



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

GMI - 20
16 a 21 Outubro de 2005
Curitiba - Paraná

**GRUPO XII
GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS TÉCNICOS E GERENCIAIS DE MANUTENÇÃO EM INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS - GMI**

**IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO HIDRODINÂMICA NOS MANCAIS DE ESCORA DAS
UGs 05 A 16 DA UHE ILHA SOLTEIRA**

**Roberto Toyofumi Kagesawa * Marco Antonio Marques Paulo César Pressoto
Márcio de Pinho Bitencourt Esmeraldo Pupin Júnior
Marcelo Bine Moni José Ferreira dos Reis
CESP – Companhia Energética de São Paulo**

RESUMO

As Unidades Geradoras (UGs) do Grupo 05 a 16 da UHE Ilha Solteira começaram a operar a partir de Dezembro de 1974. Nas primeiras horas de operação ocorreram desligamentos por sobre temperatura dos Mancais de Escora devido à quebra da lubrificação hidrodinâmica e conseqüente danificação das sapatas. Após algumas ocorrências, em consenso com o Fabricante, estas UGs passaram a funcionar com injeção de óleo de forma contínua e não apenas na partida e parada, conforme projeto. Este trabalho descreve as melhorias contínuas, executadas desde 1995 e que culminaram na retirada da injeção contínua de óleo dos Mancais de Escora.

PALAVRAS-CHAVE

Hidrogeradores, Mancal de Escora, Injeção de Óleo, Projeto, Modificação.

1.0 - INTRODUÇÃO

1.1 – Generalidades – UHE Ilha Solteira

A UHE Ilha Solteira é a maior usina da CESP – Companhia Energética de São Paulo e do Estado de São Paulo e a terceira maior Usina Hidrelétrica do Brasil. Está localizada no noroeste paulista, represando o rio Paraná entre as cidades de Ilha Solteira–SP e Selvíria-MS. Possui vinte Unidades Geradoras (UGs), com as quais perfaz uma potência instalada de 3.440,0 MW.

Devido ao grande número de Unidades Geradoras e os prazos de entrega, o fornecimento dos equipamentos eletromecânicos da UHE Ilha Solteira foi dividido para três consórcios: o Pentaconsort, constituído de firmas japonesas (Hitachi, Toshiba e Mitsubishi), sueca (Asea) e germano-suiça (Brown Boveri) que basicamente forneceu os equipamentos para os grupos de 1 a 4; o European Consortium forneceu os equipamentos para os grupos 5 a 16, constituído do grupo italiano GIE, de firmas francesas (Neyrouc e Alsthom) e alemã (Voit); os equipamentos para as máquinas 17 a 20 foram fornecidos por um consórcio basicamente francês. O primeiro grupo gerador entrou em operação em Julho de 1973 e o último em Dezembro de 1978.

*Passeio Batalha, 406 - CEP 15385-000 – Ilha Solteira - SP - BRASIL
Tel.: (018) 3743-7170 - Fax: (018) 3743-7268 - e-mail: roberto.kagesawa@cesp.com.br

A indústria nacional teve grande participação no fornecimento de equipamentos auxiliares, como pórticos, pontes rolantes, blindagens, comportas, entre outros.

1.1.1 – TABELA 1 - Dados Característicos da UHE Ilha Solteira

Condições de Montante	
Área da bacia hidrográfica	375.460 km ²
Área do espelho d'água (NA 328,00m)	1.195 km ²
Volume morto	15.544 x 10 ⁶ m ³
Volume útil	5.516 x 10 ⁶ m ³
Volume reservado para cheia de projeto	1.213 x 10 ⁶ m ³
Barragem de Concreto	
Comprimento no coroamento	975,00 m
Barragem de Terra	
Comprimento margem direita	3.400 m
Comprimento margem esquerda	1.213 m
Níveis característicos de montante	
N.A. máximo maximorum	329,00 m
N.A. máximo útil	328,00 m
N.A. mínimo útil	323,00 m
Vazão média de longo termo (MLT período 1931 – 1998)	5.206 m ³ /s
Vazão máxima média diária observada (09/02/83)	27.337 m ³ /s
Condições de Jusante	
N.A. máximo maximorum	286,05 m
N.A. máximo útil	281,20 m
N.A. mínimo útil	280,00 m
Vazão máxima dos vertedores (N.A. 329,00m)	37.900 m ³ /s
Vazão turbinada nominal total da usina	7.960 m ³ /s
Unidades Geradoras - Turbinas	
Tipo	Francis
Turbinas instaladas	20
Potência nominal unitária	165.000 kW
Queda de referência	41,50 m
Engolimento máximo	502 m ³ /s
Unidades Geradoras - Geradores	
Tipo	umbrella
Potência nominal unitária:	165.000 kW
Geradores 1 a 4	176.000 kW
Geradores 5 a 10, 12, 14, 15, 17 e 18	170.000 kW
Geradores 11, 13, 16, 19 e 20	174.000 kW
Potência Nominal total instalada	3.444.000 kW
Órgãos de Descarga	
Comporta de Superfície	19
Dimensões do vão	18,50 x 21,50 m
Cota de soleira	313,00 m
Cota de topo das comportas de superfície	328,30 m
Descarga máxima por vão (N.A. 328,00)	1.804 m ³ /s
Descarga máxima por vão (N.A. 329,00)	1.995 m ³ /s

1.2 – Mancais de Escora - Problemas

Os Mancais de Escora das UGs da UHE Ilha Solteira suportam cargas nominais de 14.000 kN (1.400 toneladas). Para tanto, a filosofia da CESP é formar e manter um quadro próprio de manutenção, visando preservar o know how das alterações de projeto e das manutenções preditivas e preventivas, uma vez que são inconcebíveis falhas neste equipamento.

O sistema de injeção de óleo dos Mancais de Escora das UGs 05 a 16 da UHE Ilha Solteira, foi projetado para trabalhar na partida e parada das Unidades Geradoras, formando um filme de óleo entre o espelho do mancal e a superfície dos patins e eliminando a possibilidade de atrito entre as partes deslizantes.

Porém, em 1974, durante o comissionamento da UG05, o sistema não funcionou adequadamente, ocorrendo danificação dos patins. O problema foi classificado como falha de projeto e o fabricante definiu que as bombas de injeção deveriam permanecer ligadas durante todo o funcionamento das Unidades Geradoras do grupo 05 a 16 (Grupo European Consortium), gerando uma lubrificação aditiva, além da diminuição da temperatura do Mancal.

Foi modificado o projeto das doze Unidades Geradoras, efetuando a instalação de dois conjuntos moto-bombas de injeção, em corrente alternada e que trabalhariam alternada e ininterruptamente, e um conjunto em corrente contínua, que entraria em operação apenas nas paradas de emergência.

Dessa forma, mesmo com adoção de novos sistemas de supervisão e proteção, as bombas de injeção tornaram-se componentes causadores de inúmeros desligamentos das UGs, com necessidades de intervenção por vários dias, devido a contaminações do circuito hidráulico por partículas desprendidas dos componentes internos.

Em 1995 foram iniciadas melhorias, onde foram substituídas todas as bombas de injeção de óleo de engrenagens por pistão. Em 1996 iniciaram os estudos no sentido de eliminar a necessidade de injeção de óleo de forma contínua, culminando na retirada de injeção de óleo de oito UGs, com custos extremamente baixos e sem diminuição da disponibilidade da UG, uma vez que as modificações de projeto foram executadas em aproveitamento de outros desligamentos.

2.0 – MELHORIA CONTÍNUA – BOMBAS DO SISTEMA DE INJEÇÃO DE ÓLEO

2.1 – Projeto Original

No projeto original, a injeção de óleo era feita por uma bomba para cada patim. Onde um motor acionava duas bombas. Abaixo a Tabela 2 com os dados técnicos destas bombas e a Figura 1:

Número de Bombas	10
Tipo	engrenagens
Vazão unitária	5,4 l/min
Pressão Máxima	260 kgf/cm ²
Número de Motores	05 (com eixos duplos)
Potência	04 kW
Rotação	1.750 rpm
Tensão	440 V

Tabela 2 – Dados Técnicos das Bombas de Injeção originais



FIGURA 1 – Sistema Original de Moto Bombas de Injeção de Óleo

2.2 – Primeira Modificação

Com a necessidade de injeção contínua de óleo no Mancal de Escora, houve necessidade de substituição das bombas, uma vez que não foram dimensionados para este regime de funcionamento.

Dessa forma, as dez bombas foram substituídas por três conjuntos moto bombas, sendo duas acionadas por motores de corrente alternada e uma por corrente contínua. Abaixo a Tabela 2 com os dados técnicos das Bombas de Injeção adaptadas.

Moto Bombas de Corrente Alternada	02 un.
Tipo	engrenagens
Vazão unitária	103 l/min
Pressão de Trabalho	125 kgf/cm ²
Potência do Motor	40 CV
Rotação	1.750 rpm
Moto Bombas de Corrente Contínua	01 un.
Tipo	engrenagens
Vazão unitária	103 l/min
Pressão de Trabalho	85 kgf/cm ²
Potência do Motor	11,5 CV
Rotação	1.500 rpm

Tabela 2 – Dados Técnicos das Bombas de Injeção adaptadas.

2.3 – Terceira Modificação

Devido ao alto grau de contaminação do óleo quando do colapso, as bombas de engrenagens foram substituídas por bombas de pistões axiais com as mesmas características de desempenho. Abaixo a Figura 2 com o sistema de Moto Bombas de injeção de óleo por pistões.



FIGURA 2 – Sistema de Moto Bombas de Injeção de Óleo

3.0 – ELIMINAÇÃO DA INJEÇÃO CONTÍNUA DE ÓLEO NO MANCAL DE ESCORA

3.1 – Dados Técnicos do Mancal :

Abaixo a Tabela 3 com os dados técnicos dos Mancais de Escora das UGs 05 a 16 e a Figura 3 com o desenho em corte do Mancal de Escora e Guia.

Carga Nominal no Mancal de Escora	14.000 kN (1.400 t)
Rotação Nominal	85,7 rpm
Velocidade Periférica	9,6 m/s
Volume de óleo	7.000 l
Mancal de Escora:	
Diâmetro Nominal	1.565 / 3.250 mm
Quantidade das Sapatas (Patins)	10
Pressão Específica sobre os patins de escora	36,5 kgf/cm ²
Potência de Atrito	180 kW
Quantidade de calor a ser retirado	155.000 kcal/h

Tabela 3 – Dados Técnicos dos Mancais de Escora das UGs 05 a 16

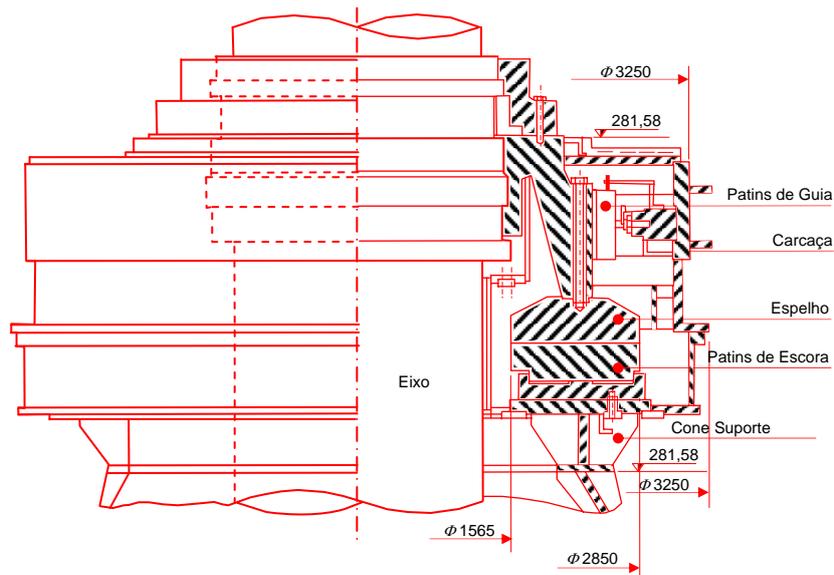


FIGURA 3 – Desenho do Mancal de Escora e Guia das UGs 05 a 16.

3.2 – Ponto de Partida

Através da análise da documentação redigida na época do comissionamento, verificou-se que o principal fator considerado para a performance do Mancal de Escora era a temperatura dos patins. O principal argumento do fabricante era que, uma vez desligada a injeção, havia um excessivo aquecimento, gerando uma curva de tendência alarmante. Este aquecimento era atribuído à pequena espessura do filme de óleo entre o patim e o espelho do Mancal.

Através da instalação de sensores de proximidade nos patins da UG16, observou-se que a injeção contínua de óleo não alterava a espessura do filme de óleo, servindo apenas para resfriar o patim. De posse dessas informações, a prioridade para a solução do problema foi atuar em modificações que ocasionassem um melhor resfriamento dos patins.

Este fato foi determinante para o restabelecimento do projeto original, ou seja, dispor do sistema de injeção de óleo somente na partida e parada da UG.

3.3 – Procedimentos

Os patins foram fabricados com cinco furos de 35 mm, no sentido radial. Devido a estes furos estarem posicionados à pequena distância do metal patente, demonstraram excelentes pontos para instalação de um sistema de resfriamento forçado.

Decidiu-se montar um sistema fechado de circulação de água, onde através de curvas e tubos flexíveis fez-se passar a água dentro dos patins. Foram confeccionadas duas tubulações centrais, uma de alimentação e outra de retorno, de duas polegadas (49 mm), onde foram montados um ramal de entrada de água e outro de saída, para cada patim.

Obtivemos sucesso. Com o sistema implantado em duas UGs conseguimos retirar a necessidade de injeção contínua de óleo. Durante os ensaios foi ajustada a melhor vazão de água para o melhor rendimento do sistema. No entanto, no melhor rendimento, a vazão da água era pequena, fato que gerou uma acentuada oxidação nas paredes dos furos dos patins devido à deposição do micro organismo *brozoa*. Isto gerou uma necessidade de limpezas periódicas.

Visando diminuir a indisponibilidade da UG e os Homens hora necessários para limpeza, foram feitas tentativas para utilizar o óleo de resfriamento do Mancal. Esta melhoria foi executada em duas fases:

- primeiramente optou-se em deslocar parte do óleo do sistema de resfriamento para circular dentro dos patins. Em algumas UGs obteve-se sucesso. No entanto, nas UGs que apresentavam valores históricos de temperaturas mais elevadas, tal modificação não foi possível devido à temperatura do Mancal de Escora estabilizar-se em valores relativamente altos.

- na terceira etapa deste processo de melhoria contínua optou-se em fazer com que todo óleo do sistema de resfriamento fosse deslocado para circular dentro dos patins, em um sistema aberto. Onde o óleo era despejado entre o espelho e os patins do Mancal de Escora, após passar pelos patins.

Esta modificação foi efetuada nas UGs que apresentavam valores históricos de temperaturas mais elevadas e se mostrou eficiente.

Diante deste fato, em aproveitamento às paradas por outros motivos, tais como Manutenções Preventivas, as modificações foram executadas em oito UGs e padronizadas nas UGs com modificações das versões anteriores.

5.0 – CONCLUSÃO

Os ensaios realizados após as modificações, comprovaram sua eficácia, uma vez que a temperatura do Mancal de Escora permanece estável, dentro dos níveis considerados seguros.

Assim, as bombas de injeção deixaram de atuar como equipamentos vitais no processo, tornando-se apenas equipamentos auxiliares de partida e parada, eliminando ocorrências de desligamento por falha na injeção e paradas para limpeza do circuito hidráulico devido à contaminação do óleo hidráulico.

Das doze UGs, foram retiradas as injeções contínuas de oito devido à filosofia de otimizar as paradas das UGs. Portanto, nas demais UGs, a modificação será executada no momento das paradas para Manutenções Preventivas Periódicas após 60.000 horas de operação.

Com a retirada da injeção contínua de oito UGs houve uma economia de energia elétrica de 08 motores de 40 kW, que deixaram de funcionar continuamente, perfazendo uma economia anual de 3.504.000,00 (três milhões, quinhentos e quatro mil) kWh ano.

Outros ganhos significativos foram:

- aumento da durabilidade dos conjuntos moto bombas;
- eliminação de indisponibilidade de UGs para manutenção das bombas e limpeza do circuito hidráulico devido ao colapso das bombas;
- redução do nível de ruído dentro da sala de máquinas;
- economia média de 1.152,00 Hxh/ano utilizados na manutenção e monitoramento dos conjuntos moto bombas.

O aspecto fundamental neste trabalho é que ele foi desenvolvido e executado totalmente pela equipe própria da CESP, onde foram explorados todos os conhecimentos adquiridos por dezenas de anos de manutenção, somados às novas técnicas inseridas através da renovação do quadro de pessoal, a partir de 1994.

6.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Relatório CESP HP-37 – Defeito Apresentado no Mancal de Escora do Grupo 5, de Fabricação ASGEN – 1976.
- (2) Relatório Técnico CESP – Desempenho do Sistema de Injeção de Óleo dos Patins do Mancal de Escora das Máquinas 05 a 16 da Usina Ilha Solteira.
- (3) Especificação Técnica CESP TGEM-005/95 – Bomba do Tipo Pistão Axial para Injeção de Óleo nos Patins do Mancal de Escora das Unidades Geradoras 05 a 16 da UHE Ilha Solteira
- (4) Desenhos European Consortium – Thrust and Guide Bearing Assembly – 21TU123938 1/3, 2/3 e 3/3.
- (5) Manual de Montagem dos Grupos 05 a 16.
- (6) II Prêmio CESP de Produtividade e Qualidade na Manutenção – 2004.

