



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

GGH 21
14 a 17 Outubro de 2007
Rio de Janeiro - RJ

GRUPO I

GRUPO DE ESTUDO DE GERAÇÃO HIDRÁULICA-GGH

ENSAIO DE DESEMPENHO E MONITORAMENTO ELETROMECAÂNICO DE MÁQUINAS HIDRÁULICAS COM SOFTWARE E HARDWARE DESNVOLVIDO PELA ELETRONORTE

José Maria Caldas Batista *

CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL S.A.

RESUMO

A Eletronorte realiza ensaios especiais eletromecânicos e análises de sinais de Vibração Absoluta, Relativa e de Pressão Hidráulica, bem como, outras variáveis de processo de Comando, Controle e Proteção de usinas hidráulicas, visando o levantamento do comportamento dinâmico do conjunto rotativo em termos Mecânicos, Vibratórios, Hidráulicos e Eletromagnéticos, com a finalidade de verificação da performance da máquina e sua respectiva faixa operativa, com foco na Manutenção Preditiva, confiabilidade operacional e a garantia da vida útil dos equipamentos.

A Eletronorte por atuar na região Amazônica e estrategicamente distante do pólo tecnicamente desenvolvido e de complicada acessibilidade em suas instalações, procurou desenvolver tecnologia própria para atender às suas necessidades em curto espaço de tempo, com a maior qualidade possível, utilizando componentes de alta credibilidade tecnológica no mercado, pois, possui um Centro de Tecnologia localizada em Belém do Pará, com diversas grandezas Eletromecânicas Acreditada pelo INMETRO, dando ênfase ao laboratório de Calibração de Vibração e Acústica, único industrial no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE

Ensaio, Monitoramento, Software, Hardware, Vibratório, Eletromecânico, Hidráulica, desbalanceamento.

1.0-INTRODUÇÃO

Os grupos hidrogeradores estão sujeitos a diversos esforços eletromecânicos durante à sua operação, como de comportamento mecânico, hidráulico, térmico e eletromagnético. Torna-se indispensável o monitoramento do comportamento dinâmico do conjunto rotativo, em termos de Vibração e Pressão Hidráulica, principalmente, na Sucção da Turbina, como parâmetros de controle, para que sejam correlacionados os componentes da máquina e suas respectivas freqüências naturais e excitadas, bem como, definir os limites de severidade para intervenção de manutenção.

As perturbações de origem hidráulica do fluido necessitam ser conhecidas durante seu escoamento através da Turbina, podendo tanto ser transmitida diretamente às paredes que contornam o fluxo, provocando vibração das mesmas, quanto provocar variações no Momento hidráulico e na força Axial sobre a Turbina, tais como: formação de Vórtices na caixa espiral, no pré-distribuidor, no anel e palhetas do distribuidor, nas pás Rotoras e no tubo de sucção, nem de desbalanceamento Hidráulico e Cavitação(1).

Torna-se também necessária à verificação das perturbações de origem eletromagnéticas, provocadas por excentricidade entre as partes fixas (Estator) e as móveis (Rotor) e problemas elétricos na coroa polar e Estator.

Monitorando todos os valores dos parâmetros acima relacionados, poderemos avaliar profundamente o comportamento hidráulico, mecânico e eletromagnético, para melhor delinear a faixa operativa da máquina, com a verificação do ponto ótimo de operação, para cada queda dentro dos menores valores de esforços e ruídos da instalação, garantindo conseqüentemente a qualidade da vida útil do equipamento.

Este tipo de ensaio de levantamento da performance Operacional, com a aquisição de sinais digitais no domínio do Tempo e da Freqüência, serve como ferramenta fundamental de auxílio à manutenção, garantindo sua eficiência e confiabilidade da execução dos serviços realizados, sem a introdução de defeitos nos equipamentos, reduzindo ou eliminando os índices de falhas dos mesmos.

2.0-FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Este tipo de Ensaio constitui-se no mais adequado meio para determinação do rendimento relativo para qualquer tipo de máquina hidráulica (01), já que os ensaio de eficiência absoluta do protótipo, aceitos por normas internacionais como meio de comprovação dessa eficiência são geralmente caros e demorados, em função principalmente da dificuldade que apresenta a medição de vazão em unidades de grande porte.

A Vazão Relativa (Q_R) é proporcional a $\sqrt{\Delta H}$, onde ΔH é a variação de pressão na Caixa Espiral;

$$\text{Potência da Turbina (PT)} = \frac{\text{PotênciaGerador}(P_G)}{\text{RendimentoGerador}(\eta_G)}$$

$$\text{Eficiência Relativa da Turbina } (\eta_R) \text{ é proporcional a } \frac{\text{PotênciaTurbina}(PT)}{\text{VazãoRelativa}(Q_R)}$$

$$\text{Eficiência do Gerador} = \frac{\text{PotênciaGerador}(PG)}{\text{PotênciaGerador}(PG) + \text{Perdas}}$$

$$\text{Rendimento Relativo da Turbina } (\eta_R) = \frac{\text{PotênciaGerador}(PG)}{\sqrt{\Delta H}}$$

3.0-DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE E SOFTWARE

O sistema foi desenvolvido utilizando-se o ambiente de programação gráfica LabVIEW, da National Instruments que possibilita basicamente a aquisição e tratamento dos sinais, proveniente dos sensores utilizados durante os ensaios em equipamentos, como também, o armazenamento desses sinais em banco de dados SQL Server.

Para a medição das grandezas de vibração relativa, são utilizados os sensores de proximidade da Schenck modelo IN-085 e para os pontos de pressão são utilizados os sensores com faixa de 0 a 10 bar e -1 a 5 bar, com saída de 4 a 20 mA. As informações de potência e abertura são obtidas diretamente do painel do regulador de velocidade. Todas as medições provenientes dos sensores são direcionadas para o condicionador de sinal antes de serem encaminhadas para a placa de aquisição. Pois, alguns sinais são adquiridos em corrente e devem ser convertidos para valores de tensão. O condicionador de sinal também é responsável pela distribuição das alimentações para os sensores em valores DC e pela recepção dos seus sinais condicionando-os ao nível adequado para ser digitalizado pelo conversor A/D.

Foi utilizada a placa de aquisição PCMCIA 6024E instalada em um notebook., onde contém filtros digitais, valores globais, FFT, gravação de sinais em bancos de dados, visualização da órbita do eixo e geração de relatório em Word.

Podem ser definidos na configuração os números de pontos, taxa de aquisição, identificação dos pontos medidos, freqüências de corte e tipo de filtro digital e parâmetros de conversão das grandezas aquisitadas.

4.0-ENSAIO DE INDEX TEST DA UGH-01 DE 45 MW DA UHE- SAMUEL-RONDÔNIA

O ensaio foi realizado com a queda bruta de 30.89 m.c.a, tomado como base a variação do ângulo das Pás Rotor de 12°, 16°, 22°,29° e 10° graus, com a varredura da a aberturas do distribuidor para a Potência de 1(um) MW para cima e para baixo do ponto da curva desconjugada, assim sucessivamente para todos os ângulos proposto.

A leitura de Potência foi realizada no padrão rotativo calibrado, para a média de 10(dez) revoluções e ΔH medida em coluna de água, para obtenção do rendimento relativo da Turbina (04). Foram monitorados as vibrações Absolutas e

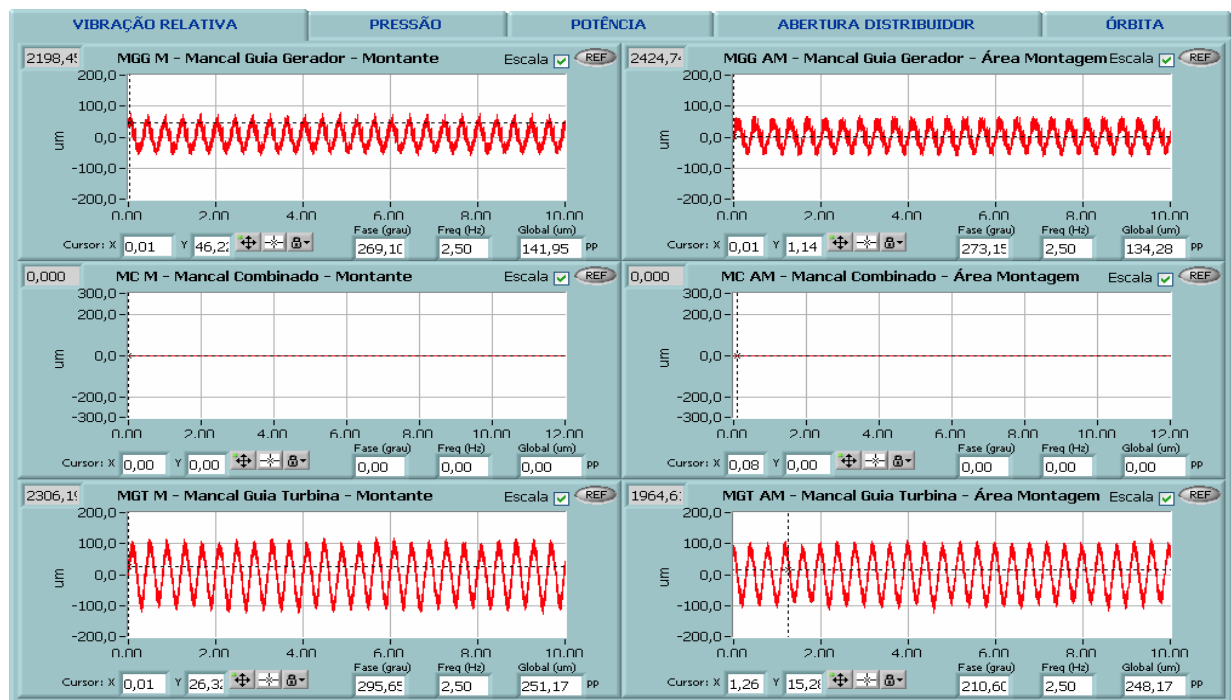
Relativas dos mancais de guia do Gerador e da Turbina a 90° no domínio do tempo e da frequência, bem como, as Pressões na Caixa espiral, tampa da Turbina e Sucção da Turbina.

Analizados os sinais coletados à partir do conhecimento (03) e da experiência do autor sem aplicação de filtros para tratamento dos mesmos, garantindo as frequências de interesse de componentes excitados pelas excitações Mecânicas e Elétricas conhecidas.

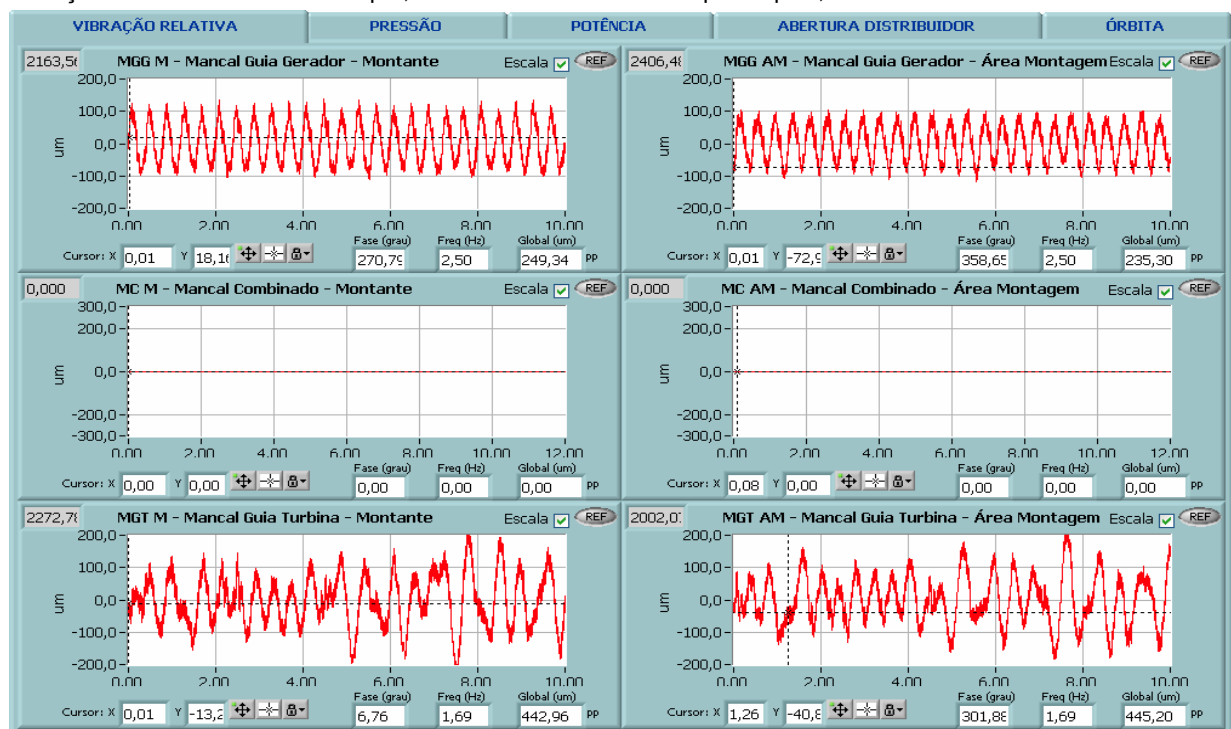
Levantado a performance do comportamento dinâmico em termos eletromecânicos (02) vibratórios e hidráulicos para a determinação da Faixa Operativa do grupo hidrogerador, bem como, sugerido a alteração do Came de Conjugação do Distribuidor com as Pás Rotoras da Turbina, para o ângulo de 10°(dez) graus, devido apresentar melhores condições operacionais da unidade ensaiada.

A seguir apresentamos abaixo, apenas a gravação dos sinais no domínio do tempo, para o ponto de conjugação de máxima potência de 44 MW e ângulo de 29° das Pás Rotoras, para o ponto de conjugação da potência de 14.5 MW de conjugação de 10° das Pás Rotoras e a mínima potência permitida pela determinação do ensaio de 15.5 MW.

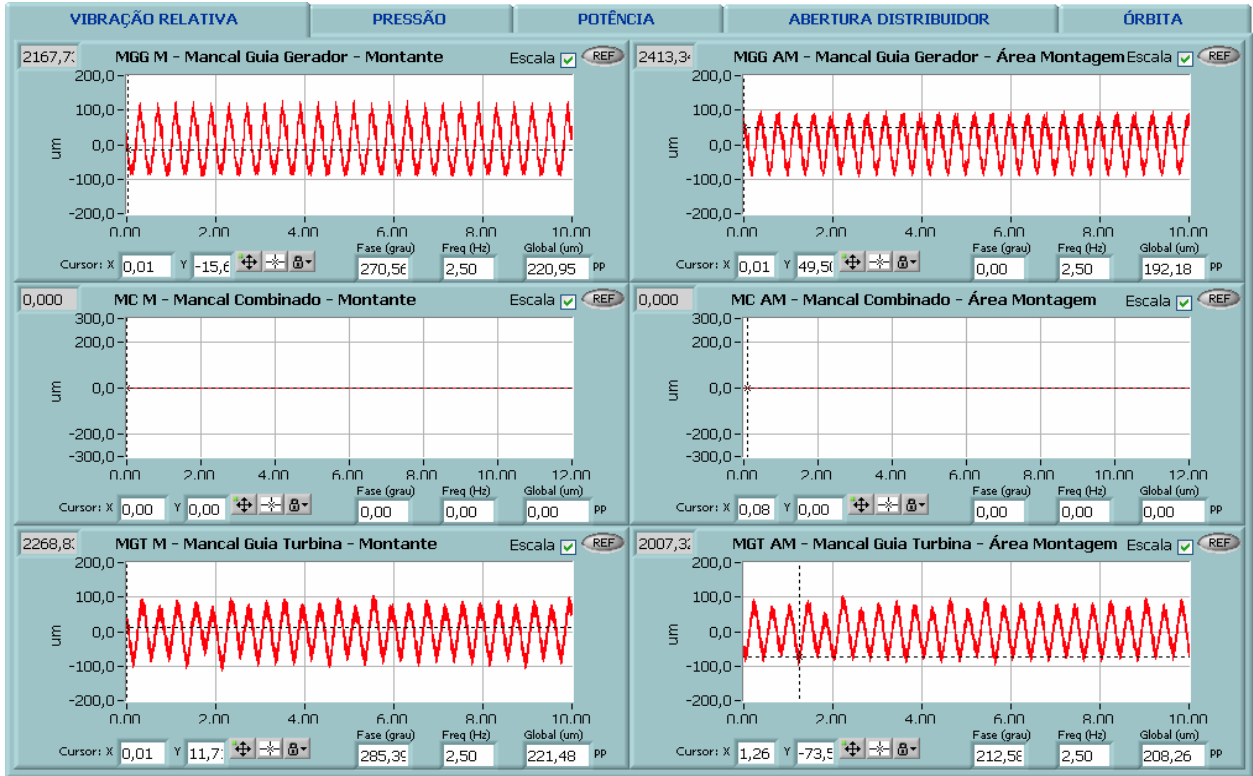
Vibração Relativa domínio do tempo , em deslocamento microns pico a pico, com 44 MW e 29° nas Pás Rotoras.



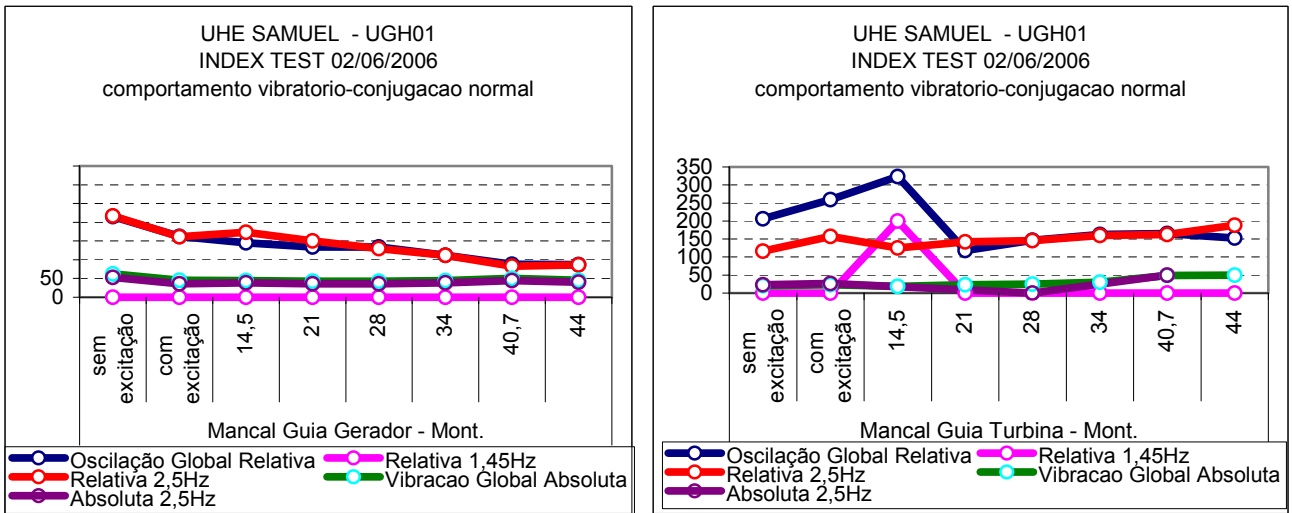
Vibração Relativa domínio do tempo , em deslocamento microns pico a pico, com 14.5 MW e 10° nas Pás Rotoras.



Vibração Relativa domínio do tempo , em deslocamento microns pico a pico, com 15.5 MW e 10° nas Pás Rotoras.



Gráficos Comportamento Vibratório Relativo e Absoluto Gerador Elétrico e Turbina direção Montante - Projeto



Gráficos Comportamento Vibratório Relativo e Absoluto Gerador Elétrico e Turbina direção Montante - Sugerida

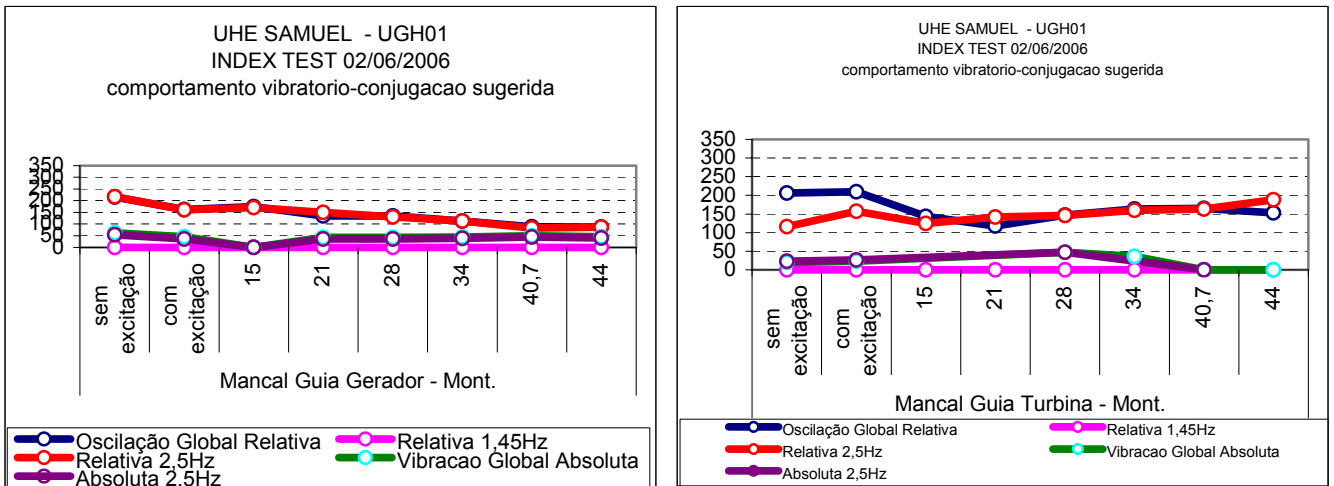
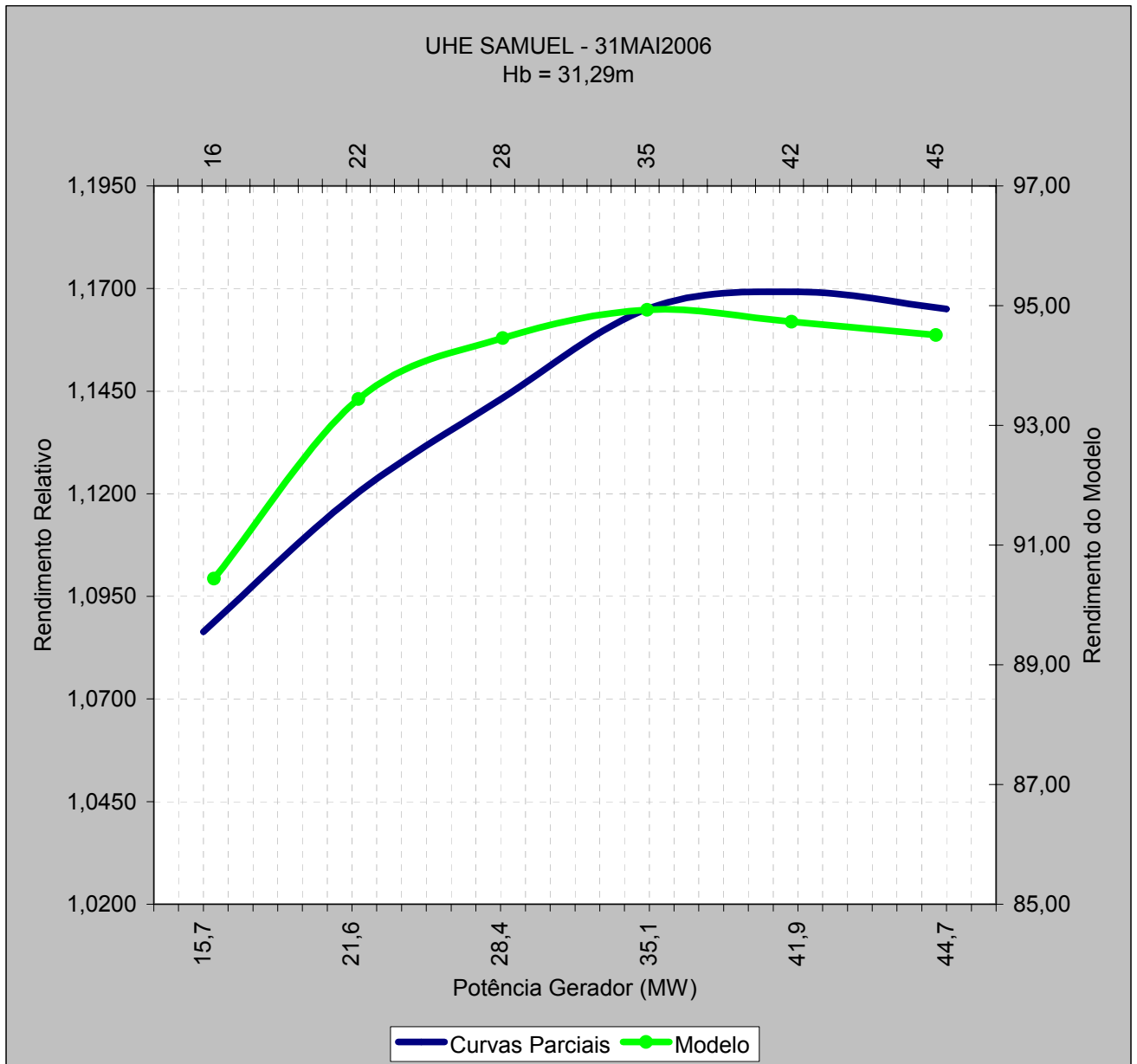
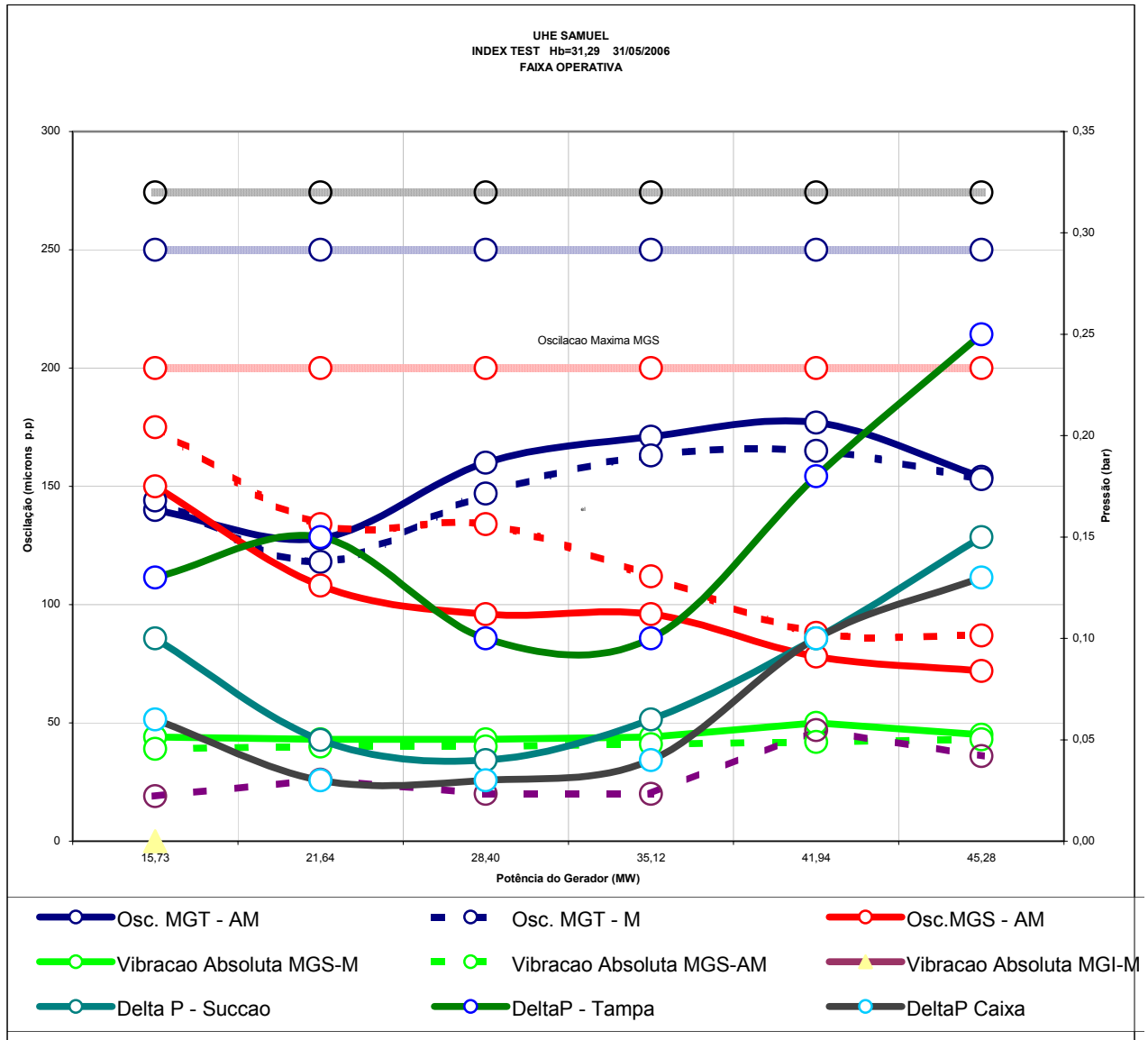


Gráfico da Gráfico do Rendimento do Protótipo e do Modelo (05)



Levantamento da faixa Operativa do Grupo Hidrogerador (05)



5.0-CONCLUSÃO

Podemos concluir que o Hardware e Software desenvolvido pela Eletronorte, atende plenamente as necessidades da engenharia de manutenção, sendo assim um fator determinante na avaliação da Performance das Máquinas Hidrogeradoras, com resultados altamente confiáveis e comprovados nas intervenções de manutenção.

6.0-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MACINTYRE, ARCHIBALD JOSEPH, Máquinas Motrizes Hidráulicas, Editora Guanabara Dois S.A- Rio de Janeiro.
- (2) ROCHA, RENATO OLIVEIRA, Apostila de Monitoramento de Hidrogeradores do Curso de Técnicas Modernas de Manutenção - TMM, da COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro.
- (3) TENENBAUM, ROBERTO A., Apostila de Tratamento de Sinais do Curso de Técnicas Modernas de Manutenção -TMM, da COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro.
- (4) HYPPER, ARTHUR, Apostila de Monitoramento e Diagnóstico de Máquinas do Curso de Técnicas Modernas de Manutenção -TMM, da COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro.
- (5) ELETRONORTE
Relatório de Ensaios realizados na UHE Samuel, Elaborado por Antônio Clarete Paes, Documentação Interna – PortoVelho.

6.0-DADOS BIOGRÁFICOS

José Maria Caldas Batista
Nascido em Cametá, PA , em 26 de outubro de 1952.
Pós-Graduação na USP(1986), na UFRJ(2001) e na UnB (2004)
Graduação (1983) em Engenharia Mecânica: UFPA –Belém do Pará
Empresa: ELETRONORTE desde 1974
Engenheiro de Ensaios e Manutenção Eletromecânica