

Brasília, 02 de abril de 2007.

RELATÓRIO DE ATIVIDADES DE PROJETO DE PESQUISA

Janeiro, Fevereiro, Março/2007

Rodrigo de Queiroz Souza

FINATEC
ELETRONORTE
Universidade de Brasília – UnB

Modernização da Área de Automação de Processos das Usinas Hidroelétricas de Balbina e Samuel

1. OBJETIVO

Descrever as atividades realizadas no projeto de pesquisa, durante o trimestre de janeiro a março, desenvolvidas pelo programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico da empresa de geração e transmissão de energia elétrica, ELETRONORTE, em parceria com a FINATEC e UnB.

2. ATIVIDADES REALIZADAS

A execução das atividades listadas é consistente com as etapas do projeto destacadas:

Etapa 1: Levantamento de Requisitos e especificação do sistema:

Atividade 1.1: Análise das ocorrências relacionadas a históricos de manutenção.

Produto 1.1: Relatório contendo *Representação do Conhecimento* sobre as ocorrências analisadas.

Atividade 1.2: Análise das características particulares de uma planta hidroelétrica (Balbina): sensores utilizados e procedimentos de manutenção, correlações e tomada de decisão.

Produto 1.3: Relatório contendo *Descrição dos procedimentos de manutenção da planta*.

Atividade 1.4: Levantamento das necessidades e expectativas das equipes de operação e manutenção frente ao sistema inteligente que será implantado.

Produto 1.4: Consolidação das especificações do sistema.

Etapa 2: Construção da base de casos de manutenibilidade:

Atividade 2.1: Seleção dos casos de interesse na operação durante situações de contingência operacional.

Produto 2.1: Relatório contendo *Representação dos casos selecionados* em um formalismo apropriado

Atividade 2.2: Catalogação e representação dos casos em uma *base de casos* de manutenibilidade

Produto 2.2: Base de Casos de manutenibilidade

A descrição destas atividades é detalhada a seguir:

1. Visita à usina hidrelétrica de Balbina

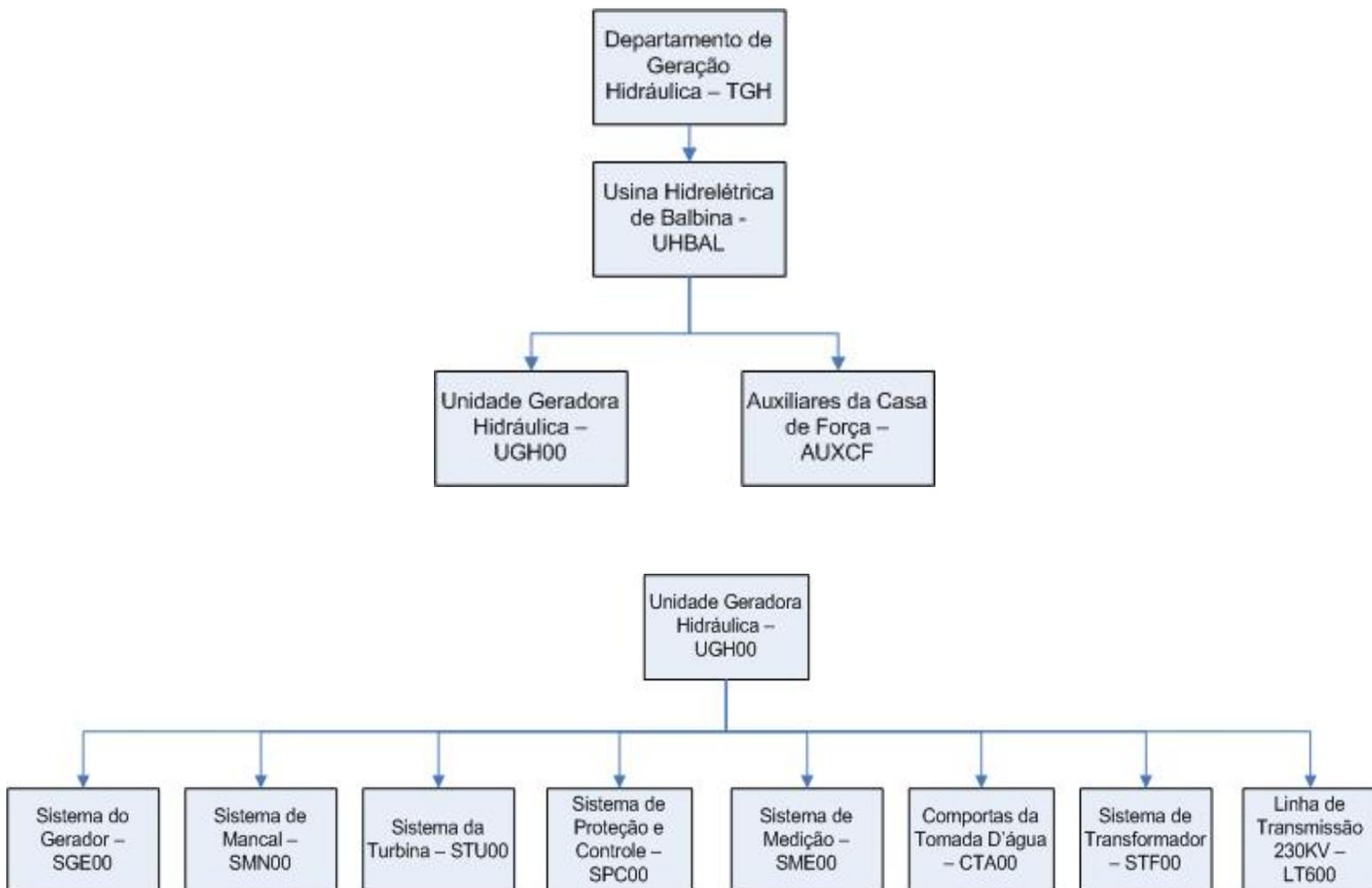
1.1 Visita técnica para reconhecimento das UHGs da usina (1ª semana):

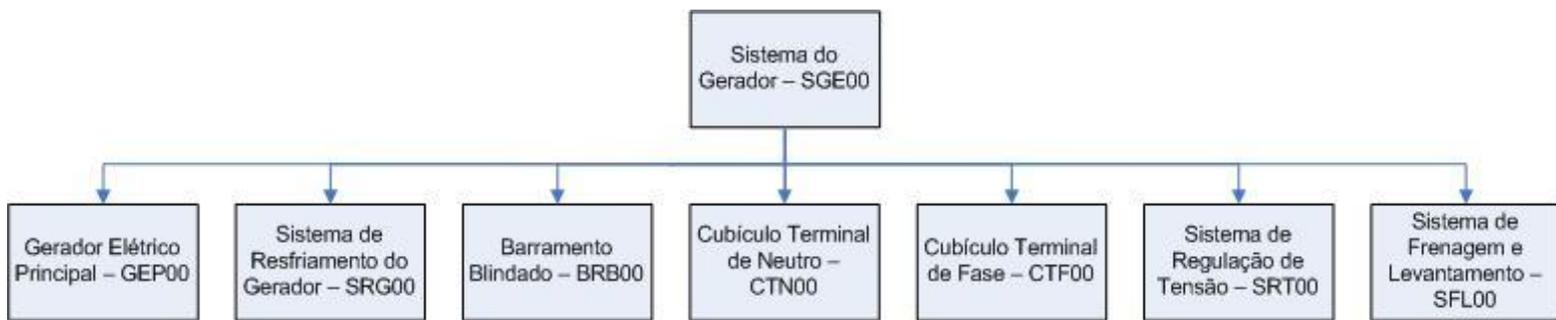
Na primeira semana da estada em Balbina realizou-se uma visita técnica na Usina com a finalidade de reconhecimento do sistema da turbina bem como seus sistemas auxiliares.

1.2 Identificação dos sistemas, subsistemas e ativos físicos (2ª semana):

A Classificação dos sistemas da usina, que será utilizada para definir os sistemas, subsistemas e componentes do FMEA, está sendo desenvolvida conforme a evolução das atividades da equipe responsável por cadastrar os ativos físicos no software MAXIMO, o qual está em fase de implementação.

Os diagramas abaixo mostram a hierarquia de sistemas da usina.





O sistema do Gerador possui os seguintes ativos principais:

Gerador Elétrico Principal

- Rotor
- Estator
- Anel Coletor
- Escovas
- Porta-escovas

Sistema de Resfriamento do Gerador

- Radiadores

Barramento Blindado

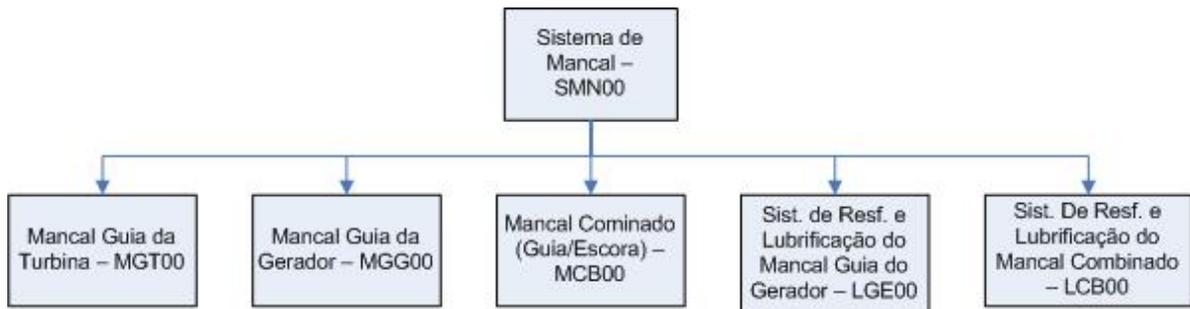
- Barramento Blindado
- Sistema de pressurização e secagem

Sistema de Regulação de Tensão

- Pontes Retificadoras (Tiristores)
- Regulador Manual
- Regulador Automático
- Motoventiladores de Refrigeração
- Cartelas Eletrônicas
- Trafo de Excitação
- Chave comutadora de fonte

Sistema de Frenagem e Levantamento

- Macacos de freio
- Lona de freio
- Filtro
- Purgador
- Pista de frenagem
- Motobomba de levantamento
- Solenóide
- Painel elétrico de comando e controle
- Circuito ar/óleo



Ativos físicos principais:

Mancal Guia da Turbina

- Cuba de óleo
- Sapatas

Mancal Guia do Gerador

- Cuba de óleo
- Sapatas

Mancal Combinado (Guia/Escola)

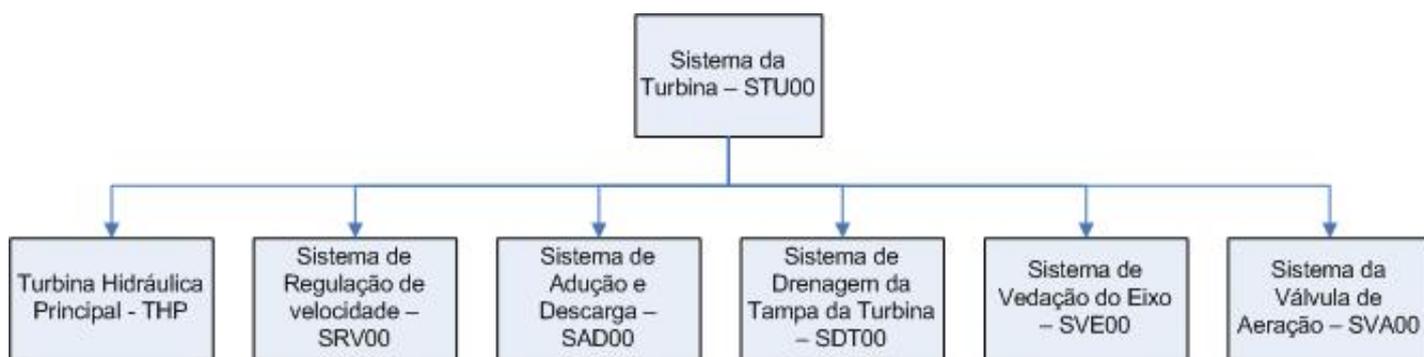
- Cuba de óleo
- Sapatas do mancal guia
- Sapatas do mancal escola

Sistema de Resfriamento e Lubrificação do Mancal Guia do Gerador

- Motobomba 01
- Motobomba 02
- Trocador de calor 01
- Trocador de calor 02
- Filtro 01
- Filtro 02
- Tubulação
- Válvulas
- Painel elétrico de comando e controle

Sistema de Resfriamento e Lubrificação do Mancal Combinado

- Motobomba (circulação) AI
- Motobomba (circulação) AJ
- Motobomba (injeção) AG
- Motobomba (injeção) AH
- Trocador de calor 01
- Trocador de calor 02
- Filtro duplo
- Tubulação
- Válvulas
- Painel elétrico de comando e controle



Ativos físicos:

Turbina Hidráulica Principal

- Rotor
- Eixo
- Pás
- Servomotor das pás
- Cabeçote Kaplan

Sistema de Regulação de Velocidade

Sistema do Distribuidor

- Servomotor
- Palheta diretriz
- Bucha
- Vedações
- Anel de sincronismo
- Biela
- Fim de curso
- Manivela
- Pino de cisalhamento
- Travas

Sistema de Resfriamento

- Trocador de calor

Sistema de Alimentação de Óleo

- Tanque sem pressão
- Motobomba AE
- Motobomba AF
- Válvula de intermitência
- Válvula de isolamento
- Válvula detectora de pressão
- Filtro

Sistema de Comando Hidráulico

- Acumulador ar/óleo
- Sistema de amortecimento da palheta

Sistema de Ar de Regulação

- Acumulador de ar
- Eletroválvula

- Painel elétrico de comando e controle

Sistema de Adução e Descarga

- Caixa espiral
- Anel de descarga
- Soleira
- Tubo de sucção
- Motobomba de esgotamento BES001
- Motobomba de esgotamento BES003

Sistema de Drenagem da Tampa da Turbina

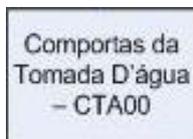
- Motobomba AK
- Motobomba AL
- Poço de Drenagem
- Painel elétrico de comando e controle

Sistema de Vedação do Eixo da Turbina

- Junta carbônica
- Junta de manutenção
- Sistema de água de bloqueio
- Tubulação
- Válvulas

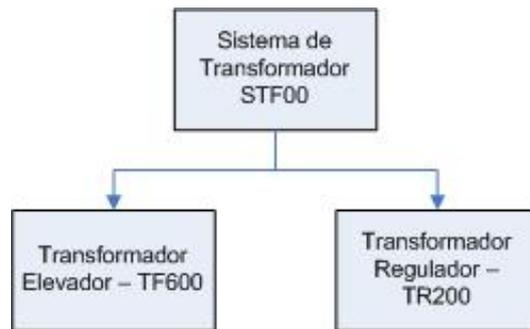
Sistema da Válvula de Aeração

- Válvula de aeração



Comportas da Tomada D'água

- Comportas
- Stop-log
- Bomba de óleo da centralina hidráulica
- Tanque de óleo
- Tubulação



Ativos físicos:

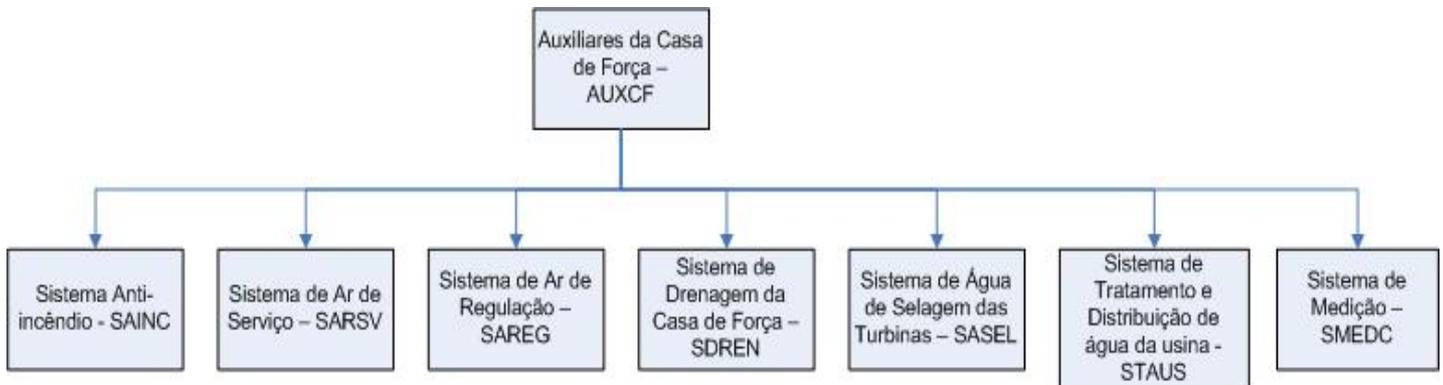
Transformador Elevador

- Motobomba
- Motoventilador
- Módulo de supervisão de umidade
- Módulo de supervisão de gás
- Radiador
- Núcleo
- Enrolamento
- Disjuntor
- Bucha de alta
- Bucha de neutro
- Bucha de baixa
- Tanque de expansão
- Tanque principal
- Chave seletora

Transformador Regulador

- Transformador de Corrente TCXOJ
- Transformador de Corrente TCX1J
- Comutador dos TAP's
- Motor elétrico de acionamento de TAP's

Serão utilizados alguns subsistemas do sistema auxiliar da casa de força, além dos subsistemas da unidade geradora hidráulica, no desenvolvimento do FMEA porque existe instrumentação FieldBus Foundation prevista também para estes subsistemas.



Sistema de Anti-incêndio

- Extintores
- Tubulação

Sistema de Ar de Serviço

- Balão de ar de serviço
- Compressor 01
- Compressor 02
- Compressor 03
- Filtro 01
- Filtro 02

Sistema de Ar de Regulação

- Balão de ar de regulação (Reservatório horizontal de ar comprimido)
- Compressor AO (grupo moto-compressor)
- Compressor AP
- Compressor AQ
- Armário de comando (chave comutadora para seleção do compressor CS4 – seleção de partida, seleção de tensão de comando)

Sistema de Drenagem da Casa de Força

- Poço de drenagem
- Motobomba de drenagem BDR001
- Motobomba de drenagem BDR002

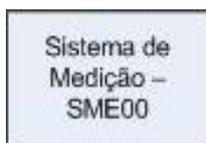
Sistema de Água de Selagem

- Tanque de água de selagem 01
- Tanque de água de selagem 02
- Motobomba AN
- Motobomba AR

Sistema de Tratamento e Distribuição de Água da Usina

- Filtros auto-limpantes

INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO DA REDE FIELDBUS FOUNDATION



SISTEMA DO GERADOR

Gerador Elétrico Principal

- Temperatura do enrolamento do estator fase A (G149G1A)
- Temperatura do enrolamento do estator fase B (G149G1B)
- Temperatura do enrolamento do estator fase V (G149G1V)
- Temperatura do núcleo do estator fase A (G149G2A)
- Temperatura do núcleo do estator fase B (G149G2B)
- Temperatura do núcleo do estator fase V (G149G2V)

Sistema de Resfriamento do Gerador

- Temperatura de ar frio do radiador nº 1 (G126GAF1)
- Temperatura de ar frio do radiador nº 2 (G126GAF2)
- Temperatura de ar frio do radiador nº 3 (G126GAF3)
- Temperatura de ar frio do radiador nº 4 (G126GAF4)
- Temperatura de ar frio do radiador nº 5 (G126GAF5)
- Temperatura de ar frio do radiador nº 6 (G126GAF6)
- Temperatura de ar frio do radiador nº 7 (G126GAF7)
- Temperatura de ar frio do radiador nº 8 (G126GAF8)
- Temperatura de ar quente (G126GAQ1)

Barramento Blindado

- Pressão do sistema de pressurização do barramento blindado (G163PBB)

Sistema de Regulação de Tensão

- Temperatura do trafo de excitação fase A enrolamento nº 1 (G149TEA1)
- Temperatura do trafo de excitação fase A enrolamento nº 2 (G149TEA2)
- Temperatura do trafo de excitação fase B enrolamento nº 1 (G149TEB1)
- Temperatura do trafo de excitação fase B enrolamento nº 2 (G149TEB2)
- Temperatura do trafo de excitação fase V enrolamento nº 1 (G149TEV1)
- Temperatura do trafo de excitação fase V enrolamento nº 2 (G149TEV2)

Sistema de Frenagem e Levantamento

- Pressão de frenagem indevida (G163FAL)
- Pressão de ar de frenagem (G163AF)

SISTEMA DE MANCAL

Mancal Guia da Turbina

- Pressão de óleo na cuba (G163MS)
- Temperatura do metal do mancal guia inferior nº 1 (G138MK1)
- Temperatura do metal do mancal guia inferior nº 2 (G138MK2)
- Temperatura do metal do mancal guia inferior nº 3 (G138MK3)
- Temperatura do óleo do mancal guia inferior nº 1 (G138MJ1)
- Temperatura do óleo do mancal guia inferior nº 2 (G138MJ2)

Mancal Guia do Gerador

- Nível de óleo da cuba (G171GMO)

- Temperatura do metal do mancal guia superior nº 1 (G138GMM1)
- Temperatura do metal do mancal guia superior nº 2 (G138GMM2)
- Temperatura do metal do mancal guia superior nº 3 (G138GMM3)
- Temperatura do óleo do mancal guia superior nº 1 (G138GMO1)
- Temperatura do óleo do mancal guia superior nº 2 (G138GMO2)

Mancal Combinado (Guia/Escora)

- Pressão de óleo de injeção do mancal escora (G163CS)
- Nível de óleo na cuba (G171MC)
- Temperatura do metal do mancal guia intermediário nº 1 (G138MG1)
- Temperatura do metal do mancal guia intermediário nº 2 (G138MG2)
- Temperatura do metal do mancal guia intermediário nº 3 (G138MG3)
- Temperatura do metal do mancal guia intermediário nº 3 (G138MG3)
- Temperatura do metal do mancal escora nº 1 (G138ME1)
- Temperatura do metal do mancal escora nº 2 (G138ME2)
- Temperatura do metal do mancal escora nº 3 (G138ME3)
- Temperatura de óleo da cuba do mancal combinado (G138MI)

Sist. de Lub. e Resf. do Mancal Guia do Gerador

- Vazão de óleo (G180GMO)
- Vazão de água (G180GMA)
- Temperatura de água na saída do trocador de calor (G126ATMGSS)
- Temperatura do óleo na entrada do trocador de calor (G126OTMGSE)
- Temperatura do óleo na saída do trocador de calor (G126OTMGSS)
- Pressão na saída da motobomba 01 (G163B1)
- Pressão na saída da motobomba 02 (G163B2)
- Pressão diferencial do filtro de óleo (G163FOMGS)

Sist. de Lub. e Resf. do Mancal Combinado

- Vazão de óleo (G180LP)
- Vazão de água (G180GMM)
- Pressão na saída da motobomba AH (G163LW)
- Pressão na saída da motobomba AG (G163LV)
- Pressão na saída da motobomba AI (G163LX)
- Pressão na saída da motobomba AJ (G163LY)
- Pressão diferencial dos filtros de óleo (G163MB)
- Temperatura de água na saída do trocador de calor (G126ATMCS)
- Temperatura de óleo na entrada do trocador de calor (G126OTMCE)
- Densidade do óleo no mancal combinado (DT302-1)
- Temperatura do óleo na tubulação na entrada da cuba (DT302-T)

SISTEMA DA TURBINA

Sistema de Adução e Descarga

- Pressão diferencial de água turbinada (G163RJ)
- Pressão da água da caixa espiral (G163DJ)
- Pressão estabelecida da caixa espiral normal (G163PEP)
- Pressão no tubo de sucção (G163TS)
- Nível do poço de esgotamento da turbina (PESU)

Sistema de Regulação de Velocidade

Sistema de Resfriamento

- Vazão de água do trocador de calor (G180MN)
- Temperatura da água de resfriamento (G126AR)
- Temperatura do óleo de regulação (G126LK)

Sistema de Alimentação de Óleo

- Nível de óleo do tanque sem pressão (G171LI)
- Pressão de óleo de regulação (G163CR)
- Densidade do óleo de regulação (G1DTOR)

Sistema de Comando Hidráulico

- Nível de óleo do acumulador ar/óleo (G171LA)
- Posição do nível de óleo do acumulador ar/óleo (G1TPA)
- Pressão de óleo do acumulador ar/óleo (G163LGF)

Sistema de Drenagem da Tampa da Turbina

- Nível de água do poço de drenagem da turbina (G171SDT)
- Pressão de água na saída das motobombas AK/AL (G163BAKL)

Sistema de Vedação do Eixo da Turbina

- Vazão de água de vedação (G180MP)
- Pressão de água de vedação do eixo (G163MQ)
- Pressão diferencial da água de vedação do eixo (G163AVE)
- Pressão de água da junta de manutenção (G163CW)
- Temperatura da água de vedação do eixo da turbina (G126AVE)

COMPORTAS DA TOMADA D'ÁGUA

- Pressão diferencial de perda de carga das comportas (G163PC)
- Pressão de óleo na saída das motobombas das comportas de tomada d'água (G163PBA)
- Pressão de óleo na tubulação das comportas de tomada d'água (G163TC)
- Nível de óleo na centralina das comportas de tomada d'água (G171CB)

SISTEMA DE TRANSFORMADOR**Transformador Elevador**

- Temperatura do enrolamento primário do trafo elevador (G149TP)
- Temperatura do enrolamento secundário do trafo elevador (G149TS)
- Temperatura de óleo (G126F)

Sistema de Tratamento e Distribuição de Água da Usina

- Pressão diferencial de água do filtro auto-limpante (G163FAL)

Sistema de Água de Selagem

- Nível de água do tanque de selagem 01 (TQS71MO1)
- Nível de água do tanque de selagem 02 (TQS71MO2)
- Pressão de saída das motobombas AN e AR (SAS63)
- Pressão diferencial do filtro de água de sucção das bombas AN e AR (MR63)

Sistema de Drenagem da Casa de Força

- Nível do poço de drenagem (PDRU)

Sistema de Ar de Regulação

- Pressão de óleo de lubrificação do compressor AO (AO63MU)
- Pressão de óleo de lubrificação do compressor AP (AP63MU)
- Pressão de óleo de lubrificação do compressor AQ (AQ63MU)
- Pressão do balão de ar de regulação (BAR63)

Sistema Anti-Incêndio

- Pressão da água na tubulação de combate a incêndio (ATCI63)

Sistema de Ar de Serviço

- Pressão do balão de ar de serviço (BAS63)
- Temperatura na descarga do compressor 1 (CAS0126AR)
- Temperatura na descarga do compressor 2 (CAS0226AR)
- Pressão diferencial do filtro de óleo no compressor 1 (CAS163F)
- Pressão diferencial do filtro de óleo no compressor 2 (CAS263F)

1.3 Preparação de apresentação sobre FMEA (3ª semana):

Foi preparada uma apresentação de 30 minutos sobre FMEA, a pedido do Araújo, direcionada aos funcionários da área de informática que estão desenvolvendo o banco de dados do software MAXIMO.

1.4 Levantamento de falhas (3ª e 4ª semanas):

Fez um levantamento de falhas das unidades geradoras e sistemas auxiliares a partir da análise de ordens de serviço e dos cartões de anomalias registrados no período de 2004 a 2006, e informações conseguidas com as conversas com os operadores. Este levantamento servirá para gerar as prioridades de tomadas de decisão, definir a criticidade de cada componente, além de auxiliar na geração de regras computacionais para desenvolvimento do sistema SIMPREBAL.

1.6 Desenvolvimento do FMEA (4ª e 5ª semanas):

De posse do levantamento de falhas e dos descritivos funcionais (instruções técnicas de operação) dos equipamentos da usina, procedeu-se o desenvolvimento do FMEA. O FMEA (análise dos modos e efeitos de falhas) consiste numa análise dedutiva que

visa identificar as falhas em cada componente, suas causas e a relação entre tais causas e os efeitos das falhas no equipamento em estudo e no sistema como um todo.

A análise dos modos e efeitos de falhas (FMEA) é uma das ferramentas de baixo risco mais eficientes para a prevenção de problemas e para a identificação das soluções mais eficazes em termos de custo a fim de prevenir esses problemas. FMEA é uma técnica que oferece três funções diferentes:

- Prognosticar problemas.
- Desenvolver e executar projetos, processos e serviços (novos ou revisados).
- Documentar rotinas de processos ou serviços (execução).

1.6.1 Documentação dos modos e efeitos de falhas

A documentação da análise FMEA foi desenvolvida segundo o formulário padronizado mostrado na Tabela. (1).

Tabela 1 – Formulário padronizado de análise FMEA.

IDENTIFICAÇÃO DO SISTEMA					
FUNÇÃO	Descrição da função do sistema				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA

A seguir há uma explicação de cada coluna do formulário apresentado.

- **Função:** Ação que o usuário deseja que o item ou sistema execute dentro de um padrão de performance especificado.
- **Componente:** Identificação de cada componente pertencente ao sistema.
- **Função do componente:** Descrição sucinta e exata da tarefa que o componente deve desempenhar.
- **Falha funcional:** Descrição de todas as possíveis falhas pertinentes a cada componente.
- **Modo de falha:** Descrição da forma como a falha é observada pela equipe de operação. Por exemplo, atuação de um determinado tipo de alarme, ou atuação de um relé sinalizando falha.

No atual estudo, o modo de falha apresenta o TAG do sensor ou relé relacionado à identificação de determinada falha sempre que possível, isto é, quando a falha pode ser direta ou indiretamente revelada pela instrumentação.

- **Causa da falha:** Descrição simples e concisa das ocorrências (causas) que podem dar origem ao tipo de falha considerado.
- **Efeito da falha:** Conseqüência da ocorrência da falha, percebida ou não pelo usuário final. Pode ser local (não afeta os outros componentes) ou global (pode afetar outras funções ou componentes).

Os campos preenchidos como modos de falha servirão de base para a elaboração das regras de produção do sistema SIMPREBAL, e os campos preenchidos como efeitos

das falhas servirão para estabelecer prioridades de manutenção para determinadas falhas.

1.5 Consolidação da especificação do SIMPREBAL (5ª semana)

Em reunião realizada com o Eng. Araújo (Diretor de P&D), Célio (Chefe de turno de operação), Rubens (Encarregado pela especificação do software MAXIMO – Sistema de execução de manufatura), Prof. Gudwin e demais participantes do projeto, foram levantadas as necessidades e expectativas do sistema inteligente SIMPREBAL, consolidando-se desta forma as especificações do sistema.

2. Consolidação do FMEA

Durante as semanas subseqüentes à visita técnica, trabalhou-se na consolidação do FMEA, estabelecendo-se pontuações para os índices de ocorrência, severidade e detecção de forma a produzir o índice de prioridade de risco de cada componente dos sistemas de Mancal (mancal guia da turbina, mancal combinado, mancal guia do gerador e sistema de lubrificação e resfriamento e dos mancais combinado e guia do gerador) e do sistema de regulação de velocidade de cada unidade geradora. Os resultados obtidas da consolidação do FMEA são observados no Anexo II

Pontuação FMEA

Na elaboração do FMEA, cada modo de falha recebe um identificador (exemplo: **1.1**, **1.2**, etc.). A partir destes identificadores, foram estabelecidos índices para avaliação da importância que cada modo de falha representa para o processo de geração hidráulica.

Os fatores para avaliação dos componentes consistem numa série de critérios utilizados para avaliar a criticidade ou prioridade de risco de um componente. Nesta avaliação é considerada a influência de três parâmetros: severidade, ocorrência e detecção das falhas.

- Severidade: Trata-se de um índice que reflete a gravidade das conseqüências de uma falha. Quanto maior o índice, maior a gravidade.
- Ocorrência: É um índice definido em função do número de ocorrências de falhas registradas nos cartões de anomalia e ordens de serviço de Balbina nos últimos 3 anos (no caso, durante o período de 2004 a 2006). O índice de ocorrência é dinâmico e deve ser reavaliado anualmente considerando o número de falhas dos 3 últimos anos imediatamente posteriores ao ano em questão. Portanto, a análise FMEA é dinâmica e tem seus valores alterados anualmente.
- Detecção: É um índice construído com base na estimativa da probabilidade de uma falha ser detectada, assumindo-se que ela tenha ocorrido.

Tais parâmetros são normalmente medidos em uma escala de 1 a 10, o número 1 indica uma menor importância da falha, do ponto de vista de determinado parâmetro, e o número 10 indica que a maior importância que deve ser atribuída à falha. A partir destes parâmetros é definido o chamado número de prioridade de risco (NPR).

O NPR é o valor calculado pelo produto dos três índices anteriores (*Severidade x Ocorrência x Detecção*). É utilizado para a priorização da tomada de ação. É uma maneira prática de priorizar certas falhas e avaliar quais providências devem ser tomadas primeiramente. Vale ressaltar que os índices de ocorrência, severidade e detecção foram utilizados para avaliar a importância dos modos de falha e, portanto,

atribuídos a cada uma das falhas funcionais de cada componente, enquanto o NPR foi utilizado para avaliar os próprios componentes. Conseqüentemente, nos componentes que apresentam mais de uma falha funcional, o NPR do componente foi definido como sendo igual ao maior NPR de suas falhas funcionais.

O Anexo I mostra os critérios de pontuação para cada um dos parâmetros, severidade, ocorrência e detecção.

Foi desenvolvida uma pontuação FMEA em separado para cada uma das unidades geradoras hidráulicas de Balbina, visto que a forma e a freqüência com que as falhas se manifestam em cada uma das unidades é diferente.

As planilhas de pontuação FMEA estão dispostas no Anexo II.

Enfim, o Anexo III, apresenta sugestões para manutenção preventiva para cada componente, mostrando também a periodicidade com que tais manutenções devem ser executadas, de acordo com programa PMP (plano de manutenção preventiva)/TPM (total maintenance production) adotado na usina de Samuel. A periodicidade está representada da forma "(XA)" após cada tarefa proposta para manutenção, o que significa que a tarefa deve ser desenvolvida a cada "X" anos.

3. Estudo das formas de acesso ao banco de dados

O processo de implementação do software SIMPREBAL foi iniciado estudando-se as formas de acesso, em JAVA, a um banco de dados SQL. Foram analisadas e adaptadas algumas bibliotecas de acesso a banco de dados que poderão ser utilizadas pelo SIMPREBAL.

4. Desenvolvimento de propostas de indicadores de desempenho para a gestão de performance da usina de Balbina

A pedido do Eng. Araújo, foram desenvolvidas propostas de indicadores de desempenho da usina, a fim tornar possível uma avaliação operacional de Balbina, definindo e medindo seu progresso em direção às metas e ao posicionamento estratégico organizacional. O trabalho desenvolvido é mostrado no Anexo IV.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, "NBR 6023: Informação e Documentação -Referências - Elaboração", ABNT, Rio de Janeiro, 2000.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J., "Java, Como Programar", trad. Carlos Arthur Lang Lisboa. – 4.ed. – Porto Alegre: Bookman, 2003.

ECKERSON, W., "Ten Characteristics of a Good KPI", The Data Warehousing Institute, 2006.

ELETRONORTE – CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, [on line] Disponível na internet < <http://www.eln.gov.br> >, Acesso em: 20/02/2007.

FILHO, G. B., "Dicionário de Termos de Manutenção e Confiabilidade", 2ª edição, Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2000.

FLEMING, P. V.; FRANÇA, S. R.R. O., "Considerações Sobre a Implementação Conjunta de TPM e MCC na Indústria de Processos", ABRAMAN – 12º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT044, São Paulo, 1997.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P., “Análise de Falhas (Aplicação dos Métodos de FMEA – FTA)”, Série Ferramentas da Qualidade – Volume 11, Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1995.

SCARPIN, Carlos Alberto, “Análise Sistêmica de Falhas”, Editora Desenvolvimento Gerencial, 1999. SIQUEIRA, I. P., “Manutenção Centrada na Confiabilidade – Manual de Implementação”, Qualitymark, Rio de Janeiro, 2005.

SMAR (2001). Equipamentos de Campo série 302 Foundation. Manual de instalação, operação e manutenção. 42 p.

SMAR (2001). Equipamentos de Campo série 302 Foundation. Manual de instalação, operação e manutenção. 42 p.

SMAR (2005). Manual de instruções dos blocos funcionais Fieldbus Foundation. 334 p.

MANAUS ENERGIA, [on line]

Disponível na internet < <http://www.manausenergia.gov.br> >, Acesso em: 20/03/2007.

MIL-P-24534, “Planned Maintenance System: Development of Maintenance Requirement Cards, Maintenance Index Pages, and Associated Documentation”, Naval Sea Systems Command, U.S.

MOUBRAY, J., “RCM II – Reliability Centered Maintenance”, 2ª edição, New York: Industrial Press Inc, 1997.

WYREBSKI, J., “Manutenção Produtiva Total – Um Modelo Adaptado”, Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 1998.

ANEXO I
FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falhas
Critérios de Pontuação

Severidade	
1	Efeito bastante insignificante, corrigido imediatamente pela operação.
2	Efeito insignificante, corrigido imediatamente pela manutenção.
3	Efeito menor, o componente sofre uma degradação progressiva caso não seja reparado.
4	Efeito moderado, o componente não desempenha sua função, mas a falha não provoca TRIP na unidade geradora e sua manutenção não exige parada de máquina.
5	Efeito moderado, que não provoca atuação de TRIP na unidade geradora, mas cuja manutenção exige parada de máquina.
6	Efeito moderado que provoca atuação de TRIP na unidade geradora e cuja manutenção exige parada de máquina por um dia ou menos.
7	Efeito crítico que provoca atuação de TRIP na unidade geradora e cuja manutenção exige parada de máquina por mais de um dia.
8	Efeito bastante crítico que provoca atuação de TRIP na unidade geradora e interrompe bruscamente as funções do sistema.
9	Efeito bastante crítico que provoca atuação de BLECAUTE nas unidades geradoras e colapso do processo.
10	Efeitos catastróficos que podem ocasionar danos a bens ou pessoas.

Ocorrência	
1	Sem registro de falha nos últimos 3 anos.
2	1 falha nos últimos 3 anos.
3	2 falhas nos últimos 3 anos.
4	3 falhas nos últimos 3 anos.
5	4 ou 5 falhas nos últimos 3 anos.
6	6 falhas nos últimos 3 anos.
7	7 falhas nos últimos 3 anos.
8	8 falhas nos últimos 3 anos.
9	9 falhas nos últimos 3 anos.
10	10 ou mais falhas nos últimos 3 anos.

Detecção	
1	Falha indicada diretamente pela instrumentação.
3	Falha identificada pelas inspeções diárias da equipe operação (Ex. vazamentos, fluido condensado nos balões de ar).
5	Falha identificada por ruídos anormais, ou indiretamente pela instrumentação.
7	Falha oculta, impossível de ser identificada pelo operador.

ANEXO II



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DAS FALHAS - FMEA

USINA HIDRELÉTRICA DE BALBINA

SISTEMA DE MANCAL

rodrigogsouza@hotmail.com



MANCAL GUIA DA TURBINA

FUNÇÃO	Transferir os esforços radiais do eixo da turbina ao concreto.				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA
1. Cuba	Armazenar óleo de modo a imergir as partes ativas do mancal guia	Armazenamento insuficiente de óleo na cuba	1.1 Baixa pressão de óleo (63MS)	Vazamento de óleo (perda de carga) pelas vedações e conexões do mancal, da tubulação e da serpentina de resfriamento Vazamento de óleo pelas folgas no mancal	- Atuação de TRIP na unidade geradora - Atrito excessivo entre as sapatas e o eixo - Aquecimento anormal
		Perda das características físico-químicas do óleo	1.2 Baixa viscosidade do óleo	Contaminação do óleo com água Má qualidade do óleo	- Corrosão do metal patente - Má formação do filme de óleo - Atrito excessivo entre as sapatas e o eixo - Aquecimento anormal
2. Sapatas	Permitir a formação e manutenção de um filme de óleo (efeito hidrodinâmico) entre o metal patente e o eixo da turbina durante o funcionamento da unidade geradora	Má formação do filme de óleo	2.1 Superaquecimento do óleo (38MJ) e do metal do mancal (38MK)	Folga ou desalinhamento das sapatas Corrosão das peças devido a acidez da água Contaminação do óleo com sujeira e fragmento de metal patente	- Atuação de TRIP na unidade geradora - Atrito excessivo entre as sapatas e o eixo - Maior vibração do eixo - Aquecimento anormal

MANCAL GUIA DO GERADOR

MANCAL GUIA DO GERADOR					
FUNÇÃO	Transferir os esforços radiais do eixo do eixo do gerador ao concreto.				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA
1. Cuba	Armazenar óleo de modo a imergir as partes ativas do mancal guia	Armazenamento insuficiente de óleo na cuba	1.1 Nível baixo de óleo (71MGO)	Vazamento de óleo (perda de carga) pelas vedações e conexões do mancal, da tubulação, dos filtros, dos transmissores, dos trocadores de calor e das motobombas	- Atuação de TRIP na unidade geradora - Atrito excessivo entre as sapatas e o eixo - Aquecimento anormal
				Vazamento de óleo pelas folgas no mancal	
		Perda das características físico-químicas do óleo	1.2 Baixa viscosidade do óleo	Contaminação do óleo com água	- Corrosão do metal patente - Má formação do filme de óleo - Atrito excessivo entre as sapatas e o eixo - Aquecimento anormal
				Má qualidade do óleo	
2. Sapatas	Permitir a formação e manutenção de um filme de óleo (efeito hidrodinâmico) entre o metal patente e o eixo da turbina durante o funcionamento da unidade geradora	Má formação do filme de óleo	2.1 Superaquecimento do óleo (38GMO) e do metal do mancal (38GMM)	Folga ou desalinhamento das sapatas	- Atuação de TRIP na unidade geradora - Atrito excessivo entre as sapatas e o eixo - Maior vibração do eixo - Aquecimento anormal
				Corrosão das peças devido a acidez da água	
				Contaminação do óleo com sujeira e fragmento de metal patente	

MANCAL COMBINADO (GUIA/ESCORA)

MANCAL COMBINADO (GUIA/ESCORA)					
FUNÇÃO	Transferir ao concreto os esforços radiais do eixo do gerador e os esforços axiais da unidade geradora (empuxo hidráulico e peso próprio das peças girantes) além de equalizar os esforços axiais por meio de um conjunto óleo dinâmico.				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA
1. Cuba	Armazenar óleo de modo a imergir as partes ativas do mancal	Armazenamento insuficiente de óleo na cuba	1.1 Nível baixo de óleo (71MC)	Vazamento de óleo (perda de carga) pelas vedações e conexões do mancal, da tubulação, dos filtros, dos transmissores, dos trocadores de calor e das motobombas	- Atuação de TRIP na unidade geradora - Atrito excessivo entre as sapatas e o eixo - Aquecimento anormal
		Perda das características físico-químicas do óleo	1.2 Baixa viscosidade do óleo (DT302)	Contaminação do óleo com água	- Corrosão do metal patente - Má formação do filme de óleo - Atrito excessivo entre as sapatas e o eixo - Aquecimento anormal
				Má qualidade do óleo	
2. Sapatas do mancal guia	Permitir a formação e manutenção de um filme de óleo entre o metal patente e o eixo do gerador	Má formação do filme de óleo	2.1 Superaquecimento do óleo (38MI) e do metal do mancal (38ME)	Folga ou Desalinhamento das sapatas	- Atuação de TRIP na unidade geradora - Atrito excessivo entre as sapatas e o eixo - Maior vibração do eixo - Aquecimento anormal
				Corrosão das peças devido a acidez da água	
				Contaminação do óleo com sujeira e fragmento de metal patente	

3. Sapatas do mancal escora	Permitir a formação e manutenção de um filme de óleo entre a sapata do mancal de escora e o bloco de escora	Má formação do filme de óleo	3.1 Superaquecimento do óleo (38GMO) e do metal do mancal (38GMM)	Folgas nas sapatas	<ul style="list-style-type: none"> - Atuação de TRIP na unidade geradora - Atrito excessivo entre as sapatas e o eixo - Maior vibração do eixo - Aquecimento anormal
				Contaminação do óleo com sujeira e fragmento de metal patente	

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO E RESFRIAMENTO DO MANCAL GUIA DO GERADOR

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO E RESFRIAMENTO DO MANCAL GUIA DO GERADOR					
FUNÇÃO	Dissipar o calor gerado no mancal guia superior e lubrificar seus componentes.				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA
1. Motobombas 01 e 02	Bombear o óleo	Operar abaixo da pressão de 2 bar	1.1 Pressão baixa de óleo na saída das motobombas (63B)	Vazamento de óleo pelo selo mecânico	<ul style="list-style-type: none"> - Desliga a bomba prioritária e liga a bomba reserva na pressão baixa. Caso esta também falhe, provoca TRIP na unidade na unidade geradora. - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha na lubrificação e resfriamento)
				Danificação do acoplamento	
				Corrosão por óleo contaminado ou de má qualidade	
				Cavitação por presença de ar no óleo	
	Operar acima da pressão de 6 bar	1.2 Pressão alta de óleo na saída das motobombas (63B)	Ajuste incorreto		<ul style="list-style-type: none"> - Desliga a bomba prioritária e liga a bomba reserva na pressão alta. Caso esta também falhe, provoca TRIP na unidade na unidade geradora. - Risco de quebra da motobomba - Risco de rompimento das vedações e conexões da tubulação, ocasionando vazamentos - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha no resfriamento)
	Ruído anormal	1.3 Ruído		<ul style="list-style-type: none"> - Desgaste dos rolamentos - Má lubrificação dos rolamentos 	- Risco de quebra da motobomba
Superaquecimento	1.4 Atuação do relé térmico		Afrouxamento de peças internas provocando atrito com o eixo da motobomba	<ul style="list-style-type: none"> - Desliga a bomba prioritária e liga a bomba reserva na pressão baixa. Caso esta também falhe, provoca TRIP na unidade na unidade geradora. - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha na lubrificação e resfriamento) 	
			Lubrificação excessiva		
			Má lubrificação		
2. Trocadores de calor	Resfriar o óleo	Resfriamento insuficiente do óleo	2.1 Baixa diferença de temperatura entre os terminais de entrada e saída de óleo dos trocadores (26OTMGSE) (26OTMGSS). Baixa vazão de água (80GMA). Alta temperatura de saída de água (26ATMGSS)	Incrustação nas placas de inox	<ul style="list-style-type: none"> - Perda das características físico-químicas do óleo - Má formação do filme de óleo
		Vazamento de óleo	2.2 Baixa vazão de óleo	Desgaste nas borrachas de vedação	- Atuação de TRIP na unidade

			(80GMO)	Folgas nas conexões das placas de inox	geradora - Risco de contaminação da carga de óleo - Perda das características físico-químicas do óleo - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha na lubrificação e resfriamento)
		Vazamento de água	2.3 Baixa vazão de água (80GMA)	Folgas nas conexões da tubulação de água	- Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha no resfriamento)
3. Filtros	Filtrar o óleo	Não filtrar o óleo	3.1 Deterioração	Rompimento da manha do filtro Ruptura dos O'rings	- Risco de contaminação da carga de óleo com resíduos.
		Obstruir a passagem de óleo	3.2 Entupimento. Alta pressão diferencial (63FOMGS)	Excesso de impurezas no elemento filtrante	- Comprometimento da lubrificação e resfriamento do sistema
4. Tubulação	Conduzir o óleo	Não conduzir o óleo corretamente	4.1 Vazamento. Baixa vazão de óleo (80GMO)	Folgas nas conexões	- Comprometimento na reposição de óleo ao sistema
				Avarias na tubulação	- Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha na lubrificação e resfriamento)
				Desgaste nas borrachas de vedação	
5. Válvulas	Isolar componentes do sistema e acessórios de supervisão e controle	Não isolar os acessórios de supervisão e controle	5.1 Vazamento.	Deterioração de sede ou contra sede	- Impossibilidade de executar manutenção nos acessórios de supervisão e controle
		Isolar inadequamente os acessórios de supervisão e controle		Engripamento da haste Falta de aperto no fechamento da válvula	- Risco de acidente pessoal
	Limitar a pressão em caso de obstrução do circuito	Não aliviar a pressão	5.2 Sobrepressão. Alta pressão de saída das motobombas (63B)	Ajuste indevido Emperramento	- Risco de atuação de TRIP na unidade geradora
		Operar abaixo da pressão máxima		Obstrução do fluxo por quebra do mecanismo interno	- Risco de rompimento das tubulações e vedações - Risco de quebra da motobomba - Possibilidade de contaminação do meio ambiente - Risco de acidente pessoal
6. Painel de comando e controle	Indicar o status, partir, parar e comutar automaticamente as motobombas. Realizar paradas de emergência.	Perda de indicação de status	6.1 Perda de indicação	Mau contato na fiação Queima de LED's	- Falha na supervisão
		Problemas no automatismo das motobombas	6.2 Problemas de acionamento automático	Má conexão dos bornes da contatora	- Risco de TRIP na unidade geradora - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
				Queima de componentes da cartela eletrônica	
				Bobina das contadoras com resistência ressecada	
		Não obedecer comandos manuais	6.3 Problemas de acionamento manual	Má conexão dos bornes da contatora	- Risco de TRIP na unidade geradora - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
				Queima de componentes da cartela eletrônica	
Bobinas das contadoras com resistência ressecada					
				Contatos danificados	
				Botoeira de comando danificada	

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO E RESFRIAMENTO DO MANCAL COMBINADO

FUNÇÃO	Dissipar o calor gerado no mancal guia superior e lubrificar seus componentes.				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA
1. Motobombas de circulação AI e AJ	Bombear o óleo	Operar abaixo da pressão de 1,2 bar	1.1 Pressão baixa de óleo na saída das motobombas (63LX) (63LY)	Vazamento de óleo pelo selo mecânico	- Desliga a bomba prioritária e liga a bomba reserva na pressão baixa. Caso esta também falhe, provoca TRIP na unidade na unidade geradora. - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha na lubrificação e resfriamento)
				Danificação do acoplamento	
				Corrosão por óleo contaminado ou de má qualidade	
				Cavitação por presença de ar no óleo	
				Defeito elétrico (pólos danificados)	
		Ruído anormal	1.2 Ruído	Desgaste dos rolamentos Má lubrificação dos rolamentos	- Risco de quebra da motobomba
Superaquecimento	1.3 Atuação do relé térmico	Afrouxamento de peças internas provocando atrito com o eixo da motobomba	- Desliga a bomba prioritária e liga a bomba reserva na pressão baixa. Caso esta também falhe, provoca TRIP na unidade na unidade geradora. - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha na lubrificação e resfriamento)		
		Lubrificação excessiva			
		Má lubrificação			
2. Motobombas de injeção AG e AH	Bombear o óleo	Operar abaixo da pressão de 35 bar	2.1 Pressão baixa de óleo na saída das motobombas (63LV) (63LW)	Vazamento de óleo pelo selo mecânico	- Desliga a bomba prioritária e liga a bomba reserva na pressão baixa. Caso esta também falhe, provoca TRIP na unidade na unidade geradora. - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha na lubrificação e resfriamento)
				Danificação do acoplamento	
				Corrosão por óleo contaminado ou de má qualidade	
				Cavitação por presença de ar no óleo	
				Defeito elétrico (pólos danificados)	
		Ruído anormal	2.2 Ruído	Desgaste dos rolamentos Má lubrificação dos rolamentos	- Risco de quebra da motobomba
Superaquecimento	2.3 Atuação do relé térmico	Afrouxamento de peças internas provocando atrito com o eixo da motobomba	- Desliga a bomba prioritária e liga a bomba reserva na pressão baixa. Caso esta também falhe, provoca TRIP na unidade na unidade geradora. - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha na lubrificação e resfriamento)		
		Lubrificação excessiva			
		Má lubrificação			
3. Trocadores de calor	Resfriar o óleo	Resfriamento insuficiente do óleo	3.1 Baixa diferença de temperatura entre os terminais de entrada e saída de óleo dos trocadores (26OTMCE) (DT302-T). Baixa vazão de água (80GMM). Alta temperatura de saída de água (26ATMCS)	Incrustação nas placas de inox	- Perda das características físico-químicas do óleo - Má formação do filme de óleo

		Vazamento de óleo	3.2 Baixa vazão de óleo (80LP)	Desgaste nas borrachas de vedação Folgas nas conexões das placas de inox	- Atuação de TRIP na unidade geradora - Risco de contaminação da carga de óleo - Perda das características físico-químicas do óleo - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha na lubrificação e resfriamento)
		Vazamento de água	3.3 Baixa vazão de água (80GMM)	Folgas nas conexões da tubulação de água	- Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha no resfriamento)
4. Filtros	Filtrar o óleo	Não filtrar o óleo	4.1 Deterioração	Rompimento da manha do filtro Ruptura dos O'rings	- Risco de contaminação da carga de óleo com resíduos.
		Obstruir a passagem de óleo	4.2 Entupimento. Alta pressão diferencial (63MB)	Excesso de impurezas no elemento filtrante	- Comprometimento da lubrificação e resfriamento do sistema
5. Tubulação	Conduzir o óleo	Não conduzir o óleo corretamente	5.1 Vazamento. Baixa vazão de óleo (80LP)	Folgas nas conexões	- Comprometimento na reposição de óleo ao sistema - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha na lubrificação e resfriamento)
				Avarias na tubulação	
				Desgaste nas borrachas de vedação	
6. Válvulas	Isolar componentes do sistema e acessórios de supervisão e controle	Não isolar os acessórios de supervisão e controle	6.1 Vazamento	Deterioração de sede ou contra sede	- Impossibilidade de executar manutenção nos acessórios de supervisão e controle - Risco de acidente pessoal
		Isolar inadequamente os acessórios de supervisão e controle		Engripamento da haste Falta de aperto no fechamento da válvula	
	Limitar a pressão em caso de obstrução do circuito	Não aliviar a pressão	6.2 Sobrepressão. Alta pressão de saída das motobombas (63LW) (63LV) (63LX) (63LY)	Ajuste indevido	- Atuação de TRIP na unidade geradora - Risco de rompimento das tubulações e vedações - Risco de quebra da motobomba - Possibilidade de contaminação do meio ambiente - Risco de acidente pessoal
		Operar abaixo da pressão máxima		Obstrução do fluxo por quebra do mecanismo interno	
7. Painel de comando e controle	Indicar o status, partir, parar e comutar automaticamente as motobombas. Realizar paradas de emergência.	Perda de indicação de status	7.1 Perda de indicação	Mau contato na fiação Queima de LED's	- Falha na supervisão
		Problemas no automatismo das motobombas	7.2 Problemas de acionamento automático	Má conexão dos bornes da contatora	- Risco de TRIP na unidade geradora - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
				Queima de componentes da cartela eletrônica	
				Bobinas das contadoras com resistência ressecada	
		Não obedecer comandos manuais	7.3 Problemas de acionamento manual	Má conexão dos bornes da contatora	- Risco de TRIP na unidade geradora - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
				Queima de componentes da cartela eletrônica	
Bobinas das contadoras com resistência ressecada					
Contatos danificados					
Botoeira de comando danificada					

PONTUAÇÕES – SISTEMA DE MANCAL

MANCAL GUIA DA TURBINA																								
UGH-01					UGH-02					UGH-03					UGH-04					UGH-05				
ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE			
	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)
1.1	7	2	1	35	1.1	7	1	1	70	1.1	7	2	1	70	1.1	7	1	1	105	1.1	7	1	1	35
1.2	5	1	7		1.2	5	2	7		1.2	5	2	7		1.2	5	3	7		1.2	5	1	7	
2.1	7	2*	5	70	2.1	7	1	5	35	2.1	7	1	5	35	2.1	7	1	5	35	2.1	7	1	5	35

* Corrosão das peças do mancal devido à acidez da água.

MANCAL GUIA DO GERADOR																								
UGH-01					UGH-02					UGH-03					UGH-04					UGH-05				
ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE			
	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)
1.1	7	6	1	42	1.1	7	1	1	70	1.1	7	1	1	35	1.1	7	2	1	35	1.1	7	6	1	42
1.2	5	1	7		1.2	5	2	7		1.2	5	1	7		1.2	5	1	7		1.2	5	1	7	
2.1	8	1	1	8	2.1	8	1	1	8	2.1	8	1	1	8	2.1	8	1	1	8	2.1	8	1	1	8

MANCAL COMBINADO (GUIA/ESCORA)																								
UGH-01					UGH-02					UGH-03					UGH-04					UGH-05				
ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE			
	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)
1.1	7	2	1	14	1.1	7	3	1	21	1.1	7	2	1	14	1.1	7	6	1	42	1.1	7	4	1	28
1.2	5	1	1		1.2	5	3	1		1.2	5	1	1		1.2	5	1	1		1.2	5	1	1	
2.1	8	1	1	8	2.1	8	1	1	8	2.1	8	1	1	8	2.1	8	1	1	8	2.1	8	1	1	8
3.1	8	1	1	8	3.1	8	1	1	8	3.1	8	1	1	8	3.1	8	1	1	8	3.1	8	1	1	8

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO E RESFRIAMENTO DO MANCAL GUIA DO GERADOR																												
UGH-01					UGH-02					UGH-03					UGH-04					UGH-05								
ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE							
	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AValiação GERAL (NPR)
1.1	4	1	1	15	1.1	4	4	1	30	1.1	4	2	1	15	1.1	4	1	1	15	1.1	4	3	1	15				
1.2	4	1	1		1.2	4	2	1		1.2	4	1	1		1.2	4	1	1		1.2	4	1	1		1.2	4	1	1
1.3	3	1	5		1.3	3	2	5		1.3	3	1	5		1.3	3	1	5		1.3	3	1	5		1.3	3	1	5
1.4	4	1	1		1.4	4	2	1		1.4	4	1	1		1.4	4	1	1		1.4	4	1	1		1.4	4	1	1
2.1	2	4	1	7	2.1	2	5	1	10	2.1	2	4	1	14	2.1	2	5	1	10	2.1	2	10*	1	20				
2.2	7	1	1		2.2	7	1	1		2.2	7	2	1		2.2	7	1	1		2.2	7	1	1		2.2	7	2	1
2.3	3	1	1		2.3	3	2	1		2.3	3	3	1		2.3	3	1	1		2.3	3	1	1		2.3	3	2	1

3.1	4	1	7	20	3.1	4	2	7	56	3.1	4	1	7	28	3.1	4	1	7	28	3.1	4	1	7	24
3.2	4	5	1		3.2	4	1	1		3.2	4	2	1		3.2	4	3	1		3.2	4	6	1	
4.1	5	1	3	15	4.1	5	1	3	15	4.1	5	1	3	15	4.1	5	3	3	45	4.1	5	2	3	30
5.1	3	1	3	9	5.1	3	1	3	9	5.1	3	1	3	9	5.1	3	1	3	9	5.1	3	1	3	9
5.2	6	1	1		5.2	6	1	1		5.2	6	1	1		5.2	6	1	1		5.2	6	1	1	
6.1	1	1	1	36	6.1	1	1	1	54	6.1	1	1	1	72	6.1	1	1	1	36	6.1	1	1	1	18
6.2	6	2	3		6.2	6	2	3		6.2	6	4	3		6.2	6	2	3		6.2	6	1	3	
6.3	6	1	3		6.3	6	3	3		6.3	6	2	3		6.3	6	1	3		6.3	6	1	3	

*Quantidade de limpezas nos trocadores de calor (UGH-05): 18.

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO E RESFRIAMENTO DO MANCAL COMBINADO																								
UGH-01					UGH-02					UGH-03					UGH-04					UGH-05				
ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE			
	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVLIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVLIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVLIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVLIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVLIAÇÃO GERAL (NPR)
1.1	4	1	1	15	1.1	4	4	1	16	1.1	4	1	1	15	1.1	4	1	1	15	1.1	4	5	1	20
1.2	3	1	5		1.2	3	1	5		1.2	3	1	5		1.2	3	1	5		1.2	3	1	5	
1.3	4	1	1		1.3	4	1	1		1.3	4	1	1		1.3	4	1	1		1.3	4	1	1	
2.1	6	1	1	15	2.1	6	5	1	30	2.1	6	1	1	15	2.1	6	1	1	15	2.1	6	1	1	15
2.2	3	1	5		2.2	3	1	5		2.2	3	1	5		2.2	3	1	5		2.2	3	1	5	
2.3	4	1	1		2.3	4	1	1		2.3	4	1	1		2.3	4	1	1		2.3	4	1	1	
3.1	2	3	1	7	3.1	2	8	1	21	3.1	2	10*	1	20	3.1	2	10**	1	20	3.1	2	10***	1	28
3.2	7	1	1		3.2	7	3	1		3.2	7	1	1		3.2	7	1	1		3.2	7	1	1	
3.3	3	1	1		3.3	3	2	1		3.3	3	1	1		3.3	3	2	1		3.3	3	8	1	
4.1	4	4	7	112	4.1	4	2	7	56	4.1	4	1	7	28	4.1	4	2	7	56	4.1	4	1	7	28

4.2	4	1	1		4.2	4	1	1		4.2	4	1	1		4.2	4	1	1		4.2	4	2	1	
5.1	5	2	3	30	5.1	5	1	3	15	5.1	5	2	3	30	5.1	5	1	3	15	5.1	5	1	3	15
6.1	3	1	3	9	6.1	3	3	3	27	6.1	3	1	3	9	6.1	3	1	3	9	6.1	3	1	3	9
6.2	6	1	1		6.2	6	2	1		6.2	6	1	1		6.2	6	1	1		6.2	6	1	1	
7.1	1	1	1	90	7.1	1	1	1	54	7.1	1	1	1	90	7.1	1	1	1	72	7.1	1	2	1	18
7.2	6	5	3		7.2	6	3	3		7.2	6	5	3		7.2	6	4	3		7.2	6	1	3	
7.3	6	1	3		7.3	6	3	3		7.3	6	3	3		7.3	6	2	3		7.3	6	1	3	

*Quantidade de limpezas nos trocadores de calor (UGH-03): 12.

**Quantidade de limpezas nos trocadores de calor (UGH-04): 19.

***Quantidade de limpezas nos trocadores de calor (UGH-05): 48.



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DAS FALHAS - FMEA

USINA HIDRELÉTRICA DE BALBINA

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE

rodrigogsouza@hotmail.com



SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DO DISTRIBUIDOR

FUNÇÃO	Distribuir igualmente o fluxo de água nas pás da turbina, de modo a manter constante a velocidade de rotação do eixo				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA
1. Servomotor	Acionar o movimento das palhetas	Vazamento	1.1 Vazamento	Vazamento de óleo pelas tubulações e pelos diafragmas das câmaras de abertura e fechamento	- Contaminação do meio ambiente - Contaminação do poço de drenagem da turbina com óleo - Perda de precisão no posicionamento das palhetas - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
		Desgaste	1.2 Desgaste	Corrosão dos garfos de articulação Corrosão da pintura anti-oxidação	- Degradação progressiva dos servomotores
2. Palheta diretriz	Direcionar o fluxo de água à roda da turbina de modo a garantir uma vazão constante	Erosão por cavitação	2.1 Corrosão	Desalinhamento das palhetas	- Risco de escoamento turbulento - Vibrações excessivas na palheta e nas pás da turbina - Má qualidade na geração de energia - Desgaste acentuado
				Envelhecimento e desgaste da pintura	
3. Bucha	Fixar a palheta diretriz ao cubo guia e às tampas	Má fixação das palhetas	3.1 Existência de folgas entre a palheta diretriz e as tampas	Falta de ajuste Montagem incorreta Bucha com lábios deteriorados	- Vazamento de água - Cavitação nas palhetas
4. Vedações	Garantir estanqueidade do circuito hidráulico	Vazamento	4.1 Vazamento	Borrachas de vedação desgastadas	- Contaminação do meio ambiente - Perda de precisão no posicionamento das palhetas
5. Anel de sincronismo	Garantir a movimentação sincronizada das palhetas	Desgaste excessivo	5.1 Desgaste	Falta de óleo de lubrificação	- Degradação progressiva do mecanismo de acionamento das palhetas
6. Pino de cisalhamento	Romper quando durante o fechamento do distribuidor um corpo estranho ficar entre duas diretrizes, protegendo as demais peças do mecanismo de regulação e diretrizes	Ruptura	6.1 Atuação dos relés “ruptura de pinos de tração das palhetas” (94MAX11) (33MAX11)	Obstrução do movimento das palhetas devido à presença de um corpo estranho entre as mesmas	- Atuação de TRIP na unidade geradora
7. Travas de segurança	Travar os servomotores, mantendo o distribuidor na posição aberta durante a inspeção. Evitando assim um fechamento acidental e a partida da unidade	Não travar o servomotor	7.1 Não atuação do relé “trava do distribuidor fechado aplicada” (33CCX1)	Dispositivo mecânico de encaixe da trava fora de ajuste Vazamento de óleo pelo sistema hidráulico de acionamento das travas Desgaste excessivo dos contatos fim de curso de indicação de trava aplicada	- Risco de acidente pessoal - Impossibilidade de se realizar manutenção no distribuidor
			7.2 Não atuação do relé “trava do distribuidor fechado	Dispositivo mecânico de encaixe da trava fora de ajuste	- Impossibilidade de partir a unidade geradora

			desaplicada" (33CDX1)	Desgaste excessivo dos contatos fim de curso de indicação de trava desaplicada	
SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE RESFRIAMENTO					
FUNÇÃO	Resfriar o óleo de regulação, de modo que não perca suas características de compressão e viscosidade, garantindo o funcionamento correto do sistema hidráulico de regulação de velocidade.				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA
1. Trocador de calor	Resfriar o óleo	Resfriamento insuficiente do óleo	1.1 Alta temperatura do óleo na saída dos trocadores (26LK). Baixa vazão de água (80MN). Alta temperatura de saída de água (26AR)	Incrustação nas placas de inox dos trocadores	- Perda das características físico-químicas do óleo - Má formação do filme de óleo
		Vazamento de óleo	1.2 Vazamento (DTOR)	Desgaste nas borrachas de vedação Folgas nas conexões das placas de inox	- Risco de contaminação da carga de óleo - Perda das características físico-químicas do óleo - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha no resfriamento)
		Vazamento de água	1.3 Baixa vazão de água (80MN)	Folgas nas conexões da tubulação de água	- Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha no resfriamento)
2. Válvulas	Direcionar o fluxo de água a um dos trocadores de calor	Direcionar inadequadamente o fluxo de água	2.1 Vazamento. Baixa vazão de água (80MN)	Deterioração da sede ou contra-sede	- Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha no resfriamento) - Risco de TRIP da máquina por temperatura alta de óleo
		Não direcionar o fluxo de água	2.2 Obstrução de fluxo (80MN)	Quebra do mecanismo interno Emperramento da haste	- Distúrbio no funcionamento normal do sistema (falha no resfriamento) - Grande risco de TRIP da máquina por temperatura alta de óleo

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE ÓLEO					
FUNÇÃO	Alimentar com óleo o acumulador ar/óleo				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA
1. Tanque sem pressão	Armazenar óleo	Vazamento nas válvulas, na tubulação ou nas conexões da instrumentação	1.1 Baixo nível de óleo (71LI)	Folgas nas conexões da tubulação	- Perda de pressão na linha de óleo - Mau funcionamento da válvula detectora de pressão.
				Engripamento da haste das válvulas	- Distúrbio no funcionamento normal do sistema - Atuação de TRIP na unidade geradora - Desliga as motobombas e bloqueia a partida
2. Motobombas AE e AF	Bombear óleo para o acumulador ar/óleo	Operar abaixo da pressão de 36,8 bar	2.1 Pressão baixa de óleo na saída das motobombas (63CR) (94XKT1.1) (94DEFX.1)	Vazamento de óleo pelo selo mecânico	- Desliga a bomba prioritária e liga a bomba reserva na pressão baixa. Caso esta também falhe, provoca TRIP na unidade na unidade geradora. - Distúrbio no funcionamento normal do sistema (má lubrificação e resfriamento)
				Danificação do acoplamento	
Corrosão dos rolamentos por óleo contaminado ou de má qualidade Cavitação do rotor por presença de ar no óleo					
		Ruído anormal	2.2 Ruído	Desgaste dos rolamentos Má lubrificação dos rolamentos	- Risco de quebra da motobomba
3. Válvula de intermitência	Controlar o fluxo de óleo das motobombas para o tanque sem pressão ou para o acumulador	Não controlar o fluxo de óleo	3.1 Não obedece comando (CN/CO)	Micro switch desajustada	- Perda de automatismo - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
			3.2 Vazamento	Deterioração da sede ou contra-sede	- Perda gradativa da carga de óleo podendo levar a parada do grupo por nível muito baixo (71LI)

	ar/óleo		3.3 Obstrução de fluxo (26LK)	Quebra do mecanismo interno Emperramento da haste	- Comanda o fechamento da válvula de isolamento - Atuação de TRIP na unidade geradora
4. Válvula de isolamento	Isolar o acumulador ar/óleo para proteção do funcionamento ou manutenção	Não isolar o acumulador	4.1 Não obedece comando (BB)	Micro switch desajustada	- Perda de automatismo - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
		Isolar inadequadamente o acumulador	4.2 Vazamento	Deterioração da sede ou contra-sede	- Impossibilidade de executar manutenção no acumulador. - Perda de proteção de nível de óleo muito baixo
				Quebra do mecanismo interno Emperramento da haste	
5. Válvula detectora de pressão	Pilotar a válvula de intermitência, mantendo constante a pressão na linha de óleo	Pilotar inadequadamente a válvula de intermitência	5.1 Vazamento	Deterioração da sede ou contra-sede	- Perda gradativa da carga de óleo podendo levar a parada do grupo por nível muito baixo (71LE)
			5.2 Obstrução de fluxo na abertura da válvula (63CR) (71LE)	Quebra do mecanismo interno	- Pressão baixa na linha de óleo - Nível baixo no acumulador ar/óleo - Risco de TRIP na unidade geradora por nível baixo no acumulador
				Emperramento da haste	
5.3 Obstrução de fluxo no fechamento da válvula (63CR) (26LK)	Quebra do mecanismo interno	- Pressão alta na linha de óleo - Alta temperatura de óleo - Distúrbio no funcionamento do sistema de resfriamento - Perda das características físicas do óleo			
	Emperramento da haste				
6. Filtro	Filtrar o óleo	Não filtrar o óleo	6.1 Deterioração (DTOR)	Rompimento da manha do filtro Ruptura dos O'rings	- Risco de contaminação da carga de óleo - vazamento de óleo
		Obstruir a passagem de óleo	6.2 Entupimento.	Excesso de impurezas no elemento filtrante	- Comprometimento do resfriamento do sistema - Alta temperatura do óleo (26LK)
7. Painel de comando, controle e soft start	Indicar o status, partir, parar e comutar automaticamente as motobombas. Realizar paradas de emergência.	Perda de indicação de status	7.1 Perda de indicação	Mau contato na fiação Queima de LED's	- Falha na supervisão
		Problemas no automatismo das motobombas	7.2 Problemas de acionamento automático	Má conexão dos bornes da contatora	- Risco de TRIP na unidade geradora - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
				Queima de componentes da cartela eletrônica	
				Bobina das contadoras com resistência ressecada Contatos danificados	
		Não obedecer comandos manuais	7.3 Problemas de acionamento manual	Má conexão dos bornes da contatora	- Risco de TRIP na unidade geradora - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
				Queima de componentes da cartela eletrônica Bobinas das contadoras com resistência ressecada Contatos danificados	
Falha nos dispositivos de sobrevelocidade	7.4 Atuação das proteções (12LA) (12LB) (R29) (94SVX.1) (94SVX.2) (94SVX1)	Má conexão dos bornes da contatora	- Risco de TRIP na unidade geradora - Distúrbio no funcionamento normal do sistema - Distúrbio no controle de velocidade do sistema		
		Queima de componentes da cartela eletrônica Bobinas das contadoras com resistência ressecada Contatos danificados			
Falha na soft start	7.5 Atuação da proteção R27 (sub-tensão)	Falta de ajuste dos relés	- Defeito na partida das motobombas AE e AF - Risco de TRIP na unidade geradora		

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE COMANDO HIDRÁULICO

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE COMANDO HIDRÁULICO					
FUNÇÃO	Dissipar o calor gerado no mancal guia superior e lubrificar seus componentes.				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA
1. Acumulador ar/óleo	Armazenamento de óleo pressurizado de 31 a 41 bar (pressão normal de operação 34 a 40 bar) para a movimentação das palhetas do distribuidor	Sobrepessão acima de 41 bar	1.1 Sobrepessão (63LG)	Emperramento na posição aberta da válvula de alimentação de ar comprimido BV e não atuação da válvula de segurança dos acumuladores de ar e ar/óleo	- Sobrepessão na linha de óleo - Rompimento de vedações e tubulações - Risco de acidente pessoal - Risco iminente de indisponibilidade do sistema de regulação da unidade
		Pressão abaixo de 31 bar	1.2 Baixa pressão (63LF)	Vazamento de óleo devido ao rompimento na tubulação, válvulas e acessórios	- Contaminação do meio ambiente (óleo) - Atuação de TRIP na unidade geradora por indisponibilidade do sistema de regulação
				Vazamento de ar devido ao rompimento na tubulação e acessórios de alimentação de ar no acumuladores	
Não reposição de óleo para o sistema pelas motobombas					
2. Válvula distribuidora	Transformar o sinal hidráulico, oriundo a válvula piloto, em comando hidráulico para acionamento dos servomotores	Não controlar o fluxo de óleo	2.1 Não obedece comando (BA)	Micro switch desajustada	- Perda de automatismo - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
			2.2 Vazamento	Deterioração da sede ou contra-sede	- Perda gradativa da carga de óleo podendo levar a parada do grupo por nível muito baixo
			2.3 Obstrução de fluxo (63CR)	Quebra do mecanismo interno	- Comanda o fechamento da válvula de isolamento
				Emperramento da haste	- Atuação de TRIP na unidade geradora

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE AR DE REGULAÇÃO

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE AR DE REGULAÇÃO					
FUNÇÃO	Fornecer ar para o acumulador ar/óleo de modo a manter constante a pressão de óleo no mesmo.				
COMPONENTE	FUNÇÃO DO COMPONENTE	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	CAUSA DA FALHA	EFEITOS DA FALHA
1. Acumulador de ar	Armazenamento de ar sob pressão de 31 a 41 bar (pressão normal de operação 34 a 40 bar)	Sobrepessão acima de 41 bar	1.1 Sobrepessão (63LG)	Emperramento na posição aberta da válvula de alimentação de ar comprimido BV e não atuação da válvula de segurança do acumulador de ar	- Risco de sobrepessão na linha de óleo - Risco de rompimento de vedações e tubulações
		Pressão abaixo de 31 bar	1.2 Baixa pressão (63LF)	Obstrução de fluxo na eletroválvula BV	- Contaminação do meio ambiente (óleo) - Atuação de TRIP na unidade geradora por indisponibilidade do sistema de regulação
				Vazamento de ar devido ao rompimento na tubulação e acessórios de alimentação de ar no acumuladores	
Não reposição de óleo para o sistema pelas motobombas					
2. Eletroválvula BV	Controlar o fluxo de ar do balão de ar de regulação (50 bar) para os acumuladores de ar	Não controlar o fluxo de ar	2.1 Não obedece comando (BV.C/BV.O)	Micro switch desajustada	- Impossibilidade de reposição automática de ar - Distúrbio no funcionamento normal do sistema
			2.2 Vazamento (63LG)	Deterioração da sede ou contra-sede	- Aumento na pressão dos acumuladores de ar e ar/óleo
			2.3 Obstrução de fluxo (63LF)	Quebra do mecanismo interno	- Perda gradativa de pressão no sistema, podendo levar a atuação de TRIP na unidade geradora por pressão baixa no acumulador ar/óleo
				Emperramento da haste	

PONTUAÇÕES – SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DO DISTRIBUIDOR																								
UGH-01					UGH-02					UGH-03					UGH-04					UGH-05				
ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE			
	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)
1.1	5	3	3	45	1.1	5	3	3	45	1.1	5	4	3	60	1.1	5	4	3	60	1.1	5	5	3	75
1.2	5	1	7		1.2	5	1	7		1.2	5	1	7		1.2	5	1	7		1.2	5	1	7	
2.1	5	1	7	35	2.1	5	1	7	35	2.1	5	1	7	35	2.1	5	1	7	35	2.1	5	1	7	35
3.1	5	1	7	35	3.1	5	1	7	35	3.1	5	1	7	35	3.1	5	1	7	35	3.1	5	1	7	35
4.1	5	1	3	15	4.1	5	1	3	15	4.1	5	1	3	15	4.1	5	1	3	15	4.1	5	1	3	15
5.1	3	1	7	21	5.1	3	1	7	21	5.1	3	1	7	21	5.1	3	1	7	21	5.1	3	1	7	21
6.1	8	1	1	8	6.1	8	1	1	8	6.1	8	1	1	8	6.1	8	1	1	8	6.1	8	1	1	8
7.1	8	1	1	8	7.1	8	2	1	24	7.1	8	1	1	8	7.1	8	1	1	16	7.1	8	1	1	8
7.2	8	1	1		7.2	8	3	1		7.2	8	1	1		7.2	8	2	1		7.2	8	1	1	

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE RESFRIAMENTO																								
UGH-01					UGH-02					UGH-03					UGH-04					UGH-05				
ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE			
	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)
1.1	2	5	1	21	1.1	2	5	1	42	1.1	2	10*	1	42	1.1	2	10**	1	21	1.1	2	10***	1	21
1.2	7	1	3		1.2	7	2	3		1.2	7	2	3		1.2	7	1	3		1.2	7	1	3	

1.3	3	1	1		1.3	3	1	1		1.3	3	1	1		1.3	3	1	1		1.3	3	1	1	
2.1	4	1	1	4	2.1	4	1	1	4	2.1	4	1	1	4	2.1	4	1	1	8	2.1	4	1	1	4
2.2	4	1	1		2.2	4	1	1		2.2	4	1	1		2.2	4	2	1		2.2	4	1	1	

*Quantidade de limpezas nos trocadores de calor (UGH-03): 13.

**Quantidade de limpezas nos trocadores de calor (UGH-04): 25.

***Quantidade de limpezas nos trocadores de calor (UGH-05): 31.

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE ÓLEO																								
UGH-01					UGH-02					UGH-03					UGH-04					UGH-05				
ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE			
	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)
1.1	6	5	1	30	1.1	6	4	1	24	1.1	6	1	1	6	1.1	6	1	1	6	1.1	6	3	1	18
2.1	4	1	1	15	2.1	4	1	1	15	2.1	4	1	1	30	2.1	4	1	1	15	2.1	4	1	1	15
2.2	3	1	5		2.2	3	1	5		2.2	3	2	5		2.2	3	1	5		2.2	3	1	5	
3.1	4	1	1	30	3.1	4	1	1	30	3.1	4	1	1	30	3.1	4	1	1	30	3.1	4	1	1	30
3.2	3	1	7		3.2	3	1	7		3.2	3	1	7		3.2	3	1	7		3.2	3	1	7	
3.3	6	1	5		3.3	6	1	5		3.3	6	1	5		3.3	6	1	5		3.3	6	1	5	
4.1	4	2	1	21	4.1	4	1	1	21	4.1	4	1	1	21	4.1	4	3	1	21	4.1	4	1	1	21
4.2	3	1	7		4.2	3	1	7		4.2	3	1	7		4.2	3	1	7		4.2	3	1	7	
5.1	3	1	7	30	5.1	3	1	7	30	5.1	3	1	7	30	5.1	3	1	7	30	5.1	3	1	7	30
5.2	6	1	5		5.2	6	1	5		5.2	6	1	5		5.2	6	1	5		5.2	6	1	5	
5.3	6	1	5		5.3	6	1	5		5.3	6	1	5		5.3	6	1	5		5.3	6	1	5	
6.1	4	4	7	112	6.1	4	2	7	56	6.1	4	2	7	56	6.1	4	2	7	56	6.1	4	1	7	28
6.2	4	1	1		6.2	4	1	1		6.2	4	1	1		6.2	4	1	1		6.2	4	1	1	
7.1	1	3	1	48	7.1	1	1	1	36	7.1	1	1	1	48	7.1	1	1	1	18	7.1	1	1	1	18
7.2	6	3	3		7.2	6	2	3		7.2	6	1	3		7.2	6	1	3		7.2	6	1	3	

7.3	6	2	3		7.3	6	1	3		7.3	6	3	3		7.3	6	1	3		7.3	6	1	3	
7.4	5	1	1	5	7.4	5	2	1	10	7.4	5	2	1	10	7.4	5	1	1	5	7.4	5	1	1	5
7.5	4	2	1	8	7.5	4	2	1	8	7.5	4	1	1	4	7.5	4	1	1	4	7.5	4	2	1	8

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE COMANDO HIDRÁULICO

UGH-01					UGH-02					UGH-03					UGH-04					UGH-05				
ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE			
	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)
1.1	5	1	1	7	1.1	5	1	1	7	1.1	5	1	1	7	1.1	5	1	1	7	1.1	5	1	1	7
1.2	7	1	1		1.2	7	1	1		1.2	7	1	1		1.2	7	1	1		1.2	7	1	1	
2.1	4	1	1	30	2.1	4	1	1	30	2.1	4	1	1	30	2.1	4	1	1	30	2.1	4	1	1	30
2.2	3	1	7		2.2	3	1	7		2.2	3	1	7		2.2	3	1	7		2.2	3	1	7	
2.3	6	1	5		2.3	6	1	5		2.3	6	1	5		2.3	6	1	5		2.3	6	1	5	

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE AR DE REGULAÇÃO

UGH-01					UGH-02					UGH-03					UGH-04					UGH-05				
ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE				ID DO MODO DE FALHA	FATORES PARA AVALIAÇÃO DO COMPONENTE			
	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	AVALIAÇÃO GERAL (NPR)
1.1	5	1	1	7	1.1	5	1	1	7	1.1	5	1	1	7	1.1	5	1	1	7	1.1	5	1	1	7
1.2	7	1	1		1.2	7	1	1		1.2	7	1	1		1.2	7	1	1		1.2	7	1	1	
2.1	4	1	1	30	2.1	4	1	1	30	2.1	4	1	1	30	2.1	4	1	1	30	2.1	4	1	1	30
2.2	3	1	5		2.2	3	1	5		2.2	3	1	5		2.2	3	1	5		2.2	3	1	5	
2.3	6	1	5		2.3	6	1	5		2.3	6	1	5		2.3	6	1	5		2.3	6	1	5	

ANEXO III

Planos de Manutenção

MANCAL GUIA DA TURBINA	
COMPONENTE	TAREFA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO
1. Cuba	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de funcionalidade do indicador de pressão da cuba (5A) - Ensaiar a proteção de nível de óleo (5A) - Verificar estanqueidade das tubulações, válvulas e tampas de acesso (3A) - Verificar aperto dos parafusos de fixação da tampa e suporte (10A) - Filtrar o óleo da cuba e realizar análise laboratorial de sua composição (3A)
2. Sapatas	<ul style="list-style-type: none"> - Ensaiar a proteção de temperatura do metal (5A) - Realizar alinhamento e ajuste de folga das sapatas (10A) - Verificar estado geral quanto a corrosão (5A)

MANCAL GUIA DO GERADOR	
COMPONENTE	TAREFA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO
1. Cuba	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de funcionalidade do indicador de pressão da cuba (5A) - Ensaiar a proteção de nível de óleo (5A) - Verificar estanqueidade das tubulações, válvulas e tampas de acesso (1A) - Filtrar o óleo da cuba e realizar análise laboratorial de sua composição (3A) - Substituir o anel de vedação da tampa inferior da cuba do mancal (10A) - Verificar aperto dos parafusos de fixação da tampa (10A) - Medir e anotar a resistência de isolamento do mancal (1A)
2. Sapatas	<ul style="list-style-type: none"> - Ensaiar a proteção de temperatura do metal (5A) - Realizar alinhamento e ajuste de folga das sapatas (10A) - Verificar estado geral quanto a corrosão (5A)

MANCAL COMBINADO (GUIA/ESCORA)	
COMPONENTE	TAREFA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO
1. Cuba	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de funcionalidade do indicador de pressão da cuba (5A) - Ensaiar a proteção de nível de óleo (5A) - Verificar estanqueidade das tubulações, válvulas e tampas de acesso (3A) - Filtrar o óleo da cuba e realizar análise laboratorial de sua composição (5A) - Verificar aperto dos parafusos de fixação da tampa e suporte (10A)
2. Sapatas do mancal guia	<ul style="list-style-type: none"> - Ensaiar a proteção de temperatura do metal (5A) - Realizar alinhamento e ajuste de folga das sapatas (10A) - Verificar estado geral quanto a corrosão
3. Sapatas do mancal escora	<ul style="list-style-type: none"> - Ensaiar a proteção de temperatura do metal (5A) - Verificar o estado das membranas toroidais e do bloco de escora (10A) - Verificar estado geral quanto a corrosão (5A)

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO E RESFRIAMENTO DO MANCAL GUIA DO GERADOR	
COMPONENTE	TAREFA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO
1. Motobombas 01 e 02	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar ajuste do pressostato de alta pressão das bombas 01 e 02 (1A) - Realizar ensaios funcionais nas motobombas (medição de corrente e pressão de recalque) (1A) - Verificar estanqueidade das vedações e o estado de conservação dos acoplamentos (1A) - Lubrificar o acoplamento (1A) - Verificar a fixação das motobombas às bases (10A)
2. Trocadores de calor	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de funcionalidade dos instrumentos de medição (temperatura e vazão) (1A) - Inspeccionar as placas (1A)

3. Filtros	- Verificar o estado geral de conservação (1A) - Limpeza do circuito de óleo com querosene
4. Tubulação	- Verificar estanqueidade, estado de limpeza e pintura das tubulações de óleo e água (1A) - Efetuar purga para retirada de ar
5. Válvulas	- Verificar estanqueidade, estado de limpeza (1A)
6. Painel de comando e controle	- Efetuar limpeza (1A) - Verificar estado geral dos contatores (1A) - Reapertar os bornes e conexões (1A)

SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO E RESFRIAMENTO DO MANCAL COMBINADO

COMPONENTE	TAREFA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO
1. Motobombas de circulação AI e AJ	- Verificar ajuste do pressostato de alta pressão das bombas AI e AJ (1A) - Realizar ensaios funcionais nas motobombas (medição de corrente e pressão de recalque) (1A) - Verificar estanqueidade das vedações e o estado de conservação do acoplamento (1A) - Lubrificar o acoplamento (1A) - Verificar a fixação das motobombas às bases (10A)
2. Motobombas de injeção AG e AH	- Verificar ajuste do pressostato de alta pressão das bombas AG e AH (1A) - Realizar ensaios funcionais nas motobombas (medição de corrente e pressão de recalque) (1A) - Verificar estanqueidade das vedações e o estado de conservação dos acoplamentos (1A) - Verificar a fixação das motobombas às bases (10A)
3. Trocadores de calor	- Verificar estado de funcionalidade dos instrumentos de medição (temperatura e vazão) (1A) - Inspeccionar as placas (1A)
4. Filtros	- Verificar o estado geral de conservação (1A) - inspeccionar a graxa válvula macho do filtro duplex (10A) - Lubrificar a válvula macho do filtro duplex (10A) - Limpeza do circuito de óleo com querosene
5. Tubulação	- Verificar estanqueidade, estado de limpeza e pintura das tubulações de óleo e água (1A) - Efetuar purga para retirada de ar
6. Válvulas	- Verificar estanqueidade, estado de limpeza (1A)
7. Painel de comando e controle	- Efetuar limpeza (1A) - Verificar estado geral dos contatores (1A) - Reapertar os bornes e conexões (1A)

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DO DISTRIBUIDOR

COMPONENTE	TAREFA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO
1. Servomotor	- Verificar estanqueidade e estado geral de limpeza e pintura das tubulações, servomotores e garfos de articulação e substituir as gaxetas chevron quando necessário (5A) - Verificar fixação dos servomotores à blindagem do poço (5A) - Verificar a estanqueidade entre câmaras com servomotores, verificar existência de arranhões, trincas e empenamento das hastes e substituir as gaxetas solosene quando necessário (5A)
2. Palheta diretriz	- Inspeccionar quanto ao estado de pintura e corrosão (5A) - Ajustar as folgas inferiores e superiores das palhetas em relação a tampa inferior e superior (5A) - Verificar o travamento do parafuso de levantamento das palhetas (5A) - Verificar a ocorrência de cavitação nas palhetas diretrizes (10A)
3. Bucha	- Avaliar o desgaste da bucha (5A)
4. Vedações	- Substituir gaxetas solosene e chevron quando necessário - Substituir as gaxetas de vedação e o cordão calibrado dos mancais superiores e inferiores das palhetas diretrizes (10A)
5. Anel de sincronismo	- Inspeccionar quanto ao estado de pintura e corrosão do anel de comando, bielas, manivelas (5A)

	<ul style="list-style-type: none"> - Medir nível de desgaste dos setores de guia dos anéis de comando (10A) - Conferir a perfeita montagem dos pinos cônicos (5A) - Medir desgaste dos setores autolubrificantes de apoio das alavancas do distribuidor (10A)
6. Pino de cisalhamento	<ul style="list-style-type: none"> - Conferir o torque dos pinos de cisalhamento
7. Travas de segurança	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar o estado de conservação das travas mecânicas manuais e hidráulicas (5A) - Verificar estanqueidade das travas (5A) - Confirmar a perfeita montagem e verificar a fixação dos contatos fim de curso CC/CD de indicação de trava aplicada ou des aplicada com distribuidor fechado, e do contato fim de curso CB de indicação de trava aplicada ou des aplicada com distribuidor aberto (5A) - Verificar estado de limpeza e conservação da válvula BC (1A) - Verificar o estado e medir o diafragma da válvula BC (10 A)

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE RESFRIAMENTO

COMPONENTE	TAREFA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO
1. Trocador de calor	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de funcionalidade dos instrumentos de medição (temperatura e vazão) (1A) - Inspeccionar os tubos e espelhos (1A)
2. Válvulas	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estanqueidade, estado de limpeza (1A)

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DE ÓLEO

COMPONENTE	TAREFA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO
1. Tanque sem pressão	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estanqueidade, estado geral de limpeza e pintura e fixação às bases (1A) - Verificar as condições dos nivostatos (1A)
2. Motobombas AE e AF	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar ajuste do pressostato de alta pressão das bombas AE e AF (1A) - Realizar ensaios funcionais nas motobombas (medição de corrente e pressão de recalque) (1A) - Verificar estanqueidade das vedações e o estado de conservação do acoplamento (1A) - Lubrificar o acoplamento (1A) - Verificar as folgas dos mancais dos rolamentos dos motores das motobombas AE/AF (5A) - Medir resistência de aquecimento do motor das motobombas AE/AF (5A) - Verificar estado e medir o diafragma das bombas (5A) - Verificar a fixação das motobombas às bases (10A)
3. Válvula de intermitência	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de limpeza e conservação das válvulas CN/CO e da válvula de intermitência (1A) - Verificar o estado e medir o diafragma da válvula de intermitência (5A)
4. Válvula de isolamento	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de limpeza e conservação da válvula BB e da válvula de isolamento (1A) - Verificar o estado e medir o diafragma da válvula BB (5A)
5. Válvula detetora de pressão	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar o estado de limpeza dos pistões e agulha da válvula detetora de pressão (1A) - Ajustar a faixa de recomposição do acumulador ar/óleo para travamento da mola da válvula detetora de pressão, caso necessário (1A) - Verificar o estado e medir o diafragma da válvula (5A)
6. Filtro	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de limpeza e fixação dos elementos filtrantes (5A)
7. Painel de comando, controle e soft start	<ul style="list-style-type: none"> - Efetuar limpeza (1A) - Verificar estado geral dos contatores (1A) - Reapertar os bornes e conexões (1A) - Verificar estado de limpeza e conservação no cubículo dos relés auxiliares, régua de bornes e rack das cartelas eletrônicas (1A) - Efetuar testes operacionais nos relés instantâneos do sistema de comando e controle (5A) - Verificar as condições do circuito de carregamento das baterias e o banco de baterias (5A)

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE COMANDO HIDRÁULICO

COMPONENTE	TAREFA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO
1. Acumulador ar/óleo	<ul style="list-style-type: none"> - Registrar as pressões de início e término para recomposição do acumulador ar/óleo (1A) - Cronometrar o intervalo de tempo entre duas recomposições sucessivas (1A) - Efetuar teste de estanqueidade das válvulas e das retenções (1A) - Mapeamento do estado de corrosão por ultra-som (5A) - Ajustar a faixa de recomposição do acumulador (5A) - Teste funcional das válvulas (5A) - Inspeccionar o estado geral da bóia de nível (10A) - Calibrar as válvulas de segurança (10A)

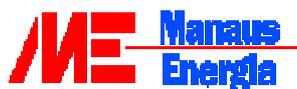
2. Válvula distribuidora	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar estado de limpeza e conservação das válvulas BA, BW e da válvula distribuidora (1A) - Verificar o estado e medir o diafragma das válvulas BA e BW (5A) - Verificar o estado de limpeza dos gígles dos transdutores eletro-hidráulicos (5A)
--------------------------	--

SISTEMA DE REGULAÇÃO DE VELOCIDADE – SISTEMA DE AR DE REGULAÇÃO

COMPONENTE	TAREFA PROPOSTA PARA MANUTENÇÃO
1. Acumulador de ar	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar fixação à base (1A) - Efetuar teste de estanqueidade das válvulas e das retenções (1A) - Mapeamento do estado de corrosão por ultra-som (5A) - Ajustar a faixa de recomposição do acumulador (5A) - Teste funcional das válvulas (5A) - Inspeccionar o estado geral da bóia de nível (10A) - Calibrar as válvulas de segurança (10A)
2. Eletroválvula BV	<ul style="list-style-type: none"> - Medir o diafragma da válvula (5A) - Verificar o estado de limpeza dos gígles do transdutor eletro-hidráulico (5A) - Verificar o estado geral do pistão da eletroválvula BV (10A)



ANEXO IV



PROGRAMA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO CICLO 2003/2004

Nº DO CONTRATO: 4500052325

Nº DO PROJETO: 128

INÍCIO: 28/09/2005

DURAÇÃO: **24** meses

A. Instituição executora: Universidade de Brasília

B. Título do Projeto:

Modernização da Área de Automação de Processos das Usinas Hidroelétricas de Balbina e Samuel

C. Coordenador do Projeto:

Nome: Alberto José Álvares

Fone: (61)-3307-2314 | Cel: (61)-99679435 | E-Mail: alvares@AlvaresTech.com

PROPOSTA PRELIMINAR DE DEFINIÇÃO DA EQUAÇÃO DO KPI DA UHE BALBINA

(MARÇO 2007)



Rodrigo de Queiroz Souza
rodrigoqsouza@hotmail.com

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO: DEZ CARACTERÍSTICAS DE UM BOM KPI	41
2. MISSÃO E VISÃO DA MANAUS ENERGIA.....	43
3. METODOLOGIA DE DEFINIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE KPIs	43
3.1. KPIs PARA EXCELÊNCIA DE SERVIÇO	44
3.1.1. REGIME CONTÍNUO.....	44
3.1.2. QUALIDADE	45
3.1.3. MARGEM DE SEGURANÇA CONVENIENTE	45
3.2. KPIs PARA EXCELÊNCIA OPERACIONAL	46
3.2.1. DISPONIBILIDADE	46
3.2.2. CONFIABILIDADE	47
3.2.2.1. MODELO MATEMÁTICO DO SISTEMA.....	47
3.2.2.2. ÍNDICES DE RISCO	49
3.3. KPIs PARA EXCELÊNCIA DE SEGURANÇA	49
3.3.1. FREQUÊNCIA.....	50
3.3.2. SEVERIDADE.....	50
3.4. KPIs PARA AVALIAÇÃO DE CUSTOS.....	50
4. INDICADORES DE DESEMPENHO DEFINIDOS PELO SISTEMA INFO_OPR	51
4.1. FORMULAÇÃO DOS ÍNDICES CALCULADOS	52
4.1.1. DISP – DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS	52
4.1.2. DREQ E FREQ – DURAÇÃO E FREQUÊNCIA EQUIVALENTE	53
4.1.3. DST – DESEMPENHO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO	54
4.1.4. INDISPMF – INDISPONIBILIDADE PARA MANUTENÇÃO FORÇADA DE EQUIPAMENTOS	55
4.1.5. INDISPMP – INDISPONIBILIDADE PARA MANUTENÇÃO PROGRAMADA DE EQUIPAMENTOS.....	56
4.1.6. TDF – TAXA DE DESLIGAMENTO FORÇADO.....	57
4.1.7. TF – TAXA DE FALHAS	58
4.1.8. TMRP – TEMPO MÉDIO DE REPARO DA FUNÇÃO	59
4.1.9. PV – PARCELA VARIÁVEL	60
5. CONCLUSÃO	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

1. INTRODUÇÃO: DEZ CARACTERÍSTICAS DE UM BOM KPI

Muitas pessoas utilizam o termo KPI (Key Performance Indicators) e métricas (ou indicadores) de desempenho indistintamente. Isso é errado, pois um KPI é uma métrica, mas nem toda métrica é um KPI. De acordo com Eckerson (2006), A diferença básica é que um KPI sempre deverá refletir direcionadores (drivers) de valor estratégico enquanto que uma métrica apenas representa uma medida de desempenho de uma atividade.

KPIs são "veículos de comunicação". Permitem que os executivos do alto escalão comuniquem a missão e visão da empresa aos mais baixos níveis hierárquicos, envolvendo diretamente todos os colaboradores na realização dos objetivos estratégicos da empresa.

Na logística e no supply chain management existem inúmeras possibilidades de composição de KPIs e por isso, seguir as recomendações aqui relatadas é crucial para o sucesso da área, e conseqüentemente da organização.

Bons KPIs devem apresentar as 10 características citadas a seguir, enquanto que simples métricas ou indicadores de desempenho apresentarão parte delas.

#1: KPIs devem refletir direcionadores (drivers) de valor estratégico

KPIs refletem e medem direcionadores-chave de valor. Direcionadores de valor representam atividades que quando executadas corretamente, garantem o sucesso futuro da organização. Direcionadores de valor movimentam a empresa para a direção correta, impulsionando-a para alcançar seus objetivos organizacionais e resultados financeiros. Exemplos de direcionadores de valor podem ser "alta satisfação do Cliente" ou "excelência na qualidade de um produto".

#2: KPIs são definidos por Executivos

Executivos definem os direcionadores de valor em reuniões de planejamento, onde determinam o direcionamento estratégico da empresa, no curto, médio e longo prazos. Para extrair o máximo desses direcionadores de valor, os executivos necessitam definir como eles querem mensurar o desempenho organizacional através desses direcionadores. Infelizmente, muitos executivos terminam o seu planejamento estratégico antes de definir e validar essas medidas de desempenho. Não podemos gerenciar aquilo que não é medido.

#3: KPIs devem fluir ao longo da empresa

Qualquer grupo, em qualquer nível hierárquico, de qualquer organização, é gerenciado por um "executivo". Esses executivos podem ser conhecidos por "presidentes divisionais", "diretores", "gerentes" ou "supervisores", entre diversos outros termos. Como "executivos", também necessitam realizar sessões de planejamento estratégico e identificar direcionadores-chave de valor, objetivos e planos para o seu grupo. Devido ao fato de cada "executivo", em cada nível hierárquico, basear-se em direcionadores-chave repassados por seus superiores, acaba ocorrendo um "efeito cascata", fazendo com que seja refletido nos KPIs dos mais baixos níveis organizacionais os valores propostos pelos altos executivos da empresa.

#4: KPIs são baseados em padrões corporativos

A única forma de fazer com que um KPI flua ao longo de uma organização é através da criação de padrões de medição. Isso é muito difícil e trabalhoso, mas não impossível.

#5: KPIs são baseados em dados válidos

Antes de optar pela utilização de um determinado KPI é necessário saber se a informação existe e qual a sua precisão (acuracidade). Frequentemente a resposta não é positiva. Em alguns casos as empresas optam por investir em sistemas que possam capturar as informações necessárias. Em outros casos preferem revisar o KPI.

#6: KPIs devem ser fáceis de serem compreendidos

Um dos grandes problemas dos KPIs é que existem muitos deles. Como resultados disso, eles perdem o poder de atrair a atenção dos empregados e de modificar o seu comportamento. De acordo com uma pesquisa da TDWI (The Data Warehousing Information), uma organização deveria ter, na média, sete KPIs por usuário. Mais do que isso torna difícil para os empregados tomarem a decisão requisitada para cada um deles.

Além disso, os KPIs devem ser de fácil entendimento. Os colaboradores devem saber como calculá-lo e principalmente, o que fazer (e o que não fazer) para alcançar as metas pretendidas. Treinamentos e reuniões de acompanhamento são necessárias para o perfeito entendimento. Medidas de desempenho sem reuniões são inúteis.

#7: KPIs são sempre relevantes

Para garantir que os KPIs possam, continuamente, melhorar a performance da empresa, será preciso auditar os KPIs para avaliar o seu uso e relevância. Se um KPI não está sendo utilizado, ele deverá ser re-escrito ou mesmo descartado. Muitos KPIs têm um ciclo de vida e uma vez criados, energizam a força de trabalho, produzindo resultados incríveis. Com o passar do tempo perdem o seu valor, e provavelmente, tenham que ser redesenhados. Muitas organizações realizam revisões a cada 4 ou 6 meses para avaliar a eficiência de seus KPIs.

#8: KPIs proporcionam contexto

Métricas sempre são expressas em número que refletem o desempenho. Mas um KPI coloca essa performance em um contexto. Ele avalia o desempenho em função de expectativas. O contexto é proporcionado através de limites, metas, benchmarks, etc. KPIs devem indicar a direção da performance, como acima, abaixo ou estático.

#9: KPIs criam "empowerment" nos usuários

É muito comum dizer que aquilo que não é medido não é gerenciado. Mas é também verdadeiro que não pode ser medido aquilo que não possa ser recompensado. Para serem efetivos, os KPIs devem ter uma recompensa atrelada a eles. Cerca de 40% das empresas pesquisadas pela TDWI (The Data Warehousing Information) nos EUA informaram ter reestruturado seus sistemas de incentivos com a implementação de KPIs.

#10: KPIs conduzem a ações positivas

KPIs não podem ser criados de forma isolada. Devem gerar ações de melhoria conjuntamente. Objetivos antagônicos poderão enfraquecer KPIs e colocar em risco a realização de importantes objetivos estratégicos da empresa.

2. MISSÃO E VISÃO DA MANAUS ENERGIA

KPIs são medições quantificadas que antecipadamente refletem os fatores críticos de sucesso. Sejam quais forem, eles devem ser selecionados e devem ajudar a organização a definir e medir seu progresso em direção as suas metas organizacionais. Um bom KPI deve refletir a missão, a visão e os valores da empresa.

A missão da Manaus Energia é: “atender, com excelência, o mercado de energia elétrica na sua área de atuação, contribuindo para o desenvolvimento da Amazônia”. Sua visão é: “ser reconhecida como uma empresa de excelência no negócio de energia elétrica”. E seus valores são: “foco nos clientes; valorização das pessoas; responsabilidade social; comportamento ético; respeito ao meio ambiente; segurança e excelência na gestão” (Manaus Energia, 2007).

3. METODOLOGIA DE DEFINIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE KPIs

A norma internacional ISA-95, da Instrumentation, Systems and Automation Society, estabelece uma série de instruções que visam determinar o grau de sucesso alcançado ou previsto para a operação de uma empresa no atendimento aos seus objetivos principais (Dufort, 2006).

De acordo com esta norma, para que se possa atender aos objetivos principais e escolher corretamente o posicionamento estratégico da empresa deve-se definir à mesma uma cadeia de agregação de valor. Segundo Dufort (2006), Os procedimentos básicos necessários para construção da cadeia de agregação de valor incluem:

- Compreender completamente as necessidades e expectativas dos clientes-alvo;
- Documentar tais necessidades e expectativas;
- Identificar fatores críticos de sucesso e métricas relevantes que se adequam às necessidades e expectativas dos clientes;
- Priorizar ações (ou projetos) utilizando-se de um gráfico de valor. O gráfico de valor quantifica benefícios versus risco associado;
- Definir e desenvolver KPIs apropriados, estabelecer metas e cronogramas que garantam o cumprimento das metas;
- Definir um sistema de aquisição de dados capaz de padronizar e sistematizar as informações operacionais compatibilizando-as com as métricas das cadeias de agregação de valor.
- Medir, visualizar e analisar os KPIs e comparar os valores medidos com as metas estabelecidas;
- Revisar periodicamente com os clientes suas necessidades e expectativas;
- Ajustar os KPIs sempre que necessário, adequando-os às eventuais novas necessidades dos clientes, ou quando há alterações nos modelos de negócio ou de mercado.

Em sistemas de potência, a avaliação de desempenho medido através de índices ou indicadores de desempenho, baseados nas normas ISA-95, pode ser desenvolvida tendo como referência a seguinte cadeia de agregação de valor (Bernini, 2006):

- Excelência de serviço;
- Excelência operacional;

- Excelência de segurança;
- Eficácia de custos (Borges, 2005).

A partir dos requisitos supracitados, são definidos diferentes KPIs com diferentes enfoques, conforme descrito nas seções subseqüentes.

3.1. KPIs PARA EXCELÊNCIA DE SERVIÇO

A excelência de serviço consiste em determinar quais são os atributos do serviço que de fato são determinantes para a satisfação dos clientes. No caso de geração de energia elétrica, a excelência de serviço, conforme definida por Borges (2005), consiste no atendimento à demanda elétrica dos consumidores com 3 atributos:

1. Regime contínuo
2. Boa qualidade
3. Margem de segurança conveniente

3.1.1. REGIME CONTÍNUO

Segundo os indicadores de desempenho padronizados pelo Operador Nacional de Sistemas (ONS), a continuidade de fornecimento de energia elétrica pode ser contabilizada por meio da duração das interrupções forçadas de suprimento.

Interrupções forçadas consistem na retirada de uma unidade geradora de serviço, em condições não programadas, e geralmente resultante da ocorrência de uma condição de emergência que impõe que a mesma seja desligada manualmente ou automaticamente para evitar a sua danificação e/ou outras conseqüências ao sistema elétrico e/ou riscos humanos. Na usina de Balbina todas as interrupções forçadas são realizadas automaticamente por atuação do sistema de proteção e são comumente denominadas de TRIP.

Define-se o índice *Duração das Interrupções Forçadas* (DINT), para cada unidade geradora, como sendo o somatório da duração das interrupções forçadas (TRIPs), dado em minutos por mês.

$$DINT = \sum_i D_{TRIP_i}$$

onde,

D_{trip_i} = Duração do TRIP associado ao evento i de uma determinada máquina, em minutos.

O índice de duração das interrupções forçadas deve ser calculado pelo intervalo de tempo decorrido entre o instante de acionamento dos relés de parada por defeito hidráulico, elétrico ou mecânico (5HX1, 5EX1, 5MX1, respectivamente) e o instante de religamento da máquina.

O Operador Nacional de Sistemas determina ainda, conforme detalhado nos Procedimentos de Rede – módulo 22, que tal índice, supramencionado, deve ser calculado mensalmente e registrado em relatório. Os indicadores serão apurados por causa e origem, devendo ser coletadas, para cada evento de TRIP, as seguintes informações:

- a) Dia do desligamento;
- b) Hora do início do desligamento;

- c) Hora do fim do desligamento;
- d) Origem do desligamento;
- e) Identificação do equipamento associado à origem do evento;
- f) Tipo do evento (hidráulico, elétrico ou mecânico);
- g) Carga interrompida (MW);
- h) Severidade do desligamento.

A severidade do desligamento, também denominada pelo ONS de indicador *Sistema-Minuto* (SM), é definida pela seguinte equação:

$$SM = \frac{\text{Carga Interrompida}_i \text{ (MW)} \times D_{TRIP_i}}{\text{Demanda máxima instantânea verificada no período (MW)}}$$

onde,

$\text{Carga Interrompida}_i$ = Carga interrompida em decorrência do TRIP i .

D_{TRIP_i} = Duração do TRIP em estudo, definido anteriormente, medido em minutos;

Demanda máxima instantânea verificada no período = Demanda máxima coincidente (MW), verificada no dia da perturbação, do(s) Agente(s) de Distribuição afetado(s).

Quando não se dispõe da demanda máxima coincidente, utiliza-se a não coincidente, ou seja, o somatório das demandas máximas dos agentes afetados.

O grau de severidade dos desligamentos forçados é classificado da seguinte forma:

- i. Grau 1 (baixo): $1 \leq SM < 10$;
- ii. Grau 2 (médio): $10 \leq SM < 100$;
- iii. Grau 3 (alto): $100 \leq SM < 1000$.

3.1.2. QUALIDADE

A qualidade de serviço pode ser medida em função da frequência das interrupções forçadas. Quanto maior o número de ocorrências de interrupções, obviamente menor será o fator de qualidade no fornecimento de energia elétrica.

Segundo o ONS, a *frequência das interrupções forçadas (FINT)* é definida, para cada unidade geradora, como sendo o somatório mensal do número de ocorrências de TRIP, e é dada em ocorrências por mês.

$$FINT = \sum_i N^{\circ}_{TRIP_i}$$

onde,

$N^{\circ}_{trip_i}$ = Número de ocorrências de cada TRIP de uma determinada máquina.

3.1.3. MARGEM DE SEGURANÇA CONVENIENTE

A avaliação da margem de segurança do sistema de geração tem como objetivo garantir o suprimento adequado tendo em vista a disponibilidade de capacidade de geração. A capacidade da geração é a capacidade instalada que deve ser planejada antes da necessidade. A reserva estática é um produto do planejamento gerencial e deve ser suficiente para permitir manutenção nas unidades de geração, saídas programadas e não programadas, e crescimento não previsto da carga.

Os critérios utilizados para determinação da reserva estática são baseados em avaliações dos históricos de crescimento da demanda (fornecidos pelo Operador Nacional de Sistemas), bem como dos históricos de desligamento forçado e do planejamento de manutenção programada. A partir destes dados, é previsto anualmente o número esperado de déficit de energia de modo que este valor jamais seja maior do que 5% da demanda.

Por meio dos históricos de desligamento forçado e do gráfico anual de demanda é possível estabelecer métricas de desempenho tais como porcentagem de energia não suprida (*ENS*) por máquina, definida a seguir:

$$ENS = \frac{\sum_i (Carga\ Interrompida_i\ (MW) \times D_{TRIP_i}\ (horas))}{Demanda\ anual\ de\ potência\ (MW) \times horas\ do\ ano}$$

Neste caso, a demanda anual de potência deve ser considerada para cada máquina.

3.2. *KPIs PARA EXCELÊNCIA OPERACIONAL*

A excelência operacional de empresas do setor elétrico consiste em atender a demanda de energia dos consumidores da maneira mais econômica possível, dentro de padrões ótimos de continuidade, qualidade e segurança.

Por padrões ótimos de continuidade, entende-se maximizar a disponibilidade das máquinas, isto é, maximizar a probabilidade das máquinas estarem em condições para entrar em funcionamento quando forem solicitadas num determinado instante (Monchy, 1989). E, por padrões ótimos de qualidade e segurança, entende-se maximizar a confiabilidade das máquinas, isto é, maximizar a probabilidade das máquinas desempenharem satisfatoriamente suas funções requeridas, sob condições de operação estabelecidas, por um período de tempo pré-determinado (Freitas, 1997). Portanto, serão analisadas a seguir métricas para estes dois fatores:

1. Disponibilidade
2. Confiabilidade

3.2.1. DISPONIBILIDADE

A disponibilidade das máquinas pode ser medida por meio de registros do número de paradas forçadas por TRIP ou para manutenção corretiva emergencial e do número de paradas programadas para manutenção preventiva. Vale ressaltar que as paradas estratégicas, devido à baixa demanda de carga, não entram neste cálculo, ou seja, tais paradas não são efeitos de indisponibilidade das máquinas.

Assim sendo, a disponibilidade mensal de cada unidade geradora, conforme definido pela gerência de operação e manutenção da geração hidráulica (COGH) da Eletronorte, pode ser dada por:

$$DISP = \frac{Hmês - Hparada}{Hmês}$$

onde,

Hmês = Horas do mês

Hparada = Horas de máquina parada (não incluindo paradas estratégicas devido à baixa demanda)

As horas de máquina parada, *Hparada*, correspondem à soma dos tempos medidos entre o acionamento dos relés de seqüência de parada e o acionamento do relé seqüência de partida para uma determinada máquina, ou seja, é a soma dos tempos decorridos entre cada instante de parada e cada respectivo instante de religamento da máquina.

Os relés de seqüência de parada são:

- 5HX1: Seqüência de parada normal por defeito hidráulico;
- 5EX1: Seqüência de parada normal por defeito elétrico;
- 5MX1: Seqüência de parada normal por defeito mecânico;
- 94PX1: Seqüência de parada parcial voluntária.

E o relé que sinaliza seqüência de partida da máquina é 94SDX4.

Deve-se ter atenção especial para as paradas parciais voluntárias (relé 94PX1), pois há necessidade de se distinguirem as paradas voluntárias para manutenção corretiva ou preventiva (conforme descrito nas ordens de serviço) e paradas estratégicas por baixa demanda de carga, uma vez que estas últimas devem ser desconsideradas no cálculo.

3.2.2. CONFIABILIDADE

A teoria de confiabilidade lida, trata e modela fontes de incerteza no processo, tais como o tempo de ocorrência de falhas, o tempo de reparo de falhas, entrada em serviço de novas obras, a freqüência de ocorrência de eventos de falha, etc. Para tanto requer a utilização de técnicas probabilísticas.

De acordo com Borges (2006), os requisitos mínimos para se realizar um estudo de confiabilidade são:

- Modelo matemático apropriado para o problema em questão;
- Índices de risco apropriados que meçam de forma apropriada a adequação;
- Dados estatísticos de falha e operação dos componentes e sistemas para possibilitar a estimação da confiabilidade preditiva.

3.2.2.1. MODELO MATEMÁTICO DO SISTEMA

O comportamento dinâmico dos componentes das unidades geradoras pode ser modelado por meio de um processo estocástico denominado Processo Não-Homogêneo de Poisson (NHPP). A motivação para se utilizar esse processo é que os equipamentos em questão são submetidos a um ciclo de falhas e reparos, ou seja, caracterizam sistemas reparáveis. Dessa maneira, a análise será realizada considerando a eficiência da manutenção para reparos mínimos, após os quais o equipamento retorna a uma condição imediatamente anterior à falha.

O processo não-homogêneo de Poisson é definido por:

$$P(n) = \frac{[\Lambda(t)]^n}{n!} \cdot e^{-\Lambda(t)}$$

onde,

$P(n)$ = Probabilidade de ocorrência de n falhas no tempo t

$\Lambda(t)$ = Número esperado de falhas até o tempo t

A probabilidade de não ocorrer falhas no tempo t , chamada de Confiabilidade do Componente $R(t)$, é dada por:

$$P(0) = R(t) = e^{-\Lambda(t)}$$

O número de esperado de falhas, $\Lambda(t)$, descreve a quantidade de falhas esperada cumulativa até o tempo t . Seja, $u(t)$ a função de intensidade de falhas, $\Lambda(t)$ satisfaz:

$$\Lambda(t) = \int_0^t u(s) ds$$

De acordo com o modelo Crow/AMSAA (1979) de análise do crescimento da confiabilidade para componentes reparáveis, a função $u(t)$ se comporta como uma distribuição Weibull conforme mostrado a seguir:

$$u(t) = \lambda \cdot \beta \cdot t^{\beta-1}$$

E, portanto,

$$\Lambda(t) = \int_0^t u(s) ds = \lambda \cdot t^\beta$$

Esta função tem dois parâmetros, λ e β . λ mede a escala ou magnitude da taxa de falhas e β mede a tendência da taxa de falhas acumulada sobre as horas de operação do produto. Com relação ao fator β , temos que:

- Se $\beta = 1$, a intensidade de falhas dos equipamentos é constante. Pode ser uma indicação que modos de falhas múltiplas estão presentes. Uma taxa de falhas constante pode indicar que as falhas são provocadas por agentes externos, tais como: uso inadequado do equipamento ou técnicas inadequadas de manutenção.
- Se $\beta > 1$, a intensidade de falhas dos equipamentos está aumentando com o tempo. Neste caso, é caracterizado modo de falhas por desgaste.
- E se $\beta < 1$ a intensidade de falha está diminuindo. Isto pode ser causado pela eficácia das ações corretivas ou pelo fenômeno da “mortalidade infantil” de determinados equipamentos.

Substituindo a função de intensidade de falhas $\Lambda(t)$ na função de confiabilidade $R(t)$, tem-se que a confiabilidade de cada componente das unidades geradoras pode ser descrita por:

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t^\beta}$$

Para se calcular a confiabilidade dos componentes resta então estimar os parâmetros λ e β em função do número de falhas observado em cada componente e do instante em que ocorreu cada falha. O método de estimação dos parâmetros que será aqui adotado é denominado método de máxima verossimilhança. A equação de estimação dos parâmetros é mostrada a seguir:

$$\hat{\beta} = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \ln\left(\frac{T}{T_i}\right)}$$

$$\hat{\lambda} = \frac{n}{T^\beta}$$

Sendo que,

n = número de falhas observado no período T .

T_i = instante em que ocorreu a falha i , em horas.

A confiabilidade dos componentes vem sendo calculada de maneira mais simples pela Eletronorte, através do INFO_OPR, sob a forma de taxa de falha, conforme será mostrado na seção 4.

A partir da confiabilidade dos componentes de cada unidade geradora, pode-se calcular a confiabilidade geral das unidades geradoras conforme apresentado na seção a seguir.

3.2.2.2. ÍNDICES DE RISCO

Os índices de risco utilizados para cada componente são produtos da análise FMEA que foi desenvolvida. Trata-se do número de prioridade de risco (NPR), valor calculado pelo produto dos índices *Severidade x Ocorrência x Detecção*. É utilizado para a priorização da tomada de ação. É uma maneira prática de priorizar certas falhas e avaliar quais providências devem ser tomadas primeiramente.

A confiabilidade de uma unidade geradora (CONF) é definida então como sendo a média ponderada das confiabilidades de cada um dos componentes, sendo que o fator de ponderação é o número de prioridade de risco associado a cada componente. Em forma algébrica, tem-se:

$$CONF = \frac{\sum_{i=1}^n NPR_i \cdot R_i(T)}{\sum_{i=1}^n NPR_i}$$

A medição de confiabilidade, assim como o FMEA, deve ser atualizada anualmente, e o número de falhas n e o período de tempo de tempo T , dado em horas, considerado para estimar os parâmetros $\hat{\beta}$ e $\hat{\lambda}$ devem ser acumulados a cada ocorrência de falhas, enquanto o FMEA deve corresponder aos últimos 3 anos de operação. Deste modo, o fator $CONF$ representará uma média móvel de confiabilidade referente aos últimos 3 anos, e deverá ser calculado a cada ano para cada máquina.

Para os componentes que não apresentarem falhas no período considerado, o valor de confiabilidade deve ser fornecido pelo fabricante, ou estimados por meio da experiência dos operadores ou através de ensaios e testes de vida acelerados.

3.3. KPIs PARA EXCELÊNCIA DE SEGURANÇA

Os KPIs para excelência de segurança são métricas que tratam da prevenção de acidentes de trabalho. A palavra “acidente” leva ao entendimento de um evento que ocorre sem que possa ser evitado. Na verdade, somente muito raramente isto acontece; na maioria das vezes, os “acidentes” decorrem de falhas facilmente perceptíveis e que podem, se lhes for dada a devida atenção e providências tomadas, evitar que o “acidente” venha a ocorrer (Bernini, 2006).

As métricas de documentação de acidentes são altamente estocásticas e impossíveis de serem automatizadas, ou seja, devem ser registradas e calculadas manualmente. Tais métricas incluem:

1. Taxa de frequência de acidentes
2. Taxa de severidade de acidentes

3.3.1. FREQUÊNCIA

O índice de frequência de acidentes (*FACID*) é uma medida padrão internacional que reflete o número de acidentes em relação ao número de horas trabalhadas em um ano. Este índice, que no caso da Manaus Energia, pode incluir trabalhadores diretos e indiretos, é medido a partir de uma fórmula obtida multiplicando-se a quantidade de acidentes por 200 mil, e dividindo-os pelo número de horas trabalhadas (Cibié, 2005).

$$FACID = \frac{N^{\circ} \text{acidentes} \times 200.000}{\text{horas trabalhadas}}$$

3.3.2. SEVERIDADE

O índice de severidade de acidentes (*SACID*) reflete o número de dias perdidos devido a acidentes de trabalho, é também é uma medida padrão internacional. Ele é medido a partir da seguinte fórmula: o Índice de Severidade de Acidentes de Trabalho é igual à quantidade de dias perdidos devido a acidentes de trabalho multiplicados por 200 mil e divididos pela quantidade de horas trabalhadas (Cibié, 2005).

$$SACID = \frac{\text{dias perdidos} \times 200.000}{\text{horas trabalhadas}}$$

3.4. KPIs PARA AVALIAÇÃO DE CUSTOS

Os aspectos de baixos custos da energia elétrica e o alto nível de confiabilidade estão frequentemente em conflito direto. O estabelecimento do custo da confiabilidade é uma tarefa subjetiva e difícil, uma avaliação direta não é suficiente. Uma alternativa utilizada é avaliar os impactos financeiros incorridos devido a interrupções no suprimento de energia elétrica. Para tanto, é necessário conhecer o custo da energia produzida.

O preço do custo da energia produzida obtém-se pela divisão da soma de todas as despesas anuais, calculadas considerando um prazo de amortização, pela produção também anual de energia. Desta forma, será obtido o preço do custo do MWh produzido na saída dos bornes do transformador elevador da usina. Na comercialização desta energia, a este preço do MWh deverá ser acrescida a tarifa de transporte da energia até o consumidor final, além das perdas de energia no sistema de transmissão. De acordo com o critério estabelecido pelo Mercado Atacadista de Energia (MAE), estes acréscimos devem ser rateados de maneira proporcional para cada categoria, ou seja, 50% para a geração e 50% para o consumo, conforme previsto pela ANEEL, contrato CUST N° 37/1999.

Enfim, a receita prevista para a geração de energia elétrica é descrita por:

$$\text{receita} = \text{valor do MWh vendido ao MAE} - \text{custo final do MWh}$$

sendo que o custo final do MWh é:

$$\text{custo final do MWh} = \text{despesas anuais} + 50\%.\text{tarifa de transporte de energia} \\ + 50\%.\text{perdas na transmissão}$$

A perda de receita anual em função da indisponibilidade das máquinas (*PREC*) pode ser quantificada percentualmente, por máquina, conforme a equação a seguir:

$$PREC = \text{receita} \times ENS$$

onde,

ENS = índice de energia não suprida por máquina, conforme definido anteriormente.

Desta forma, esta perda de receita passa a ser considerada com um índice de sensibilidade para a seleção de melhores investimentos em geração, isto é, um índice de atratividade capaz de fornecer respaldo à avaliação de retorno econômico dos investimentos aplicados.

4. INDICADORES DE DESEMPENHO DEFINIDOS PELO SISTEMA INFO_OPR

O INFO_OPR (informativo operacional) é um sistema de gerenciamento de informações utilizado pela Eletronorte em seus centros de operação. Trata-se de um programa desenvolvido no COT (Centro de Informação e Análise da Transmissão) e está em funcionamento há nove anos, proporcionando uma redução de tempo considerável na transferência de informações entre servidores, uma vez que anteriormente estas informações chegavam através de arquivos em planilhas diversas e via fax, ocasionando re-digitação de entrada de dados e perda de informação.

Algumas características do programa:

1. Recebe e armazena dados de interrupção de energia, carga e hidrológicos das regionais de transmissão e sistemas isolados da Eletronorte;
2. Apresenta relatórios diários da Operação (RDO) e relatórios diários de Interrupção (RDI);
3. Executa cálculo dos índices de desempenho dos sistemas e das instalações;
4. Executa cálculo da parcela variável;
5. Fornece gráficos padrões e personalizados diários, mensais e anuais, permitindo comparação com valores de referência;
6. Disponibiliza diagramas unifilares dos sistemas elétricos, com recursos de “zoom” e impressão;
7. Permite a transferência de informações pelo correio eletrônico;
8. Permite plena exportação de todos os dados para planilhas Excel, definidas pelo usuário, que poderá utilizá-las para gráficos e usos específicos;
9. Disponibiliza cadastros de equipamentos.
10. Distribui documentos de operação.

O sistema tem uma base de dados centralizada no COT, em Brasília, com informações operacionais de todas as unidades Regionais do sistema de transmissão interligado e dos sistemas isolados.

Os indicadores de desempenho do INFO_OPR foram definidos de acordo com as especificações da ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico, Manual de

Procedimentos de Rede, Módulo 16 – Acompanhamento da Manutenção, Sub-módulo 2.7 – Indicadores de Desempenho para Acompanhamento da Manutenção de 23 de julho de 2001.

São estes:

- Disponibilidade [DISP];
- Taxa de Desligamento Forçado [TDF];
- Tempo Médio de Reparo da Função [TMRF];
- Indisponibilidade para manutenção programada [INDISPMP];
- Indisponibilidade para manutenção forçada [INDISPMF];
- Taxa de Falha [TF].

A forma de cálculo de cada um destes indicadores é mostrada adiante (fonte: Silva Filho, 2002).

4.1. FORMULAÇÃO DOS ÍNDICES CALCULADOS

4.1.1. DISP – DISPONIBILIDADE DE EQUIPAMENTOS

$$DISP = \frac{\frac{EXT.LT}{100} \times HD}{\frac{EXT.LT}{100} \times HP} \times 100 \quad (\text{Para Linhas})$$

$$DISP = \frac{POT \times HD}{POT \times HP} \times 100 \quad (\text{Para Geradores})$$

$$DISP = \frac{HD}{HP} \times 100 \quad (\text{Outros})$$

Terminologia:

POT: Potência ativa do gerador em MW.

EXT.LT: Extensão da Linha em Quilômetros.

HP: Horas do Período (total de horas do período considerado).

HD = HP – HI: Horas Disponíveis (Somatório dos tempos, em horas, que o equipamento ou instalação está apto a operar com ou sem restrições).

HI: Horas Indisponíveis, com Classes de Rede de Operação iguais à:

- AIP Desl. por atuação indevida proteção
- DES Desl. causa externa sem retorno à operação.
- DIS Desl. causa interna sem retorno operação
- DPM Desl. prog. p/melhorias e modif. Rede Básica
- DSO Desl. Iniciado e suspenso pelo ONS/COR
- DST Desl. solic. ONS/Emp. por motivo segur. terceiros
- DVA Desl. por Vandalismo
- EME Desl. emerg. p/evitar riscos de vida humana
- EMR Desl. emerg. p/evitar riscos de danific. equipam.
- FLH Desli. falha humana acidental

- PMC Desl. Programado manobras operacionais (Corretivo)
- PMV Desl. Programado manobras operacionais (Preventivo)
- PRA Desl. Prog. Excedente ao previsto
- PRC Desl. Programado corretivo
- PRV Desl. Programado preventivo
- UMO Desli. Urgência Manobras Oper. não aceito como programado
- UMP Desli. Urgência Manobras Oper. aceito como programado
- URG Desl. Solic. pela Empresa ao ONS
- URP Desli. Urgência aceito como programado

Agregação Temporal : Mensal

Adimensional

Agregação :

DISP-ELN	Eletronorte
DISP-SIS	Sistema
DISP-CA	Capacitor (Por faixa de tensão)
DISP-CE	Compensador Estático
DISP-CS	Compensador Síncrono
DISP-G	Unidades Geradoras
DISP-L	Linha (Por faixa de tensão)
DISP-RE	Reator (Por faixa de tensão)
DISP-T	Transformador (Por faixa de tensão)

Por Equipamento

Fonte: ONS - Operador nacional do Sistema Elétrico Procedimentos de Rede Módulo 16 - Acompanhamento da Manutenção Sub-módulo 2.7 - Indicadores de Desempenho para Acompanhamento da Manutenção 23 de julho de 2001.

4.1.2. DREQ E FREQ – DURAÇÃO E FREQUÊNCIA EQUIVALENTE

$$DREQ = \frac{Duração \times Potência Interrompida}{Demanda Máxima}$$

DREQ corresponde ao tempo de energia não suprida com relação à demanda máxima

$$FREQ = \frac{Potência Interrompida}{Demanda Máxima}$$

FREQ corresponde ao percentual da demanda máxima que foi interrompido.

Terminologia:

Potência Interrompida (MW)

Demanda Máxima (MWh/h)

Duração: Duração em horas das interrupções com Classes de Rede de Operação iguais à:

- AIP Desl. por atuação indevida proteção
- DAI Desl. ocasionados por atuação indevida ONS
- DDO Desl. Causa Externa, porém disponível à operação

- DES Desl. causa externa sem retorno à operação.
- DFM Desl. força maior
- DIS Desl. causa interna sem retorno operação
- DPM Desl. prog. p/melhorias e modif. Rede Básica
- DRO Desl. por razão ou conveniência operativa
- DSO Desl. Iniciado e suspenso pelo ONS/COR
- DST Desl. solic. ONS/Emp. por motivo segur. Terceiros
- DVA Desl. por Vandalismo
- EME Desl. emerg. p/evitar riscos de vida humana
- EMR Desl. emerg. p/evitar riscos de danific. equipam.
- FLH Desli. falha humana acidental
- PMC Desl. Programado manobras operacionais (Corretivo)
- PMV Desl. Programado manobras operacionais (Preventivo)
- PRA Desl. Prog. Excedente ao previsto
- PRC Desl. Programado corretivo
- PRV Desl. Programado preventivo
- UMO Desli. Urgência Manobras Oper. não aceito como programado
- UMP Desli. Urgência Manobras Oper. aceito como programado
- URG Desl. Solic. pela Empresa ao NOS
- URP Desli. Urgência aceito como programado

Agregação Temporal : Mensal

Unidade Dimensional para DREQ: horas

Unidade Dimensional para FREQ: adimensional

Agregação :

Por Sistema

Por Ponto de Suprimento

Fonte : ONS - Operador nacional do Sistema Elétrico Manual de Procedimentos da Operação Volume III - Normas e Metodologias da Operação, Tomo II, Janeiro de 1999.

4.1.3. DST – DESEMPENHO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO

$$DST = \frac{\text{Receita Permitida no mês} - PV \text{ no mês}}{\text{Receita Permitida no mês}} \times 100$$

Terminologia:

PV: Parcela variável (será definida posteriormente)

Agregação Temporal : Mensal

Adimensional

Agregação :

DST-ELN Eletronorte

DST-SIS Sistema

Fonte: COTC – Divisão de Contratos de Operação

4.1.4.INDISPMF – INDISPONIBILIDADE PARA MANUTENÇÃO FORÇADA DE EQUIPAMENTOS

$$INDISPMF = \frac{\frac{EXT.LT}{100} \times HIMF}{\frac{EXT.LT}{100} \times HP} \times 100 \quad (\text{Para Linhas})$$

$$INDISPMF = \frac{POT \times HIMF}{POT \times HP} \times 100 \quad (\text{Para Geradores})$$

$$INDISPMF = \frac{HIMF}{HP} \times 100 \quad (\text{Outros})$$

Terminologia:

HIMF Horas Indisponíveis devido a Manutenção Forçada, com Classes de Rede de Operação iguais à:

- AIP Desl. por atuação indevida proteção
- DES Desl. causa externa sem retorno à operação.
- DIS Desl. causa interna sem retorno operação
- DVA Desl. por Vandalismo
- FLH Desli. falha humana acidental
- UMO Desli. Urgência Manobras Oper. não aceito como programado
- URG Desl. Solic. pela Empresa ao ONS

Agregação Temporal : Mensal

Adimensional

Agregação :

INDISPMF-ELN	Eletronorte
INDISPMF-SIS	Sistema
INDISPMF-CA	Capacitor (Por faixa de tensão)
INDISPMF-CE	Compensador Estático
INDISPMF-CS	Compensador Síncrono
INDISPMF-G	Unidades Geradoras
INDISPMF-L	Linha (Por faixa de tensão)
INDISPMF-RE	Reator (Por faixa de tensão)
INDISPMF-T	Transformador (Por faixa de tensão)

Por Equipamento

Fonte: ONS - Operador nacional do Sistema Elétrico Procedimentos de Rede Módulo 16 - Acompanhamento da Manutenção Sub-módulo 2.7 - Indicadores de Desempenho para Acompanhamento da Manutenção 23 de julho de 2001.

4.1.5. INDISPMP – INDISPONIBILIDADE PARA MANUTENÇÃO PROGRAMADA DE EQUIPAMENTOS

$$INDISPMP = \frac{\frac{EXT.LT}{100} \times HIMP}{\frac{EXT.LT}{100} \times HP} \times 100 \quad (\text{Para Linhas})$$

$$INDISPMP = \frac{POT \times HIMP}{POT \times HP} \times 100 \quad (\text{Para Geradores})$$

$$INDISPMP = \frac{HIMP}{HP} \times 100 \quad (\text{Outros})$$

Terminologia:

HIMP: Horas Indisponíveis devido a Manutenção Programada, com Classes de Rede de Operação iguais à :

- DPM Desl. prog. p'melhorias e modif. Rede Básica
- DSO Desl. iniciado e suspenso pelo ONS/COR
- PMC Desl. Programado manobras operacionais (Corretivo)
- PMV Desl. Programado manobras operacionais (Preventivo)
- PRA Desl. Prog. Excedente ao previsto
- PRC Desl. Programado corretivo
- PRV Desl. Programado preventivo
- UMP Desl. Urgência Manobras Oper. aceito como programado
- URP Desl. Urgência aceito como programado

Agregação Temporal: Mensal

Adimensional

Agregação :

INDISPMP-ELN	Eletronorte	
INDISPMP-SIS	Sistema	
INDISPMP-CA	Capacitor (Por faixa de tensão)	
INDISPMP-CE	Compensador Estático	
INDISPMP-CS	Compensador Síncrono	
INDISPMP-G	Unidades Geradoras	
INDISPMP-L	Linha	(Por faixa de tensão)
INDISPMP-RE	Reator	(Por faixa de tensão)
INDISPMP-T	Transformador	(Por faixa de tensão)
Por Equipamento		

Fonte: ONS - Operador nacional do Sistema Elétrico
Procedimentos de Rede

Módulo 16 - Acompanhamento da Manutenção

Sub-módulo 2.7 - Indicadores de Desempenho para Acompanhamento da Manutenção
23 de julho de 2001.

4.1.6. TDF – TAXA DE DESLIGAMENTO FORÇADO

$$TDF = \frac{NDF}{\frac{EXT.LT}{100} \times HS} \times 8760 \quad (\text{Para Linhas})$$

$$TDF = \frac{NDF}{POT \times HS} \times 8760 \quad (\text{Para Geradores})$$

$$TDF = \frac{NDF}{HS} \times 8760 \quad (\text{Outros})$$

Terminologia:

NDF: Número de Desligamentos Forçados, com Classes de Rede de Operação iguais à:

- AIP Desl. por atuação indevida proteção
- DES Desl. causa externa sem retorno à operação.
- DIS Desl. causa interna sem retorno operação
- DVA Desl. por Vandalismo
- EMR Desl. emerg. p/evitar riscos de danific. equipam.
- UMO Desli. Urgência Manobras Oper. não aceito como programado
- URG Desl. Solic. pela Empresa ao ONS

HP: Horas do Período

HS = HP - HFS: Horas de Serviço

HFS Horas Fora de Serviço com Classes de Rede Operação iguais à:

- AIP Desl. por atuação indevida proteção
- DAI Desl. ocasionados por atuação indevida NOS
- DDO Desl. Causa Externa, porém disponível à operação
- DES Desl. causa externa sem retorno à operação.
- DFM Desl. força maior
- DFP Desl. Falha Equip. por não aprovação de Prog.
- DIR Desl. causa interna. Duração <= que 1 minuto.
- DIS Desl. causa interna sem retorno operação
- DPM Desl. prog. p/melhorias e modif. Rede Básica
- DRO Desl. por razão ou conveniência operativa
- DSO Desl. Iniciado e suspenso pelo ONS/COR
- DST Desl. solic. ONS/Emp. por motivo segur. Terceiros
- DVA Desl. por Vandalismo
- EME Desl. emerg. p/evitar riscos de vida humana
- EMR Desl. emerg. p/evitar riscos de danific. equipam.
- FLH Desli. falha humana acidental
- LIO equip. Liberado para Energização
- NAP Não atuação da proteção
- PMC Desl. Programado manobras operacionais (Corretivo)
- PMV Desl. Programado manobras operacionais (Preventivo)
- PRA Desl. Prog. Excedente ao previsto
- PRC Desl. Programado corretivo

- PRV Desl. Programado preventivo
- UMO Desl. Urgência Manobras Oper. não aceito como programado
- UMP Desl. Urgência Manobras Oper. aceito como programado
- URG Desl. Solic. pela Empresa ao NOS
- URP Desl. Urgência aceito como programado

Agregação Temporal: Anual

Unidade Dimensional: Número de Desligamentos Forçados / Ano

Agregação:

TDF-ELN	Eletronorte
TDF-SIS	Sistema
TDF-CA	Capacitor (Por faixa de tensão)
TDF-CE	Compensador Estático
TDF-CS	Compensador Síncrono
TDF-G	Unidades Geradoras
TDF-L	Linha (Por faixa de tensão)
TDF-RE	Reator (Por faixa de tensão)
TDF-T	Transformador (Por faixa de tensão)

Por Equipamento

Fonte: ONS - Operador nacional do Sistema Elétrico Procedimentos de Rede Módulo 16 - Acompanhamento da Manutenção Sub-módulo 2.7 - Indicadores de Desempenho para Acompanhamento da Manutenção 23 de julho de 2001.

4.1.7. TF – TAXA DE FALHAS

$$TF = \frac{NF \text{ Anual}}{\frac{EXT.LT}{100} \times HS} \times 8760 \quad (\text{Para Linhas})$$

$$TF = \frac{NF \text{ Anual}}{POT \times HS} \times 8760 \quad (\text{Para Geradores})$$

$$TF = \frac{NF \text{ Anual}}{HS} \times 8760 \quad (\text{Para Equipamentos})$$

Terminologia:

NF Anual Número de Falhas no Ano com Classe Rede Operação iguais à:

- AIP Desl. por atuação indevida proteção
- DES Desl. causa externa sem retorno à operação.
- DFP Desl. falha equipamento
- DIS Desl. causa interna sem retorno operação
- DVA Desl. por Vandalismo
- EMR Desl. emerg. p/evitar riscos de danific. equipam.
- UMO Desl. Urgência Manobras Oper. não aceito como programado
- UMP Desl. Urgência Manobras Oper. aceito como programado

- URG Desl. Solic. pela Empresa ao ONS
- URP Desl. Urgência aceito como programado

Agregação Temporal : Anual

Unidade Dimensional : Número de Falhas / Ano

Agregação :

TF-ELN	Eletronorte
TF-SIS	Sistema
TF-CA	Capacitor (Por faixa de tensão)
TF-CE	Compensador Estático
TF-CS	Compensador Síncrono
TF-G	Unidades Geradoras
TF-L	Linha (Por faixa de tensão)
TF-RE	Reator (Por faixa de tensão)
TF-T	Transformador (Por faixa de tensão)

Por Equipamento

Fonte: ONS - Operador nacional do Sistema Elétrico Procedimentos de Rede Módulo 16 - Acompanhamento da Manutenção Sub-módulo 2.7 - Indicadores de Desempenho para Acompanhamento da Manutenção 23 de julho de 2001.

4.1.8. TMRF – TEMPO MÉDIO DE REPARO DA FUNÇÃO

$$TMRF = \frac{HIR}{NF}$$

Terminologia:

NF Número de Falhas

HIR Horas Indisponíveis para Operação e entregue para a Manutenção

Ambos com Classes de Rede de Operação iguais à:

- AIP Desl. por atuação indevida proteção
- DES Desl. causa externa sem retorno à operação.
- DIS Desl. causa interna sem retorno operação
- DVA Desl. por Vandalismo
- EMR Desl. emerg. p/evitar riscos de danific. equipam.
- UMO Desli. Urgência Manobras Oper. não aceito como programado
- URG Desl. Solic. pela Empresa ao CNOS (Centro Nacional de Operação de Sistemas)

Agregação Temporal : Mensal

Unidade Dimensional : hora

Agregação:

TMRF-ELN	Eletronorte
TMRF-SIS	Sistema

TMRF-CA	Capacitor (Por faixa de tensão)
TMRF-CE	Compensador Estático
TMRF-CS	Compensador Síncrono
TMRF-G	Unidades Geradoras
TMRF-L	Linha (Por faixa de tensão)
TMRF-RE	Reator (Por faixa de tensão)
TMRF-T	Transformador (Por faixa de tensão)
Por Equipamento	

Fonte: ONS - Operador nacional do Sistema Elétrico Procedimentos de Rede Módulo 16 - Acompanhamento da Manutenção Sub-módulo 2.7 - Indicadores de Desempenho para Acompanhamento da Manutenção 23 de julho de 2001.

4.1.9. PV – PARCELA VARIÁVEL

Fonte : Manual de Procedimento de Operação, Módulo 2.4, MTD 031, ONS, de 01/03/1999.

- AEN Atraso entrada operação melhorias na Rede Básica
- AIP Desl. por atuação indevida proteção
- DES Desl. causa externa sem retorno à operação.
- DIS Desl. causa interna sem retorno operação.
- DVA Desl. por Vandalismo.
- EMR Desl. emerg. p/evitar riscos de danific. equipam.
- FLH Desl. falha humana acidental
- PMC Desl. Programado manobras operacionais (Corretivo)
- PMV Desl. Programado manobras operacionais (Preventivo)
- PRA Desl. Prog. Excedente ao previsto
- PRC Desl. Programado corretivo
- PRV Desl. Programado preventivo
- REO Em operação c/restrrição operativa não progr. (CPST)
- REP Em operação c/restrrição operativa programada (CPST)
- SRO Em operação c/sobrecarga não progr. (CPST)
- SRP Em operação c/sobrecarga programada (CPST)
- UMO Desl. Urgência Manobras Oper. não aceito como programado
- UMP Desl. Urgência Manobras Oper. aceito como programado
- URG Desl. Solic. pela Empresa ao ONS
- URP Desli. Urgência aceito como programado

5. CONCLUSÃO

Sugere-se, então, que sejam adotadas as seguintes métricas de desempenho (KPIs) classificadas conforme o enfoque:

- KPIs para excelência de serviço:
 - $KPI_1 = DINT$ (direcionador de continuidade)
 - $KPI_2 = SM$ (direcionador de severidade das interrupções)
 - $KPI_3 = FINT$ (direcionador de qualidade)
 - $KPI_4 = ENS$ (direcionador de energia não suprida)

- KPIs para excelência operacional:
 - $KPI_5 = DISP$ (direcionador de disponibilidade)
 - $KPI_6 = CONF$ (direcionador de confiabilidade, pode ser calculado estatisticamente, como demonstrado na subseção 3.2.2, ou através dos tempos médios entre falhas, como é feito no INFO_OPR)

- KPIs para excelência de segurança:
 - $KPI_7 = FACID$ (direcionador de frequência de acidentes de trabalho)
 - $KPI_8 = SACID$ (direcionador de severidade de acidentes de trabalho)

- KPIs para avaliação de custos:
 - $KPI_9 = PREC$ (direcionador de perda de receita em função da indisponibilidade das máquinas)

A tabela a seguir mostra os requisitos necessários para a medição de cada um destes KPIs:

KPI	Requisitos para medição e cálculo
KPI_1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Armazenar mensalmente uma base de dados contendo os instantes de tempo de parada por TRIP e religamento das máquinas.
KPI_2	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registrar no sistema de execução de manufatura da usina MES, a cada TRIP, a carga interrompida. ▪ Verificar, pela monitoração on line, a demanda máxima do dia da interrupção.
KPI_3	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Acumular mensalmente o número de ocorrências de TRIP.
KPI_4	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verificar anualmente nos registros a carga interrompida e a duração de cada interrupção. ▪ Verificar a demanda anual.
KPI_5	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Armazenar mensalmente uma base de dados contendo os instantes de tempo de parada e religamento das máquinas, bem como o motivo de cada parada (elétrica, mecânica, hidráulica, voluntária para manutenção ou voluntária estratégica).
KPI_6	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Armazenar anualmente o número de falhas de cada componente e o instante de tempo em que cada falha foi detectada. ▪ Manter anualmente atualizado o FMEA dos componentes.
KPI_7	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registrar anualmente o número de acidentes ocorridos

KPI_8	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Registrar anualmente o número de dias perdidos devido a acidentes de trabalho
KPI_9	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calcular minuciosamente todas as despesas anuais. ▪ Calcular as tarifas de transporte de energia ▪ Calcular as perdas de energia na linha de transmissão ▪ Registrar o valor do MWh comercializado

Vale ressaltar que devem ser estabelecidas metas para cada KPI as quais representarão o objetivo estratégico da usina. Desta forma os KPIs apresentados se tornarão importantes padrões de medição os quais auxiliarão as tomadas de decisões gerenciais na UHE Balbina.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNINI, E.; SOARES, B., “AES Brazil Business Review”, AES Corporation, 28/06/2006. [on line] Disponível no endereço < <http://library.corporate-ir.net/library/76/761/76149/items/203397/AESBrazil.pdf> > Acessado em: 28/03/2007.

BORGES, C. L. T., “Confiabilidade de Sistemas de potência – Parte I”, Programa de Engenharia Elétrica, COPPE/UFRJ, 2005.

BORGES, C. L. T., “Confiabilidade de Sistemas de potência, Capítulo 12 – Custos da Confiabilidade”, CPE 754 – Programa de Engenharia Elétrica, COPPE/UFRJ, 2005.

CIBIÉ, E. B., “Saúde e Segurança Ocupacional”, Grupo Nueva, MASISA, 2005. [on line] Disponível no endereço < <http://stage.masisa.com/Content.aspx?content=75&oldidioma=3&menu=81&site=4&lang=3&idioma=3> > Acessado em: 02/04/2007

CROW, L. H., "Reliability Analysis for Complex, Repairable Systems", ReliaSoft Corporation, 1974. [on line] Disponível no endereço < [http://www.weibull.com/RelGrowthWeb/Crow-AMSAA_\(N.H.P.P.\).htm](http://www.weibull.com/RelGrowthWeb/Crow-AMSAA_(N.H.P.P.).htm) > Acessado em: 29/03/2007.

DUFORT, Y. C., “ISA-95-Based Operations and KPI Metrics Assessment and Analysis”, White paper 24, MESA, ISA, Invensys Wonderware, 28/11/2006. [on line] Disponível no endereço < http://us.wonderware.com/NR/rdonlyres/46DFB778-2AF3-4437-A151-ACA0C0424505/0/MESAWhitepaper_Nov2806.pdf > Acessado em: 28/03/2007.

ECKERSON, W., “Ten Characteristics of a Good KPI”, The Data Warehousing Institute, 2006.

ELETRONORTE – CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL S/A, “Programa de Manutenção Planejada, Gerência de Engenharia de Operação e Manutenção da Geração Hidráulica”, Brasília: Centro de Análise e Monitoração de Máquinas do COGH, 2006.

FREITAS, M. A.; ENRICO, A. C., “Confiabilidade: Análise de Tempo de Falha e Testes de Vida Acelerados”, Série Ferramentas da Qualidade – Volume 12, Belo

Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P., “Análise de Falhas (Aplicação dos Métodos de FMEA – FTA)”, Série Ferramentas da Qualidade – Volume 11, Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 1995.

MANAUS ENERGIA, [on line] Disponível no endereço <
<http://www.manausenergia.gov.br>> Acessado em: 20/03/2007.

MONCHY, F., “A Função Manutenção – Formação para a Gerência da Manutenção Industrial”, Série Tecnologias, São Paulo: Editora Durban Ltda/EBRAS – Editora Brasileira Ltda, 1989.

MOUBRAY, J., “RCM II – Reliability Centered Maintenance”, 2ª edição, New York: Industrial Press Inc, 1997.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, “Procedimentos de Rede, Módulo 02 – Padrões de Desempenho da Rede Básica”, [on line] Disponível no endereço < <http://www.ons.org.br> > Em vigência a partir de 24/12/2002.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, “Procedimentos de Rede, Módulo 16 – Acompanhamento da Manutenção”, [on line] Disponível no endereço < <http://www.ons.org.br> > Em vigência a partir de 24/12/2002.

ONS – OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, “Procedimentos de Rede, Módulo 22 – Análise de Ocorrências e Perturbações”, [on line] Disponível no endereço < <http://www.ons.org.br> > Em vigência a partir de 24/12/2002.

SCARPIN, C. A., “Análise Sistêmica de Falhas”, Editora Desenvolvimento Gerencial, 1999.

SILVA FILHO, M. N., “Sistema de Gerenciamento de Informações – Informativo Operacional (INFO_OPR)”, Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Energia, Universidade Federal de Itajubá, Julho de 2002. [on line] Disponível no endereço <
ftp://fmc2.graco.unb.br/simprebal-edgar-rosi-rodrigo/Rodrigo/dissertação_INFO_OPR.doc> Acessado em 04/04/2007.

SIQUEIRA, I. P., “Manutenção Centrada na Confiabilidade – Manual de Implementação”, Qualitymark, Rio de Janeiro, 2005.

Rodrigo de Queiroz Souza – Aluno do curso de Sistemas Mecatrônicos – UnB

Prof. Alberto José Álvares – ENM/UnB (Orientador)