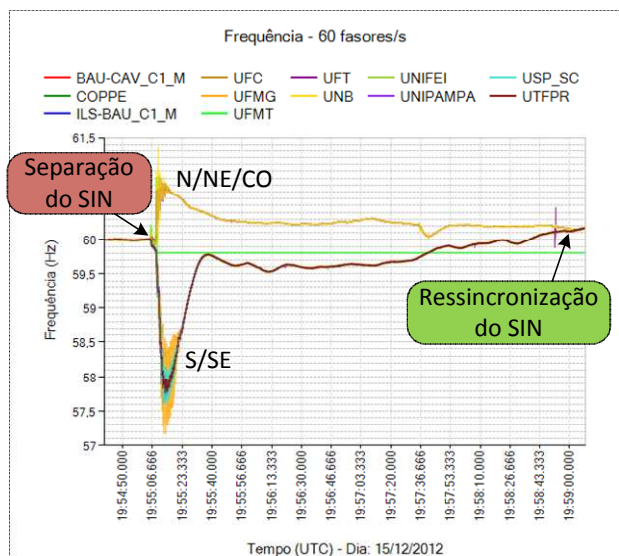


Figura 7 - Frequência no SIN durante a ocorrência.

Na ilha formada pelas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste houve excedente de geração o que resultou em uma sobrefrequência de aproximadamente 61,0 Hz. Por este motivo atuou o Sistema Especial de Proteção (SEP) de Serra da Mesa desligando quatro UGs na UHE Tucuruí (1.078 MW), duas na UHE Lajeado (300 MW) e uma na UHE Peixe Angical (110 MW).

No subsistema Sul-Sudeste houve déficit de geração e consequente subfrequência de 57,8 Hz, com atuação dos três primeiros estágios do Esquema Regional de Alívio de Carga (ERAC). Em algumas áreas de Minas Gerais a subfrequência atingiu 57,1 Hz e assim houve atuação do ERAC até o 5º estágio. No total houve a interrupção de 8.000 MW de carga pela atuação do ERAC nas regiões Sul-Sudeste. Além disso, houve a interrupção de 1.704 MW por desligamentos de LTs nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Acre, Rondônia e Goiás (12). A curva contínua da UFMT na Figura 7 (em verde), representa perda de comunicação com a PMU, provavelmente relacionada às interrupções de carga na região do Mato Grosso.

Na Figura 8 e na Figura 9 podem-se visualizar com mais detalhes as frequências no subsistema Sul-Sudeste registradas pelos SPMS MedFasee BT e MedFasee CTEEP, respectivamente. Nas curvas de ambos os SPMS, percebe-se a presença de oscilações com frequência elevada (sobretudo na curva da UFMG), responsáveis pela atuação dos cinco estágios do ERAC na área de Minas Gerais.

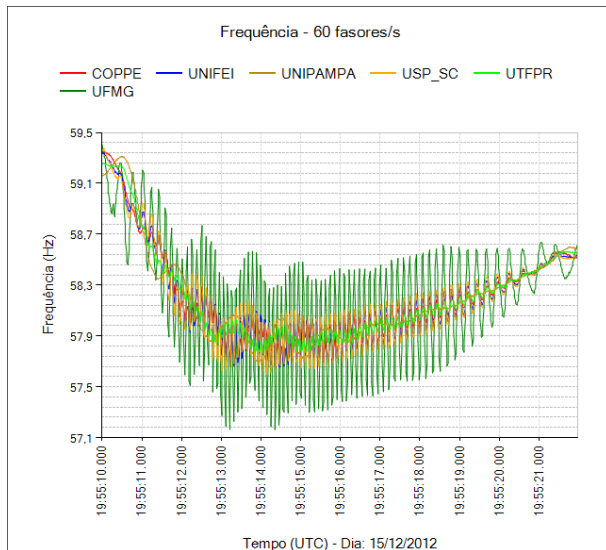


Figura 8 - Frequências registradas no SPMS MedFasee BT.

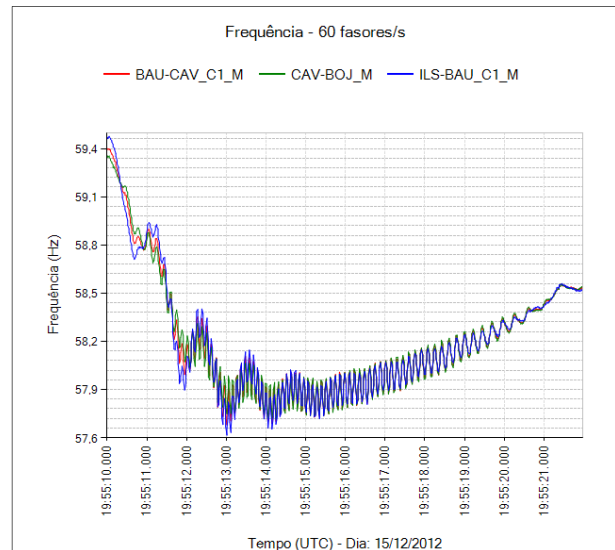


Figura 9 - Frequências registradas no SPMS MedFasee CTEEP.

As oscilações presentes nos sinais dos gráficos da Figura 8 e da Figura 9 foram inicialmente analisadas utilizando-se a função DFT do MedPlot. Para tal, foram escolhidas janelas de dados com início às 19h55min12s e término às 19h55min17s. Os espectros de frequências obtidos com a aplicação da DFT são apresentados na Figura 10 e na Figura 11.

Em torno de 0,8 Hz os espectros referentes a todos os terminais de ambos os SPMS apresentam picos de magnitude. Pela Tabela 1, verifica-se que isso está associado ao modo de oscilação interárea Sul-Sudeste. Além disso, podem-se observar outros picos nestas figuras, sobretudo no espectro de frequências do sinal de frequência medido na UFMG, com magnitudes mais elevadas, em torno de 9,4 Hz.

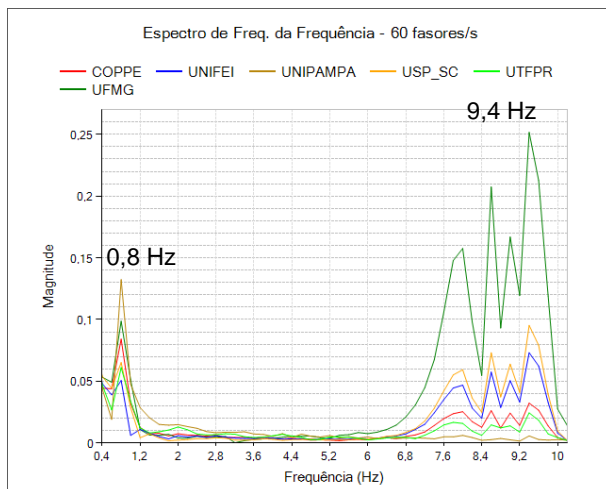


Figura 10 - Espectro de frequência dos sinais do SPMS MedFasee BT.

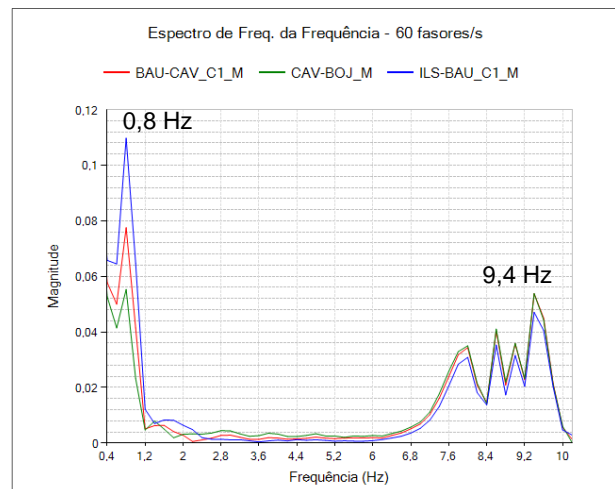


Figura 11 - Espectro de frequência dos sinais do SPMS MedFasee CTEEP.

Para a melhor caracterização dos modos de oscilação encontrados com a DFT, aplica-se o método de Prony multissinais à mesma janela de dados utilizada anteriormente (com início às 19h55min12s e término às 19h55min17s). Os resultados obtidos são similares aos encontrados com a DFT, sendo que dois modos com frequências iguais a 0,806 Hz e 9,386 Hz apresentam amplitudes destacadas em relação aos demais.

Na Tabela 2 apresentam-se as amplitudes e fases dos modos de 0,806 Hz e 9,386 Hz nos terminais de medição selecionados para a análise. As amplitudes do modo de 9,386 Hz podem ser melhor visualizadas na Figura 12. Para esse modo, observam-se amplitudes maiores em terminais de medição mais próximos à origem da ocorrência (Itumbiara/MG). Essa informação indica um caráter local das oscilações representadas pelo modo de 9,386 Hz.

Com as informações da Tabela 2, são esboçadas as formas modais dos modos de 0,806 e 9,386 Hz, na Figura 13 e na Figura 14, respectivamente. Na Figura 13, observam-se agrupamentos dos vetores por região elétrica (Sul ou Sudeste). A oposição de fase entre os grupos confirma o caráter do modo de 0,806 Hz: de oscilação interárea,

entre aquelas regiões. De forma diferente, na Figura 14 observa-se que não há oposição de fase entre os vetores, o que caracteriza as oscilações relacionadas ao modo de 9,386 Hz como um fenômeno local, associado à região geográfica de Minas Gerais.

Tabela 2 - Modos de oscilação.

Terminal	Modo: 0,806 Hz		Modo: 9,386 Hz	
	Amplitude	Fase (°)	Amplitude	Fase (°)
COPPE	0,170	163,98	0,093	-17,02
UFMG	0,126	-153,72	0,742	19,71
UNIFEI	0,081	-177,04	0,215	7,96
UNIPAMPA	0,203	-1,38	0,009	-62,74
USP_SC	0,051	-116,94	0,273	-2,35
UTFPR	0,064	-8,14	0,067	-31,11

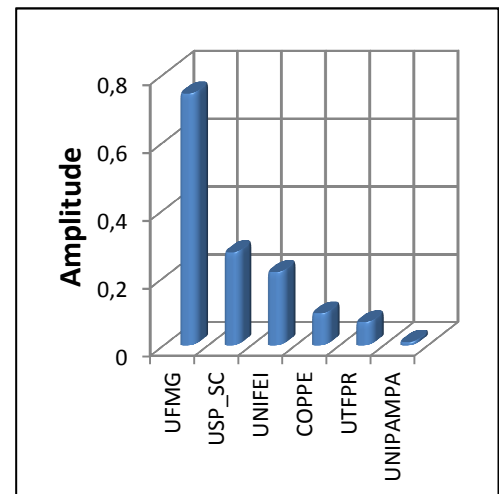


Figura 12 - Amplitudes do modo de 9,386 Hz nos terminais.

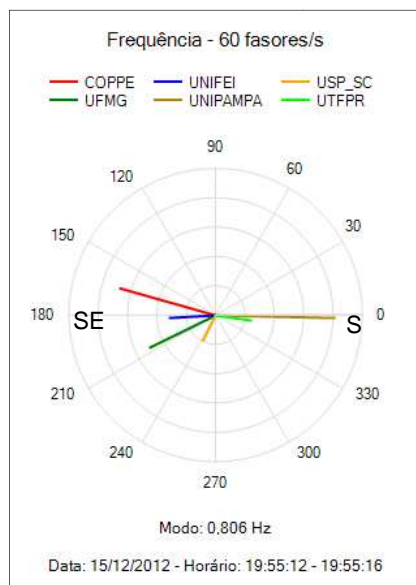


Figura 13 - Forma modal (0,806 Hz).

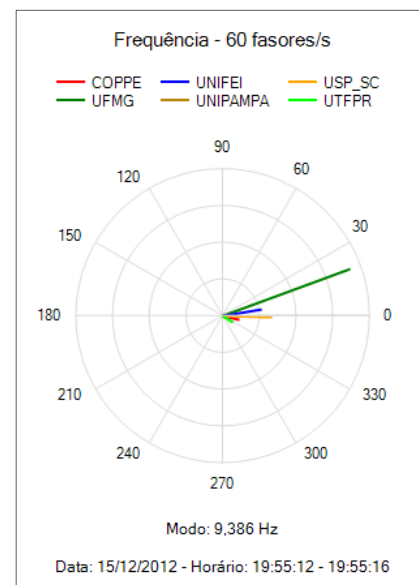


Figura 14 - Forma modal (9,386 Hz).

5.0 - CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado o ambiente computacional MedPlot, que permite a avaliação do desempenho dinâmico de SEE por meio da utilização de sincrofasores. Primeiramente, foram descritas as funcionalidades do ambiente, desde a busca de dados em PDCs até a identificação de oscilações eletromecânicas em sinais traçados no tempo.

Após isso, a aplicação prática do MedPlot foi demonstrada com a realização da análise da ocorrência de 15/12/2012 no SIN. A separação do sistema entre as regiões S/SE e N/NE/CO e os níveis de sub e sobrefrequência atingidos foram evidenciados com precisão nos gráficos de frequência no tempo. Para isso, foram utilizados dados tanto do SPMS MedFasee BT quanto do SPMS MedFasee CTEEP. A visualização de oscilações, sobretudo na curva de frequência associada à medição na UFMG, instigou a utilização das ferramentas de identificação de oscilações eletromecânicas disponíveis no MedPlot.

Os resultados obtidos com a aplicação da DFT e do método de Prony multissinais foram similares. O modo de oscilação interárea Sul-Sudeste foi identificado no período em análise por ambos os métodos. Além disso, a curva da UFMG apresentou modos dominantes em torno de 9,4 Hz. O esboço das formas modais foi utilizado na caracterização da natureza dos modos de oscilação encontrados. Com isso, pôde-se comprovar o caráter de

oscilação interárea do modo na faixa de frequências do modo Sul-Sudeste. Além disso, ficou clara a natureza local do modo dominante na análise do sinal de frequência medido na UFMG.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) PHADKE, A., THORP, J. Synchronized Phasor Measurements and Their Applications. Springer, 2008.
- (2) DECKER, I. C.; SILVA, A. S.; PRIOSTE, F. B.; AGOSTINI, M. N.; DOTTA, D. Experience of WAMS development and applications in Brazil. In: *17th Power Systems Computation Conference (PSCC)*. Estocolmo, 2011.
- (3) DECKER, I. C.; AGOSTINI, M. N.; DOTTA, D.; BASTOS, M. R.; ZIMATH, S. L. Desenvolvimento e implementação de um protótipo de sistema de medição fasorial sincronizada no sistema de transmissão de 440 kV da CTEEP. Em: *XXI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (SNPTTEE)*. Florianópolis, 2011.
- (4) OPENPDC. <http://openpdc.codeplex.com/>. Último acesso em: 24 de abril de 2013.
- (5) KUNDUR, P. Power System Stability and Control. New York, USA: McGraw-Hill Professional, 1994.
- (6) HO B, L.; KALMAN, R. E. Efficient construction of linear state variables models from input/output functions. *Regelungstechnik*, v. 14, p. 545–548, 1966.
- (7) LATHI, B. P. Sinais e sistemas Lineares / B. P. Lathi; tradução Gustavo Guimarães Parma. – 2ª Ed. – Porto Alegre: Bookman, 2007.
- (8) JEREMIAS, T. Ambiente de Desenvolvimento de aplicativos para o Processamento de Sincrofasores. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Florianópolis, SC. Outubro de 2012.
- (9) TRUDNOWSKI, D. J.; JOHNSON, J.M.; HAUER, J. F. Making Prony Analysis More Accurate Using Multiple Signals. In: *IEEE Transactions on Power Systems*, v.14 n.1 p.226-231. Feb. 1999.
- (10) PRIOSTE, F. B.; SILVA, A. S.; DECKER, I. C. Monitoring Oscillations Modes of the Brazilian Interconnected Power System Using Ambient Data. In: *IEEE PES Trondheim PowerTech*. Jun. 2011.
- (11) TRUDNOWSKI, D.J. Estimating Electromechanical Mode Shape From Synchrophasor Measurements. In: *IEEE Transactions on Power Systems*, v.23, no.3, p.1188-1195. Aug. 2008.
- (12) ONS – Operador Nacional do Sistema. Relatório de Análise de Perturbação (RAP) ONS RE 3/006/2013: Análise da perturbação do dia 15/12/2012 às 17h55min com origem na UHE Itumbiara.

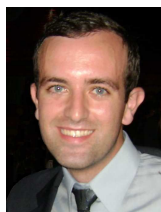
7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Rodolfo Bialecki Leandro é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2011). Atualmente, é aluno de mestrado do Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica – UFSC. Desenvolve pesquisas junto ao Laboratório de Planejamento de Sistemas de Energia Elétrica – LabPlan/UFSC em tecnologia de medição fasorial sincronizada.



Valmor Zimmer é formado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. (2010). Atualmente, é estudante do Programa de pós-graduação em Engenharia Elétrica - UFSC, nível Mestrado. Desenvolve pesquisa na área de microrredes e de medição fasorial sincronizada de sistemas de energia elétrica.



Thiago Jeremias é graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2009) e mestre pela mesma instituição (2012). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Medição Fasorial Sincronizada. Atualmente ocupa o cargo de Engenheiro Eletricista na CELESC Distribuição na área de Engenharia e Planejamento do Sistema Elétrico, na divisão de Eficiência Energética.



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 (UFSM, 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.