



MONITORAMENTO ON-LINE DOS PRINCIPAIS MODOS INTERÁREA DO SIN UTILIZANDO SINCROFASORES

GAT 26

R.B. Leandro; I.C. Decker
A.S e Silva; M.N. Agostini



- Objetivo
- Modos eletromecânicos em Sistemas de Energia Elétrica (SEE)
- O SMSF MedFasee BT
- Metodologia de identificação de modos eletromecânicos
- O aplicativo MedPlot RT
- Resultados de aplicação

Monitoramento *on-line* dos principais modos interárea do SIN

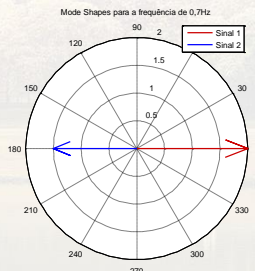
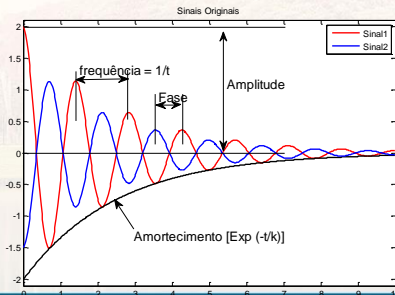
Para isso, propõe-se a utilização de:

- Metodologia de identificação de modos de oscilação baseada em medidas;
- Sincrofasores do Sistema Nacional de Medição Sincronizada Fasorial em baixa tensão, MedFasee BT

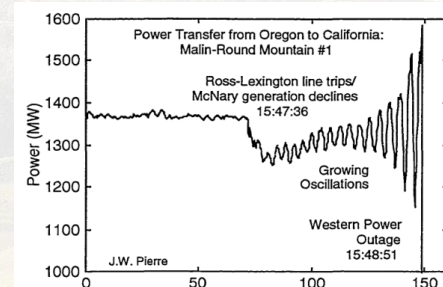
MODOS DE OSCILAÇÃO EM SEE

- Interação entre as máquinas que compõem o SEE;
 - Intraplanta (2 a 2,5 Hz);
 - Local (0,7 a 2 Hz);
 - Interárea (0,1 a 1 Hz).
- Caracterização: frequência, amortecimento e forma modal.


Modo	Frequência (Hz)
Norte x Sul	0,2 - 0,4
Sul x Sudeste	0,6 – 0,8
Norte x Nordeste	0,55 – 0,65
Acre/Rondônia-SIN	0,4 – 0,7



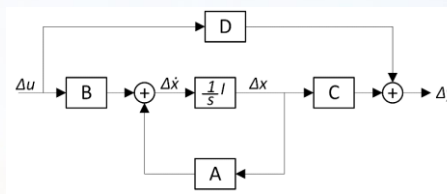
Blecaute costa oeste EUA (agosto de 1996)



ESTIMAÇÃO DE MODOS BASEADA EM MODELOS

- Dinâmica dos SEE é dominada por um conjunto de equações diferenciais ordinárias de 2ª ordem.
 - Em estudos de estabilidade a pequenas perturbações, utiliza-se o modelo linearizado em torno de um ponto de operação.
- 
- Diagrama de um bloco de controle com um ganho D. O bloco é representado por um retângulo amarelo com o símbolo 'D' no centro. Uma seta de entrada entra no bloco pela esquerda, e uma seta de saída sai do bloco pela direita.

$$\begin{aligned}\Delta \dot{x} &= A\Delta x + B\Delta u \\ \Delta y &= C\Delta x + D\Delta u\end{aligned}$$



- A matriz de estados A contém as informações acerca da dinâmica de SEE. Análise modal da matriz de estados A :

- Autovalores λ e autovetores a direita ϕ (para $\phi \neq 0$)

$$A\phi = \lambda\phi$$

$$\lambda = \sigma \pm j\omega$$

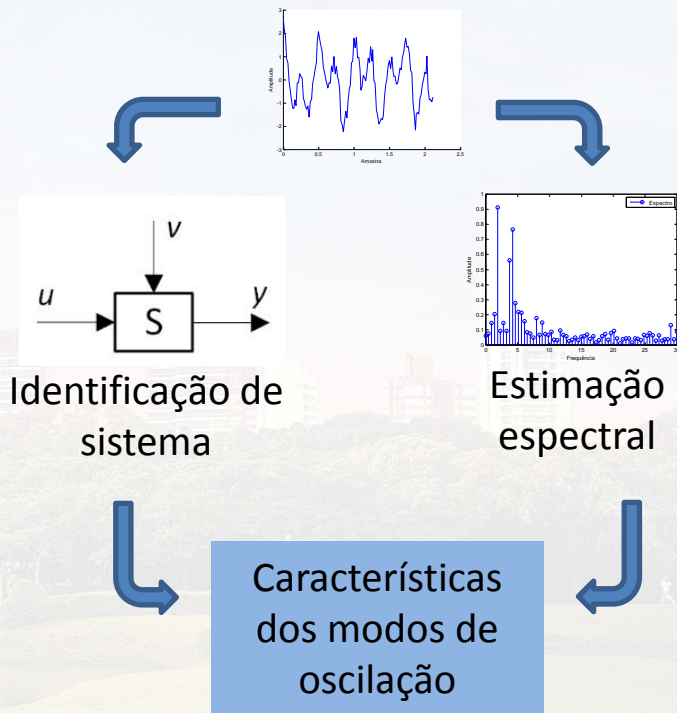
- Características do modo de oscilação associado:

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$\zeta = \frac{-\sigma}{\sqrt{\sigma^2 + \omega^2}}$$

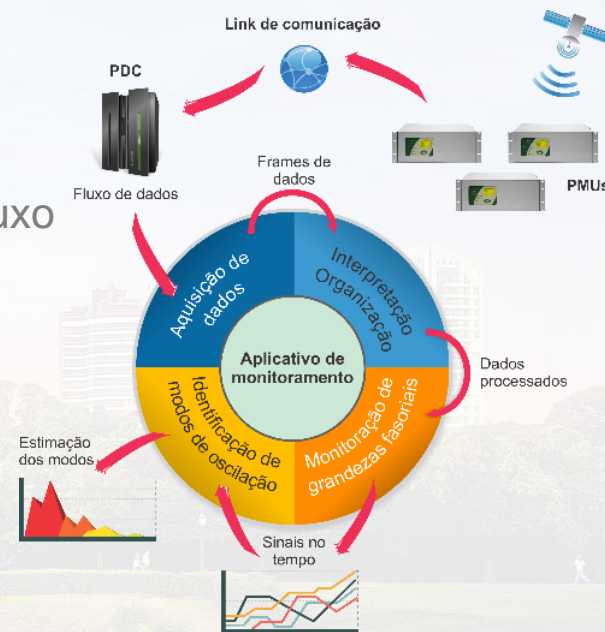
$$MS = \phi$$

- Extração de informações dinâmicas dos SEE através da observação de conjuntos de medidas de entrada e saída dos sistemas.
- Classificação:
 - *Não-paramétricas*
 - *Paramétricas*
- A escolha da técnica depende do período em análise:



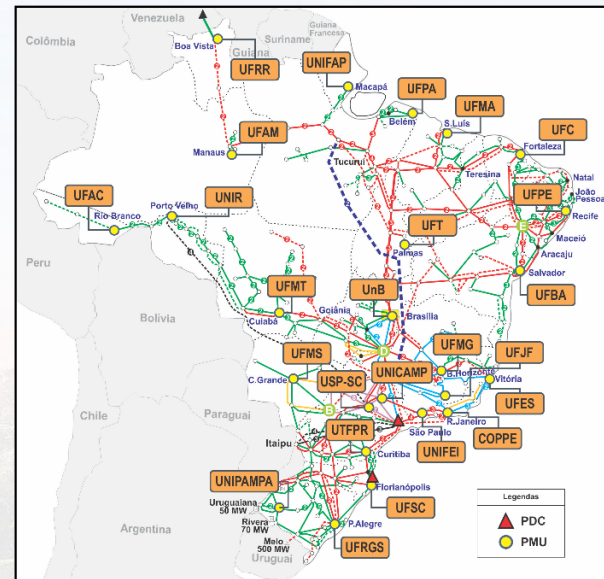
O APLICATIVO MEDPLOT RT

- Aquisição de dados
 - Fluxo IEEE C37.118-2/2011 via UDP.
- Interpretação/Organização
 - Processamento dos frames de dados que compõem o fluxo
- Monitoração de grandezas fasoriais
 - Gráficos no tempo de: módulos e ângulos de tensões e correntes, frequências e potências ativas e reativas.
- **Identificação de modos de oscilação**
 - Pré-processamentos dos sinais temporais.
 - Aplicação das técnicas de estimação de modos.
 - Comparação e validação dos resultados.



RESULTADOS DE APLICAÇÃO

- **Caso I: Identificação simultânea de modos interárea do SIN**
- Modos identificados: Norte-Sul (N-S); Norte-Nordeste (N-NE) e Acre/Rondônia-SIN (AC/RO-SIN).
- Período monitorado: 17/03/2017 de 14:00 às 15:00 (UTC)
- Sinais monitorados escolhidos de acordo com a observabilidade do modo:
 - N-S: diferenças angulares entre UFPA e UFRGS com UnB como referência
 - N-NE: diferenças angulares entre UFPA e UFBA em relação ao terminal UFC
 - AC/RO-SIN: diferenças angulares entre UNIR e UnB em relação ao terminal UFMT

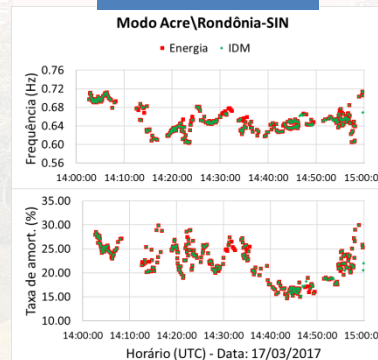
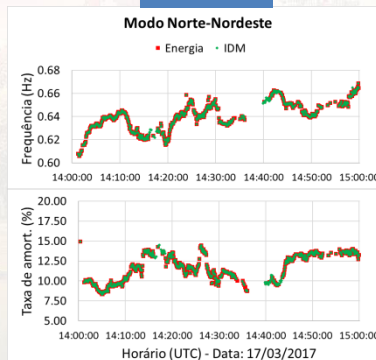
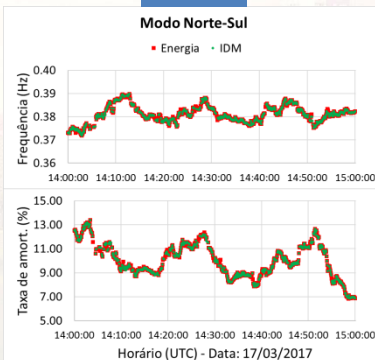


- **Caso I: Identificação simultânea de modos interárea do SIN**
- Frequências e taxas de amortecimento médias:

Modo	Frequência (Hz)	Taxa de amort. (%)
Norte-Sul	0,38	10,0
Norte-Nordeste	0,64	11,6
Acre/Rondônia-SIN	0,65	22,0

N-NE

AC/RO-SIN



RESULTADOS DE APLICAÇÃO

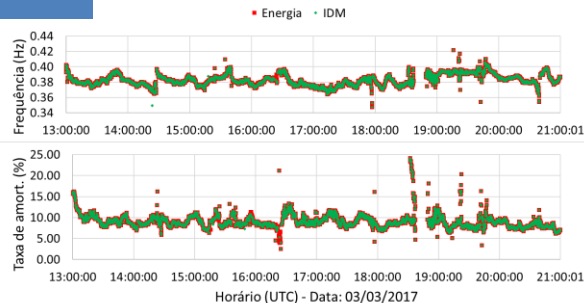
- **Caso II: Identificação simultânea em período estendido**
- Neste caso, utiliza-se um período de análise mais extenso a fim de exemplificar a robustez da metodologia empregada neste trabalho.
- Período total monitorado é de 8 horas, das 13:00 às 21:00 de 03/03/2017

$$\bar{f} = 0,38 \text{ Hz}$$

$$\bar{\zeta} = 9\%$$

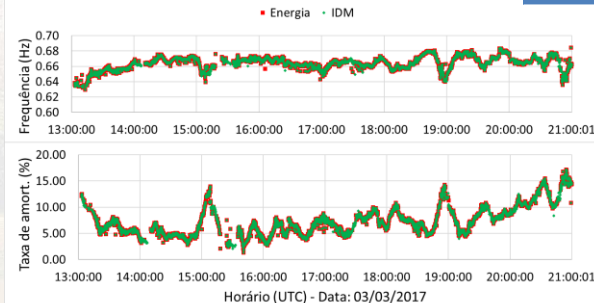
N-S

Modo Norte-Sul



N-NE

Modo Norte-Nordeste

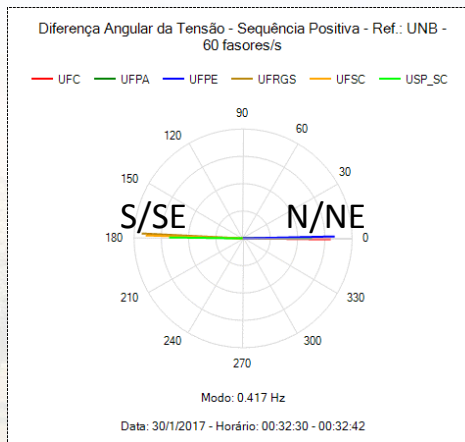
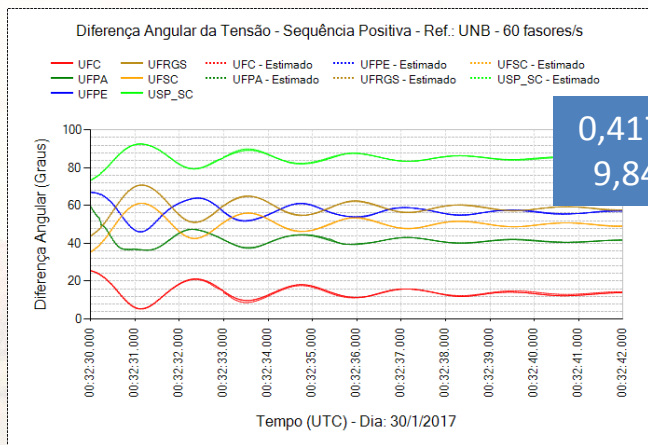


$$\bar{f} = 0,66 \text{ Hz}$$

$$\bar{\zeta} = 6,9\%$$

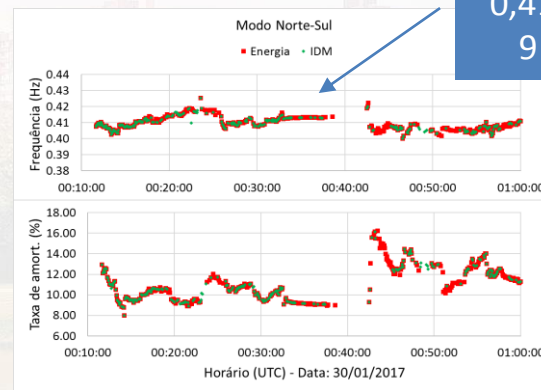
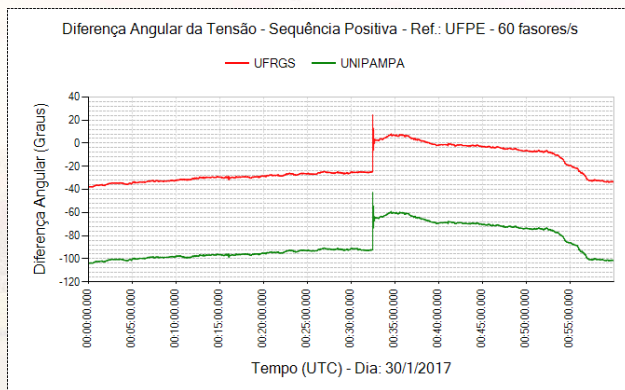
RESULTADOS DE APLICAÇÃO

- **Caso III: Identificação em período com perturbação de maior porte**
- Período com oscilações: 30/01/2017 – 00:32:20 às 00:32:45 (UTC)
- Análise de Prony para identificação do modo dominante.
- Formas modais do modo dominante indicam oposição de fase entre regiões.



RESULTADOS DE APLICAÇÃO

- **Caso III: Identificação em período com perturbação de maior porte**
- Período monitorado: 30/01/2017 – 00:00 às 01:00 (UTC)
- **Frequência e amortecimento do modo similares aos identificados pelo método de Prony – no período em que as oscilações de maior porte ocorrem.**
- Oscilações de maior porte deterioram a estimação da metodologia utilizada.



- Os resultados mostraram coerência entre ambos os métodos, ainda que a aplicação do método de subespaço de estados não seja adequada a períodos com grandes perturbações

Ildemar Cassana Decker

✉ ildemar.decker@ufsc.br

💻 www.medfasee.ufsc.br

- 

