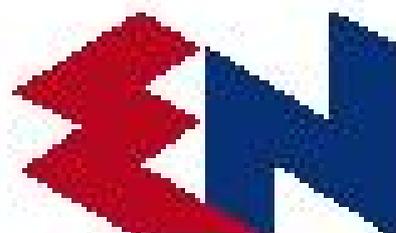


**PROGRAMA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
TECNOLÓGICO CICLO 2003-2004**

**MODERNIZAÇÃO DA ÁREA DE AUTOMAÇÃO
DE PROCESSOS DAS USINAS DE
BALBINA E SAMUEL**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Eletronorte

**SIMPREBAL: METODOLOGIA DO SISTEMA DE
MANUTENÇÃO PREDITIVA DA USINA DE
BALBINA BASEADO NOS DADOS
MONITORADOS DO SISTEMA DE
SUPERVISÃO E CONTROLE SMAR E
ROCKWELL**

Alberto José Álvares

Brasília, 28 julho de 2006

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



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:

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

RELATÓRIO DE PRODUTOS GERADOS: ETAPA 1 e ETAPA 2 - Ano 1 & ETAPA 4 – Ano2

ETAPA 1 – ANO 1: ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA INTELIGENTE DE MANUTENÇÃO (*SIMPREBAL: METODOLOGIA DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA DA USINA DE BALBINA BASEADO NOS DADOS MONITORADOS DO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE SMAR E ROCKWELL*)

ETAPA 2 – ANO2: BASE DE CASOS DE CENÁRIOS DE CONTINGÊNCIA

ETAPA 4 – ANO2: TREINAMENTO DE RECURSOS HUMANOS ASSOCIADO À MONTAGEM PLANTA DIDÁTICA FIELDBUS SMAR



RESUMO

Este relatório apresenta a metodologia desenvolvida no contexto do projeto Modernização da Área de Automação de Processos das Usinas Hidroelétricas de Balbina e Samuel associada ao produto das etapas 1 e 2 (ano 1); onde o objetivo é o desenvolvimento da metodologia do sistema inteligente de manutenção preditiva da usina de Balbina. Esta metodologia é denominada de SIMPREBAL (Sistema Inteligente de Manutenção Preditiva de Balbina), bem como apresenta a montagem e instalação da Planta Didática FieldBus da Smar, associado à etapa 4 do ano 2.

A metodologia SIMPREBAL é baseada em conceitos de manutenção centrada em confiabilidade, sendo utilizada para analisar os modos e efeitos de falhas das Unidades Geradoras Hidráulicas de Balbina a partir das grandezas monitoradas pelo sistema de supervisão e controle da Usina, focando a sua análise no sistema da turbina. O Conjunto Turbina Gerador tem as seguintes especificações:

- ✓ Turbinas: Tipo Kaplan; Número de Unidades 5; Capacidade Instalada é 250MW e Queda Líquida de 21,85m
- ✓ Geradores: Tipo Umbrella, Número de Unidades 5; Capacidade Nominal é 55,5MVA e Tensão Nominal é 13,8kV

Atualmente a Usina de Balbina está em processo de modernização sendo implantado solução de monitoração e supervisão dos seus sistemas baseado no uso de tecnologias FieldBus e DeviceNet, sendo instaladas as soluções das empresas Smar e Rockwell Automation.

O objetivo principal deste relatório é apresentar a metodologia concebida para o desenvolvimento do sistema de manutenção preditiva da Usina de Balbina baseado nos dados monitorados do sistema de supervisão e controle Smar e Rockwell associadas as grandezas monitoradas das unidades geradoras hidráulicas, no caso focado no sistema da turbina.

O produto gerado pela ETAPA 1 – ANO 1 está associado a metodologia concebida para desenvolvimento a especificação do sistema inteligente de manutenção, que no caso é baseada em conceitos associados a manutenção centrada em confiabilidade (MCC).

O produto gerado para a ETAPA 2 – ANO 1 está associado a construção de base de casos de cenários de contingência associadas a manutenção. Os dados foram levantados a partir do SAP-R3 e do Info_opr, relativos às Usinas de Balbina e Samuel. A partir destes dados foi aplicada a metodologia de manutenção baseada em confiabilidade, gerando o FMEA, árvore de falhas, diagrama de Markov e diagramas de blocos de uma Unidade Geradora Hidráulica de Balbina.

O produto gerado para a ETAPA 4 – ANO 2 está associado à montagem da planta didática da SMAR e treinamento de recursos humanos (Treinamento de recursos Humanos). A planta já está instalada no Graco e o primeiro treinamento ocorreu de 19 a 23 de Junho de 2005, com a participação de técnico da Eletronorte.

A metodologia proposta é genérica, podendo ser utilizada também no sistema do Gerador. Como o projeto focou no Sistema da Turbina, este será analisado exaustivamente, tendo por objetivo levantar o FMEA associado aos componentes, equipamentos e sistemas que o constituem. Como apoio à metodologia será utilizado duas ferramentas computacionais, o softwares Relx e Reliasoft, onde conseguiu-se licenças educacionais para uso neste projeto de pesquisa.

O projeto tem por objetivo conceber uma metodologia denominada de SIMPREBAL para coleta e análise de dados monitorados nas unidades geradoras da usina de Balbina e a implementação de um sistema computacional com vistas à produção de diagnósticos de estados de funcionamento e de dados que auxiliem a tomada de decisão quanto a ações operacionais e de manutenção das máquinas visando o aumento da disponibilidade dos equipamentos. Sob o escopo delineado na frase anterior podem-se listar os seguintes objetivos principais:

- ✓ Desenvolver metodologia de coleta e armazenamento dos dados disponibilizados pela rede Fieldbus;
- ✓ Desenvolver metodologia de redução e análise dos dados utilizando técnicas estatísticas;
- ✓ Desenvolver metodologia de interpretação dos dados utilizando técnicas de análise de correlação, de fusão de sensores e de inteligência artificial;
- ✓ Desenvolver uma base de dados relacional contendo informações históricas e presentes referentes aos estados de funcionamento das unidades geradoras da Usina de Balbina;
- ✓ Desenvolver modelos sistêmicos que mapeiem as relações entre variáveis monitoradas e estados observados nas unidades geradoras;
- ✓ Integrar as metodologias desenvolvidas em um sistema especialista de coleta e interpretação de dados, capaz de produzir diagnósticos que auxiliem a tomada de decisões operacionais e de manutenção preditiva e pró-ativa;
- ✓ Implementação do software a partir da metodologia proposta.
- ✓ Montagem de uma planta didática da Smar para possibilitar treinamento presencial e a distância (laboratório remoto), bem como possibilitar o desenvolvimento do software para o sistema inteligente de manutenção em laboratório e ambiente controlado (*Objetivo já concluído, antecipando a geração do produto em sete meses*).
- ✓ Treinamento e reciclagem de recursos humanos.

São utilizados dados históricos disponibilizados pelos sistemas computacionais Info_opr (Balbina e Samuel) e SAP/R3 associados aos registros de manutenção da Usina de Samuel. Os dados de manutenção da Usina de Balbina não estão disponíveis. Devido a este fato serão utilizados os dados de Samuel, que podem ser acessados via SAP/R3, para realizar a análise de modos e efeitos de falhas (FMEA), associado a metodologia concebida. A metodologia foi baseada em conceitos de manutenção centrada em confiabilidade, e as informações coletadas no SAP/R3 e INFO_OPR permitiram gerar cálculos de índices de confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, bem como análises dos modos e efeitos de falhas (FMEA), árvore de falhas, diagramas de Markov e diagramas de blocos do sistema.

Foi estabelecido maior enfoque ao sistema da turbina da unidade geradora hidráulica 01 (máquina 01) de Balbina. A partir da descrição textual do sistema, de suas condições de operação e de seus dados de manutenção, o software Relex encarregou-se de gerar os relatórios de análise de confiabilidade, baseada em modelos probabilísticos, possibilitando a avaliação do desempenho do sistema e a construção de uma base de casos de cenários de contingência associadas à manutenção.

O capítulo um apresenta os conceitos associados à Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). O anexo 8 complementa o capítulo, descrevendo a MCC com mais detalhes. O capítulo 2 apresenta a metodologia desenvolvida denominada SIMPREBAL, que é utilizada no projeto para o desenvolvimento do sistema de manutenção preditiva (Produto ETAPA 1 ANO1) sendo baseada em Manutenção Centrada em Confiabilidade e Manutenção Baseada

em Condição. O capítulo três apresenta a aplicação da metodologia SIMPREBAL baseada em Manutenção Centrada em Confiabilidade usando o software Relex. Nos anexos de 1-8 são apresentados os resultados da utilização da metodologia usando o software Relex e a documentação associada à base de dados de contingenciamento, especificação da instrumentação utilizada em Balbina, FMEA, distribuições Weibull, simulação de Monte Carlo e cadeia de Markov.

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma visão geral sobre os sistemas de manutenção: Principais concepções, importância da manutenção no contexto das organizações, sua evolução histórica na forma de gerações de idéias, o surgimento e as práticas de manutenção centrada em confiabilidade. Um maior detalhamento está disponível no Anexo 1.

1.1 A MANUTENÇÃO DE SISTEMAS

Conforme definido por Giacomet (2001, p.27), “manutenção é toda ação realizada em um equipamento, conjunto de peças, componentes, dispositivos, circuito ou estrutura que se esteja controlando, mantendo ou restaurando, a fim de que o mesmo permaneça em operação ou retorne a função requerida, ou seja, o conjunto de condições de funcionamento para o qual o equipamento foi projetado, fabricado ou instalado. O equipamento deve desempenhar sua função requerida com segurança e eficiência, considerando as condições operativas, econômicas e ambientais”.

Para Tavares (1996, p.36), entende-se por manutenção “todas as ações necessárias para que um item (equipamento, obra ou instalação) seja conservado ou restabelecido, de modo a poder permanecer de acordo com a condição especificada”.

Independente da definição que se utilize de manutenção, percebe-se que as definições ora citadas neste capítulo utilizam a expressão “manter”, “restabelecer”, “conservar”, “restaurar” ou “preservar” a função requerida do ativo físico de um sistema.

1.1.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA MANUTENÇÃO

O campo da gerência da manutenção é na atualidade um dos mais dinâmicos em mudanças. Dunn (2001), em seu trabalho “Reinventing the Maintenance Process”, analisa esta dinâmica sob a ótica proposta por Moubray (1997, p.02-06) em Reability-Centered Maintenance. Descreve as mudanças como sendo em três áreas principais:

- ✓ crescimento das expectativas de manutenção,
- ✓ melhor entendimento de como os equipamentos falham,
- ✓ uma escala sempre crescente de técnicas de gerenciamento de manutenção,
- ✓ e considera, também estas mudanças acontecendo em três “gerações” como delineadas.

A Figura (1.1) permite verificar o aumento na demanda pelos sistemas de manutenção com relação às exigências organizacionais. Da primeira à terceira geração dos SM, substituiu-se o antigo conceito de substituição após avaria (anos 40-50) por um conjunto de requisitos que incluem desde a disponibilidade e confiabilidade de maquinário ao cuidado com o impacto no meio-ambiente (aos 80-2000).

As escalas crescentes de exigência também impactam em maior demanda pelo conhecimento na atividade de manutenção. A Figura (1.2) representa este fato, com o aumento no número de indicadores e análise referentes à atividade de manutenção. Mostra, também, conforme análise de Moubray (1997, p.04), como a concepção mais antiga de falha era simplesmente de que os itens mais velhos tinham mais probabilidade de falhar. Uma crescente conscientização de “mortalidade infantil” levou a crença generalizada da Segunda Geração na curva “da banheira”. Entretanto, a pesquisa da Terceira Geração revelou que não apenas um ou dois, porém seis padrões de falha ocorrem realmente na prática.

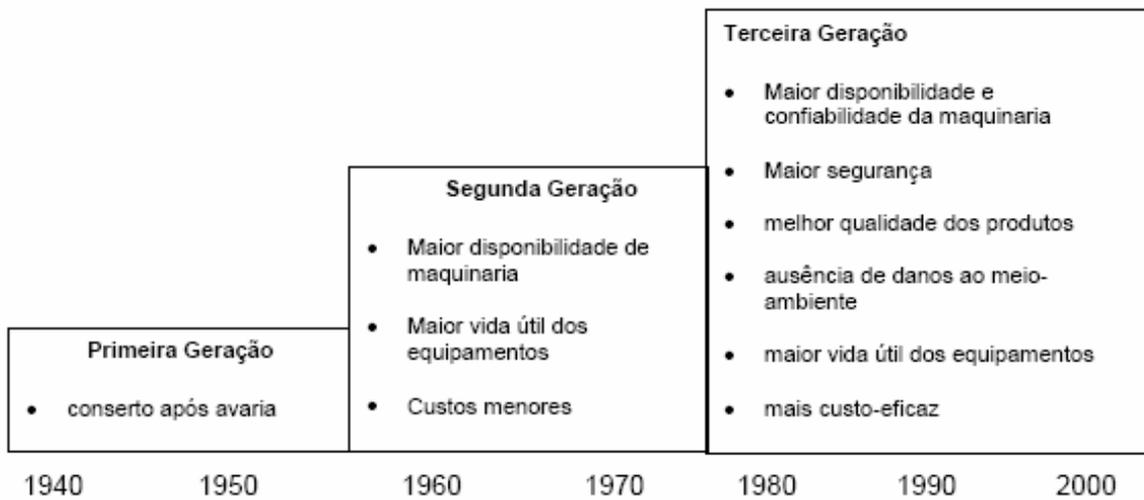


Figura 1.1- Crescimento das expectativas de manutenção (Moubray, 1997).

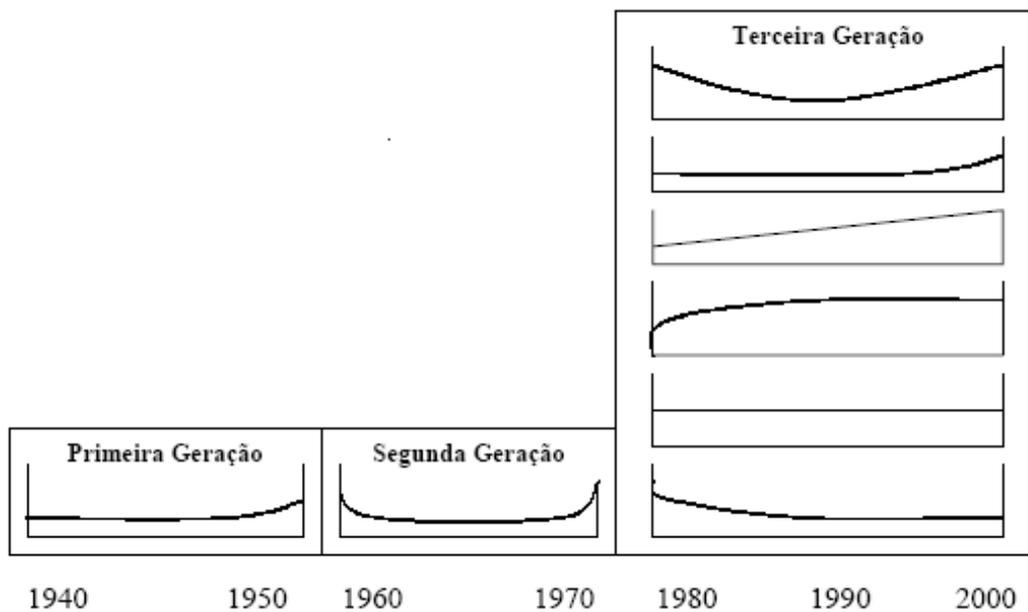


Figura 1.2 - Mudanças de visão na falha do equipamento (Moubray, 1997).

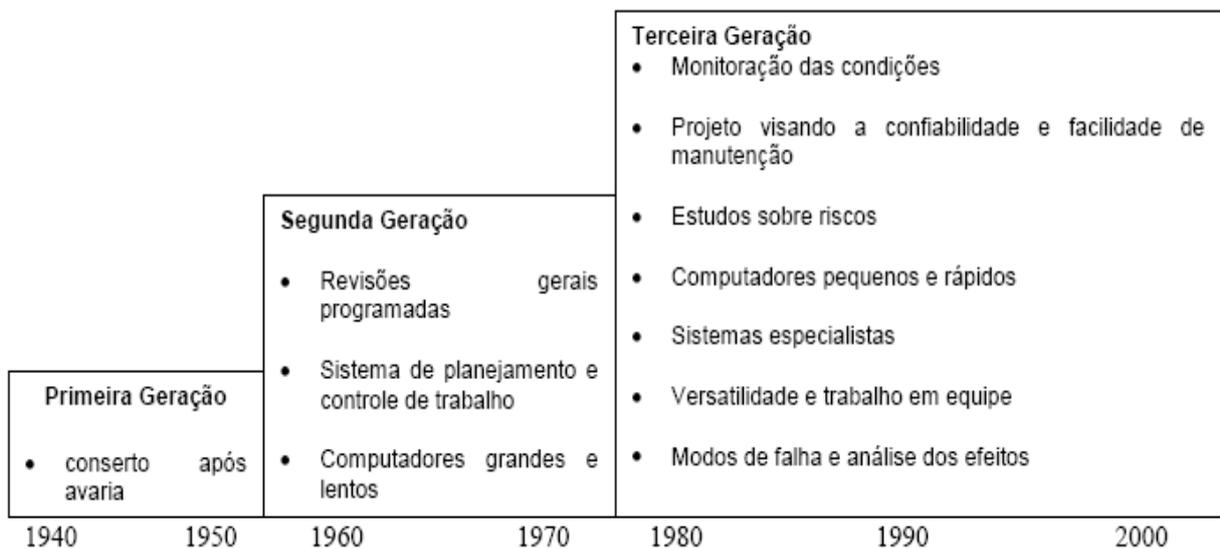


Figura 1.3 - Mudança das técnicas de manutenção (Moubray, 1997).

A Figura (1.3) destaca o impacto das demandas nas políticas de manutenção. A terceira geração inclui monitoração de condições, análise de risco, emprego intensivo da tecnologia da informação e de profissionais versáteis, todos fatores de impacto ao emprego de conhecimento intensivo.

A Figura (1.4) apresenta a evolução da manutenção até os dias atuais.

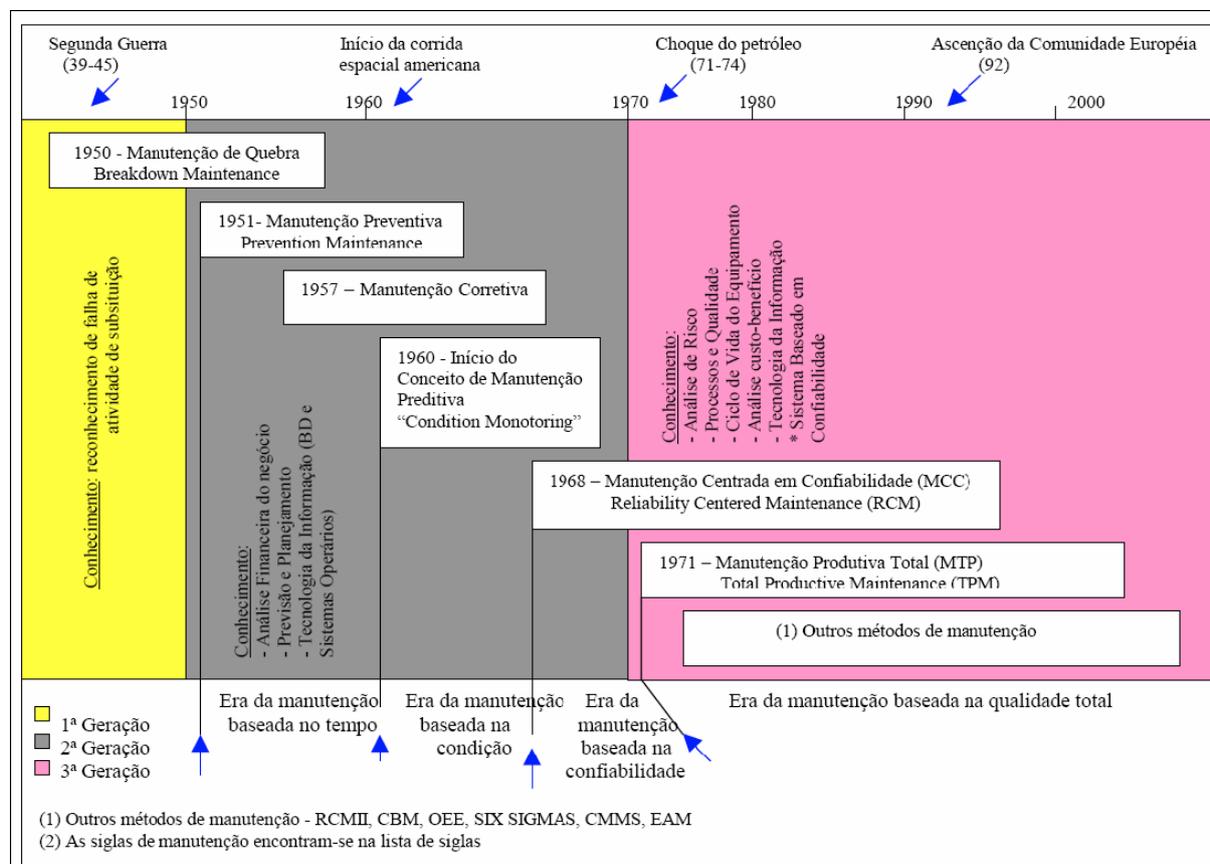


Figura 1.4 - Evolução da manutenção (Adaptado de: Wyrebski, 1998)

1.2 A MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE (MCC)

A terceira geração da manutenção evoluiu da incapacidade das técnicas de manutenção preventiva frente às exigências da automação ocorrida na indústria a partir de 1975. Nesta geração, além dos requisitos de maior disponibilidade, confiabilidade, e vida útil, a sociedade passou a exigir melhor qualidade e garantia de desempenho dos produtos. Serviços essenciais tais como saúde, telecomunicações, energia, saneamento, transporte público, etc., passaram a depender totalmente de processos automáticos. Falhas nestes sistemas produzem efeitos sociais muito além da simples avaliação econômica de seus custos. Coincidentemente, evoluiu na humanidade a consciência da importância da preservação do meio ambiente, e da garantia de segurança para usuários de processos e produtos industriais, gerando as condições que motivaram o surgimento da metodologia MCC.

1.2.1 CONCEITOS BÁSICOS

A literatura aponta a MCC como uma ferramenta de manutenção, que visa racionalizar e sistematizar a determinação das tarefas adequadas a serem adotadas no plano de manutenção, bem como garantir a confiabilidade e a segurança operacional dos equipamentos e instalações ao menor custo. Nesses termos, para Branco Filho (2000, p.41), a MCC “com sua ênfase em otimização, documentação, rastreabilidade e continuidade está sintonizada com as mudanças gerenciais que vêm se processando ultimamente na indústria em geral”.

De acordo com Smith (1992), a MCC tem o propósito de "preservar as funções do sistema, identificar os modos de falha que afetam essas funções, determinar a importância das falhas funcionais [...] e selecionar as tarefas aplicáveis e efetivas na prevenção das falhas" (p.51).

Valendo-se das diferentes formas de manutenção, a MCC pretende resguardar a função do equipamento, em seu contexto operacional, a partir da determinação das necessidades de manutenção de cada equipamento.

A definição do contexto operacional tem por base, segundo Moubrey (2000), a consideração de certos fatores, tais como: o tipo de processo industrial (se existem redundâncias ou equipamentos em stand-by), o nível de exigência a ser atendido pela produção, os riscos de segurança operacional a serem assumidos, os padrões de meio ambiente; o ciclo operativo dos equipamentos, a logística de manutenção disponível, dentre outros.

A mesma exigência e o conjunto de atividades de manutenção, não são requeridos de maneira semelhante para todos os equipamentos e sistemas. A avaliação deve considerar a dependência funcional e as conseqüências da perda da função para a produção, na eventualidade de ocorrer uma falha. É importante frisar que preservar a função não é o mesmo que preservar a operação do equipamento, como afirma Smith (1992).

Mais especificamente, a MCC analisa se a função desempenhada pelo equipamento não está atendida, a ocorrência das falhas e, principalmente, suas conseqüências. Como define Fleming (1997), a MCC envolve: uma consideração sistemática das funções do sistema, a maneira como essas funções falham e um critério de priorização explícito baseado em fatores econômicos, operacionais e de segurança para a identificação das tarefas de manutenção aplicáveis tecnicamente e custos eficientes no combate a essas falhas (p.53).

Moss (1985), por sua vez, observa que a MCC está estruturada com o princípio fundamental de que toda tarefa de manutenção deve ser justificada, antes de ser executada. O critério de justificativa corresponde a segurança, a disponibilidade e a economia em postergar ou prevenir um modo específico de falha. Este critério compreende a principal característica da aplicação da MCC, ou seja, a partir de uma avaliação acurada das funções desempenhadas, por cada componente de um sistema produtivo ou equipamento, são estabelecidas as tarefas de manutenção mais adequadas para a garantia do desempenho operacional da instalação.

1.2.2 DIAGRAMAS DE APLICAÇÃO

Objetivando estabelecer métodos adequados de manutenção, a MCC procura obter respostas corretas e precisas a um conjunto de sete questões, colocadas em uma ordem seqüencial específica, aplicáveis ao sistema objeto da manutenção:

- ✓ Quais as funções preservar?
- ✓ Quais as falhas funcionais?
- ✓ Quais os modos de falha?
- ✓ Quais os efeitos das falhas?
- ✓ Quais as conseqüências das falhas?
- ✓ Quais as tarefas aplicáveis e efetivas?

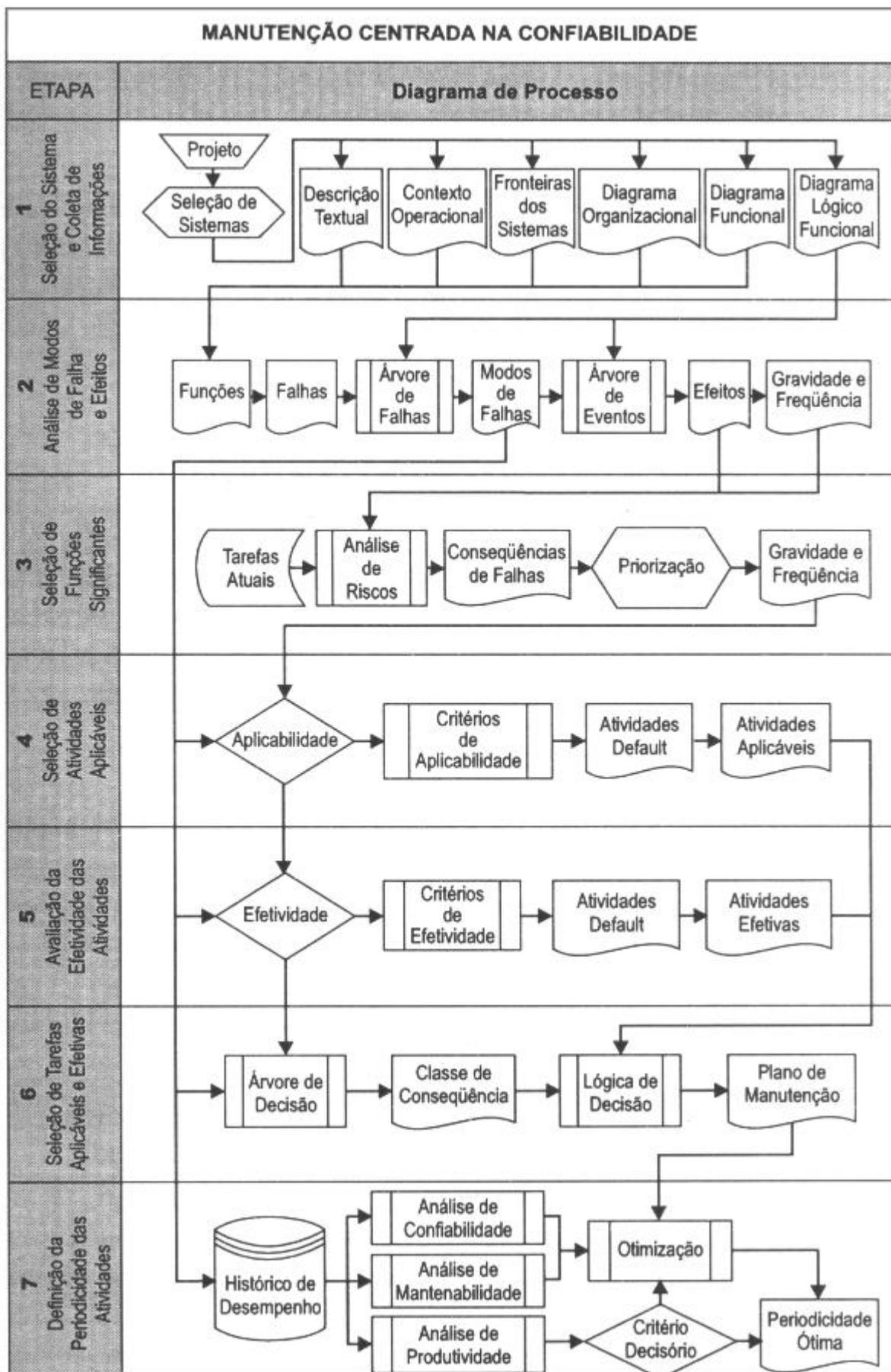


Figura 1.5 - Diagrama de Processo da MCC (Siqueira, 2005).

✓ Quais as alternativas restantes?

Para responder cada questão, a MCC utiliza muitos métodos e ferramentas de um conjunto aberto de soluções, algumas tradicionais, outras recentes e modernas, segundo uma seqüência estruturada e bem documentada, possível de ser auditada.

A metodologia MCC adota uma seqüência estruturada, composta de sete etapas, assim denominadas:

- I. Seleção do Sistema e Coleta de Informações;
- II. Análise de Modos de falha e Efeitos;
- III. Seleção de Funções Significantes;
- IV. Seleção de Atividades Aplicáveis;
- V. Avaliação da Efetividade das Atividades;
- VI. Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas;
- VII. Definição da Periodicidade das Atividades.

Em cada etapa são utilizadas ferramentas de modelagem ou análise de sistemas destinadas a responder e, principalmente, documentar os critérios e respostas a cada questão da MCC. Estas etapas estão detalhadas na Diagrama do Processo da Fig. (1.5), que ilustra os produtos e relacionamentos entre os diversos processos de análise.

2 METODOLOGIA SIMPREBAL

Este capítulo busca direcionar a aplicação da metodologia MCC a um sistema elétrico. Especificamente, a uma unidade geradora hidráulica da usina Hidroelétrica Balbina.

2.1 PANORAMA DO SETOR ELÉTRICO

Os sistemas de potência constituem elemento básico no desenvolvimento econômico e social das sociedades modernas. Por razões técnicas e econômicas, esses sistemas evoluíram de um conjunto de pequenos sistemas isolados para grandes e complexos sistemas interligados com dimensões nacionais ou, até mesmo, continentais. Pode-se dizer que sistemas elétricos de potência estão entre os maiores sistemas já desenvolvidos pelo homem.

A função básica dos sistemas de potência é atender a demanda de energia dos consumidores da maneira mais econômica possível, dentro de padrões de continuidade, qualidade e segurança aceitáveis. O ideal seria que a geração e o fornecimento de energia aos consumidores fossem ininterruptos. No entanto, a ocorrência de falhas em determinados componentes do sistema pode desencadear perturbações capazes de afetar um grande número de consumidores, podendo levar à interrupção do fornecimento de energia elétrica. A fim de reduzir a probabilidade, frequência e duração desses eventos de falha e reduzir seus efeitos, é necessário realizar investimentos financeiros no sentido de aumentar a confiabilidade do sistema. Além disso, devido à sofisticação dos equipamentos elétricos e eletrônicos utilizados pelos consumidores, a exigência em termos da confiabilidade do suprimento de energia elétrica tem aumentado consideravelmente.

As empresas do setor elétrico enfrentam o desafio da sobrevivência com as novas regras impostas de relacionamento e de mercado, bem como o desafio da obsolescência tecnológica e gerencial.

Independente de qualquer problema, dois fatos sempre estarão presentes em qualquer cenário:

1. A demanda por energia elétrica continua crescendo e tendo entre suas consequências a expansão do parque elétrico.
2. Os equipamentos continuam a envelhecer e falhar, obrigando um tipo de ação.

Nesse contexto, a manutenção dos sistemas elétricos sofre mais desafios do que qualquer outra área de gerenciamento.

2.2 A USINA HIDROELÉTRICA BALBINA

A Usina Hidroelétrica Balbina (UHE Balbina) pertence à ELETRONORTE - Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A. Situa-se no rio Uatumã, município de Presidente Figueiredo, no Estado do Amazonas, distando aproximadamente 146 km, em linha reta, da cidade de Manaus, nas coordenadas geográficas 01° 55'S de latitude e 59° 28' W de longitude.

O conjunto Turbina Gerador de Balbina possui as seguintes especificações:

- Turbinas: Tipo Kaplan; Número de Unidades 5; Capacidade Instalada 250MW e Queda Líquida de 21,85m.
- Geradores: Tipo Umbrella, Número de Unidades 5; Capacidade Nominal 55,5MVA e Tensão Nominal de 13,8kV.

As usinas da Eletronorte encontram-se em diferentes estágios tecnológicos. Isto se torna mais evidente no caso das tecnologias de automação de processos, especialmente de instrumentação, em utilização nas diferentes plantas.



Figura 2.1 - Usina Hidroelétrica Balbina

A Eletronorte está atualmente implementando uma estratégia de automação de suas usinas hidroelétricas mais antigas, o que, num primeiro momento, inclui a atualização tecnológica dos sistemas de monitoração de turbo geradores, migrando de uma tecnologia baseada no padrão 4-20mA para um sistema de monitoração distribuído com base em rede de dados baseada em tecnologia Fieldbus Foundation. Já existe um sistema desses instalado na usina de Balbina, disponibilizando acesso, a partir de um único ponto, a dados de sensores distribuídos nos diversos sistemas componentes das unidades geradoras de energia.

Quanto aos processos de medição, tratamento, visualização e gerenciamento de grandezas físicas, elétricas e mecânicas, como temperatura, pressão, desgaste de mancais, qualidade de óleo lubrificante, etc., a situação é a mesma. Algumas unidades da Eletronorte dispõem de modernos sistemas supervisórios, enquanto outras ainda utilizam tecnologias completamente defasadas para armazenamento dessas informações, inexistindo sistemas de tratamento desses dados e de auxílio à tomada de decisões.

Constata-se, por parte da gerência de manutenção, a necessidade de um sistema que trate os dados relativos às grandezas físicas, elétricas e mecânicas adequadamente, e que os disponibilize (os dados históricos, inclusive) on-line, de forma que sejam úteis às áreas de manutenção e operação de plantas na tomada de decisões.

Antes da realização da atualização tecnológica supracitada, os dados referentes às grandezas monitoradas nas unidades geradoras eram coletados manualmente e interpretados individualmente pelos operadores do sistema quanto ao seu significado relativo à operacionalidade bem como relativo à necessidade de manutenção corretiva das máquinas. Tendo em vista ser o sistema muito dependente da experiência dos operadores, a confiabilidade das interpretações não é uniforme, possibilitando a ocorrência de erros de interpretação que podem levar a uma parada inesperada da máquina.

2.3 A PROPOSTA

Atualmente, existem metodologias de análise de dados baseadas em técnicas estatísticas aliadas a técnicas de inteligência artificial que possibilitam uniformizar os diagnósticos referentes aos dados coletados, de acordo com a experiência prévia dos operadores, análise de correlações entre os dados coletados e os comportamentos observados, além de técnicas de fusão sensorial que permitem um aumento na confiabilidade dos diagnósticos produzidos.

Considerando o exposto, o atual projeto consiste em um primeiro passo no sentido de conceber uma metodologia denominada de SIMPREBAL - Sistema Inteligente de Manutenção Preditiva de Balbina - para coleta e análise de dados monitorados nas unidades geradoras da usina através da instrumentação FieldBus Foundation e Rockwell, e a implementação de um sistema computacional com vistas à produção de diagnósticos de estados de funcionamento e de dados que auxiliem a tomada de decisão quanto a ações operacionais e de manutenção das máquinas visando o aumento da disponibilidade dos equipamentos.

O objetivo deste relatório é apresentar a metodologia de redução e análise de dados, utilizando técnicas de manutenção centrada em confiabilidade, focada no sistema da turbina da UGH-01 de Balbina. Podem ser listados os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Descrição do diagrama organizacional de hierarquia dos equipamentos, subsistemas e componentes, indicando as fronteiras e interfaces entre os subsistemas.
- ✓ Levantamento do FMEA - Análise de Modos e Efeitos de Falhas - associado ao sistema.
- ✓ Construção da Árvore de Falhas relacionando falhas primárias à falha final do sistema (corte de carga).
- ✓ Análise do sistema por diagrama de blocos, com o cálculo de medidas de confiabilidade, disponibilidade, MTBF, taxa de falhas, número esperado de falhas, freqüências e taxas de risco.
- ✓ Modelagem por simulações de Monte Carlo e diagramas de Markov.

A partir das informações buscadas nos sistemas SAP/R3 e INFO_OPR, segue-se a implementação da MCC utilizando como apoio a ferramenta computacional Relex v7.7.

2.4 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE PARA CBM

A figura 2.2 apresenta o processo proposto de análise de avaliação da confiabilidade baseado nos dados históricos de falhas do Sistema da Turbina da UHE de Balbina, sendo constituído por cinco atividades:

- i. Análise da freqüência de falhas de componentes: ache os itens que afetam seriamente a falha entre os componentes do sistema da turbina usando o Gráfico de Pareto que pode apresentar a freqüência de falha por inteiro dos componentes que compõem o Sistema da Turbina, o ranking e a distribuição cumulativa de ocorrência de falha;
- ii. Análise da freqüência da ocorrência de falha com o decorrer do tempo (Tendência de ocorrência de falha): análise da freqüência de ocorrência de falha baseado em uma

mudança das variáveis do objeto de pesquisa com o decorrer de tempo usando o método de análise de tendência;

- iii. Avaliação da confiabilidade e tendência de falha do componente: utiliza a técnica do gráfico de probabilidade de Weibull (papel log x log) para identificar se a falha dos componentes monitorados apresenta um padrão de falha de randômico ou um padrão de falha por desgaste. Utiliza como método de análise, sobre o intervalo de estimação, o parâmetro associado à forma da distribuição de Weibull, e avalia a confiabilidade para a falha randômica para o componente quando o parâmetro de forma de Weibull for 1.0 (β). Quando β excede 1, pode-se caracterizar a falha como não randômica, ou seja um padrão de falha por desgaste (*wear-out*).
- iv. Proposta de política de manutenção eficiente: Determina o ótimo período de inspeção (periódica) e MTBF para os componentes dos Sistema da Turbina, associado à uma política de manutenção baseada em condição.

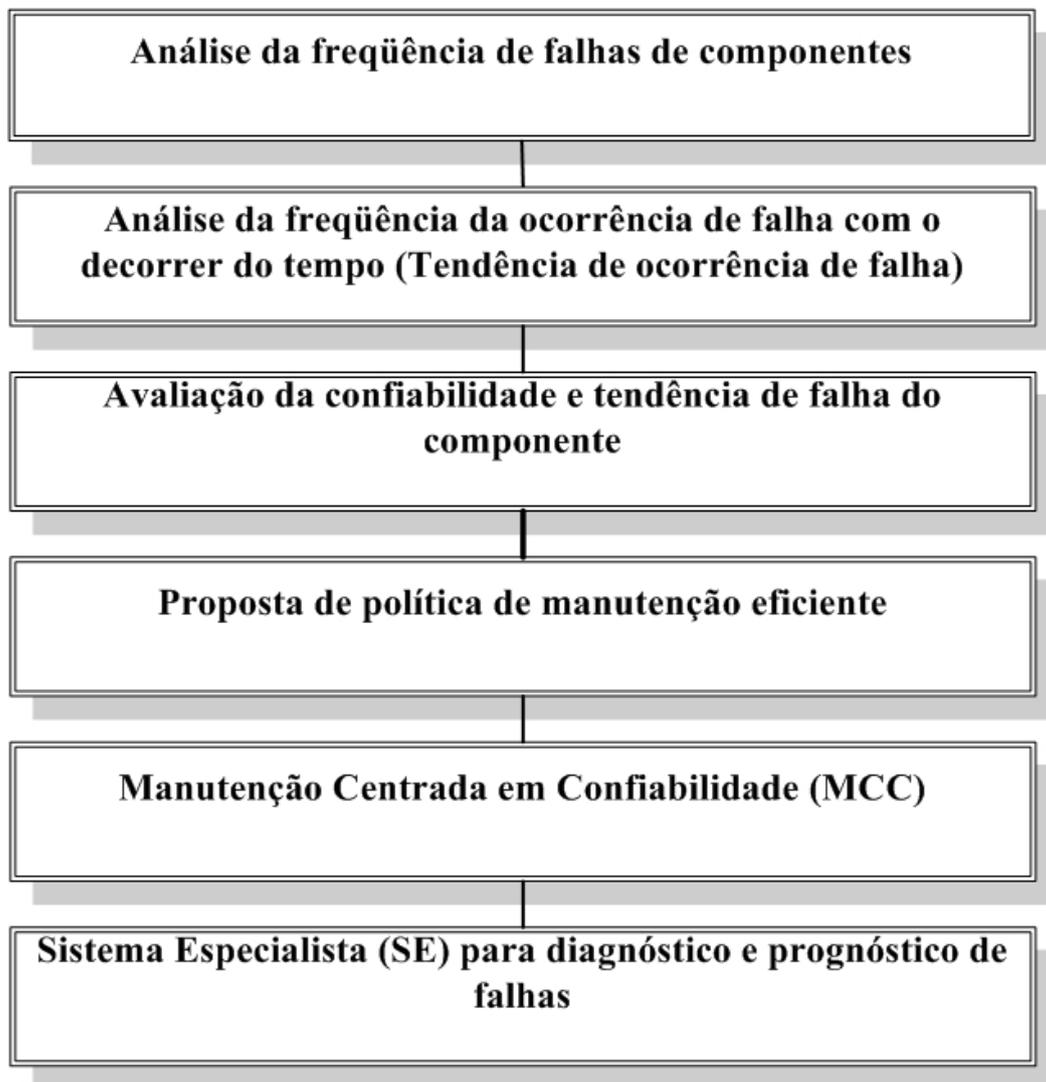


Figura 2.2 – Processo de análise de avaliação da confiabilidade para Manutenção Baseada em Condição (CBM).

- v. Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC): Aplicação de conceitos de Manutenção Centrada em Confiabilidade (FMEA, Markov, Diagrama de Blocos e Simulação Monte Carlo).
- vi. Sistema Especialista (SE) para diagnóstico e prognóstico de falhas: utiliza uma política de manutenção preditiva, manutenção baseada em condição (contínua e periódica), a partir das grandezas monitoradas pelo sistema de supervisão e controle da Smar e Rockwell (Rede Foundation FieldBus e DeviceNet) complementada por informações de inspeções periódicas, para realizar o diagnóstico e o prognóstico de falhas. O diagnóstico está associado à detecção da falha, isolamento e identificação das falhas quando elas ocorrem. Já o prognóstico foca na previsão da falhas antes que elas ocorram. Obviamente, o prognóstico é superior ao diagnóstico no sentido que o prognóstico pode prevenir as falhas. Entretanto o prognóstico não pode substituir completamente o diagnóstico, desde que em situações práticas sempre existirá algum tipo de falha que não pode ser prevista, ou seja, o prognóstico ou qualquer outra técnica de previsão não pode garantir 100% de previsão de falhas ou defeitos. No caso de insucesso da previsão, o diagnóstico pode ser usado como ferramenta complementar para o suporte de decisão para a manutenção.
 - ✓ Diagnóstico: o diagnóstico de falha de máquina é um procedimento de mapeamento de informação obtida no espaço de medição e/ou características dentro do espaço de características para a falha da máquina pertencente ao espaço de falhas (árvore de falhas). Este processo de mapeamento é também chamado de reconhecimento de padrões. As abordagens mais utilizadas no reconhecimento de padrões são abordagens estatísticas ou baseadas em Inteligência Artificial (AI).
 - ✓ Prognóstico: a literatura relata dois tipos de prognóstico de máquinas. O primeiro e mais usual é chamado de Vida Útil Remanescente (vida residual) e refere-se a observação ao longo do tempo antes que uma falha ocorra, tendo como referência a idade da máquina, a sua condição e o perfil de operação passado. É similar ao diagnóstico utilizando abordagens estatísticas, AI e abordagens baseadas em modelo. A segunda técnica de prognóstico incorpora políticas de manutenção, sendo chamada neste caso de manutenção baseada em monitoração (CBM). A principal idéia do prognóstico incorporando políticas de manutenção é para otimizar a política de manutenção de acordo com certos critérios como risco, custo, confiabilidade e disponibilidade.

2.4.1 ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE FALHAS DE COMPONENTES

Inicialmente faz-se o levantamento das frequências de falhas dos componentes utilizando o Gráfico de Pareto a partir dos registros históricos de Balbina e Samuel (SAP/R3 e Info_opr). Estes dados são apresentados nas figuras 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7.

2.4.2 TENDÊNCIA DE OCORRÊNCIA DE FALHA

A tendência de ocorrência de falha é apresentada na forma de um gráfico ln (número de falhas) x ln (tempo em horas), mostrando o comportamento do número de falhas ao longo do tempo. As figuras 2.8 a 2.12 apresentam gráficos log-log de tendência de ocorrência de falhas para o sistema da turbina e todos os seus equipamentos.

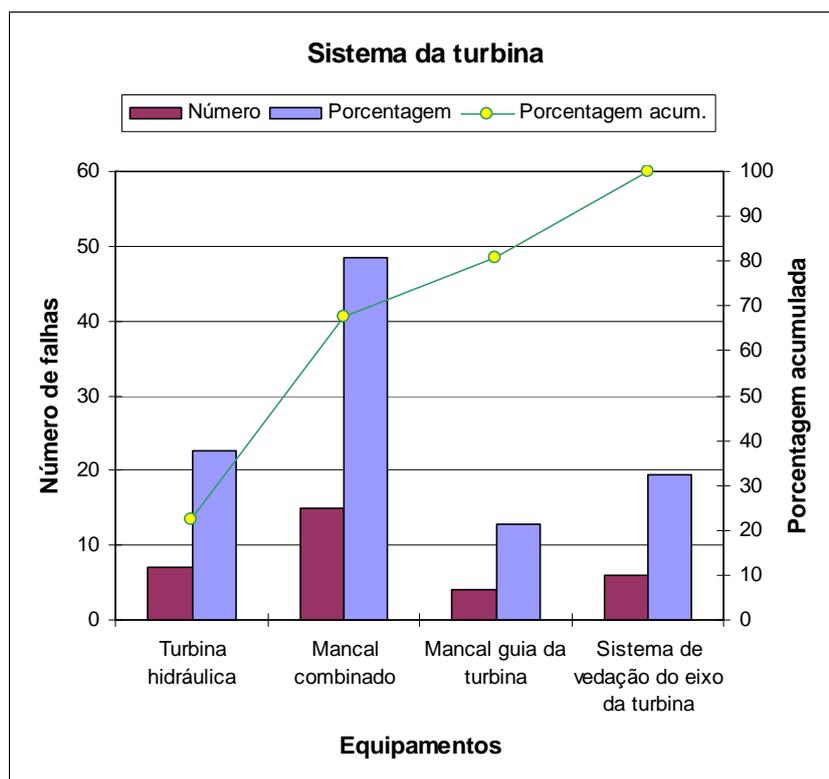


Figura 2.3 – Falhas características do Sistema da Turbina usando o Gráfico de Pareto.

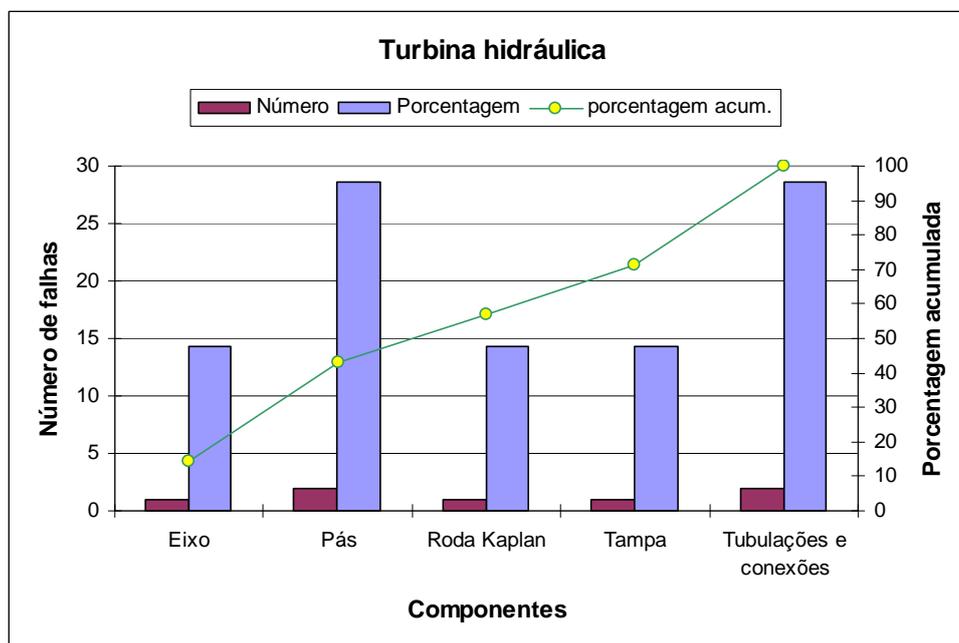


Figura 2.4 – Falhas características da turbina hidráulica usando o Gráfico de Pareto.

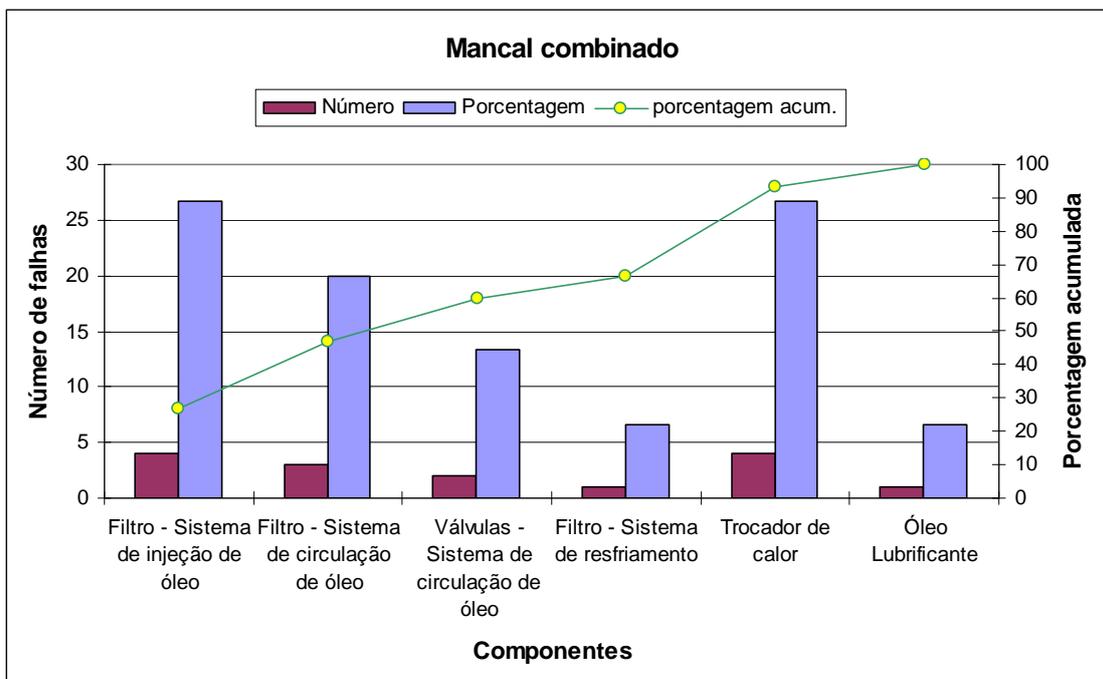


Figura 2.5 – Falhas características do mancal combinado usando o Gráfico de Pareto.

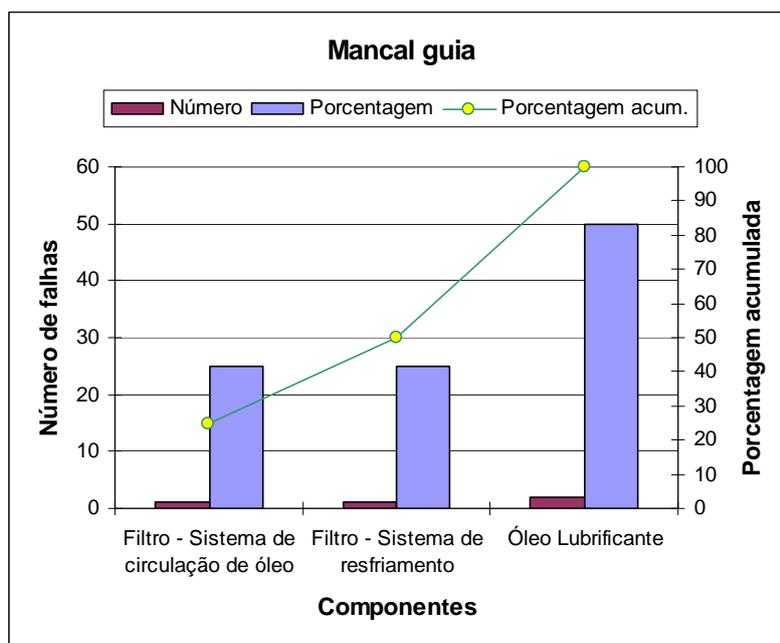


Figura 2.6 – Falhas características do mancal guia da turbina usando o Gráfico de Pareto.

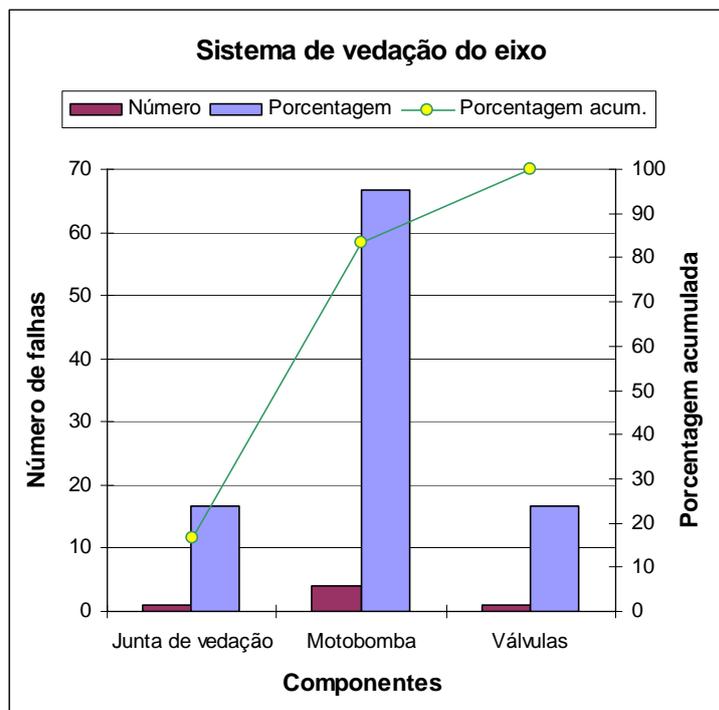


Figura 2.7 – Falhas características do sistema de vedação do eixo da turbina usando o Gráfico de Pareto.

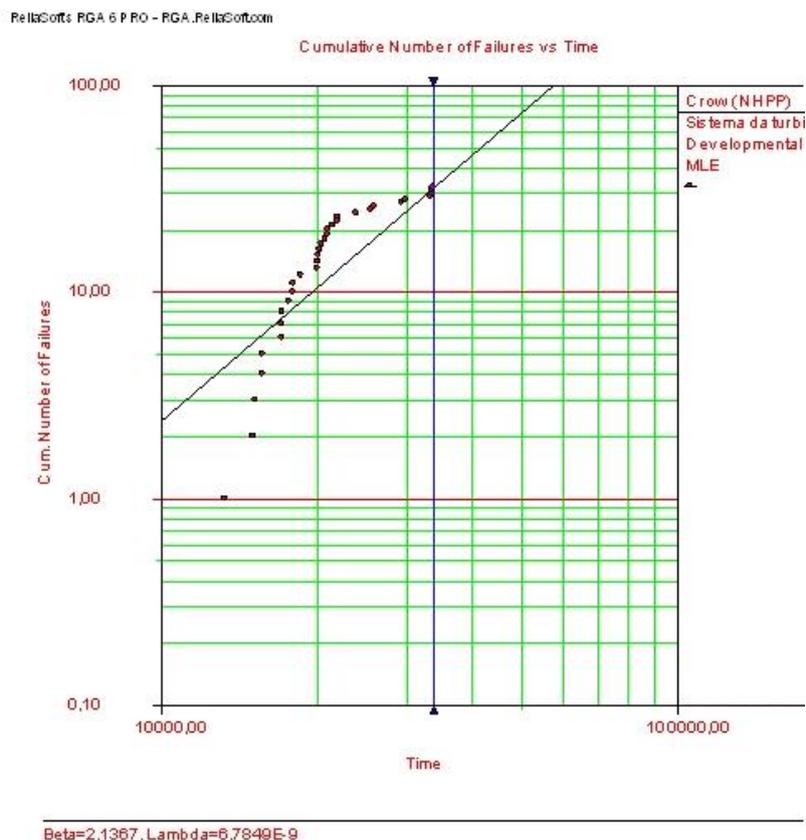


Figura 2.8 – Gráfico de tendência de ocorrência de falhas para o sistema da turbina

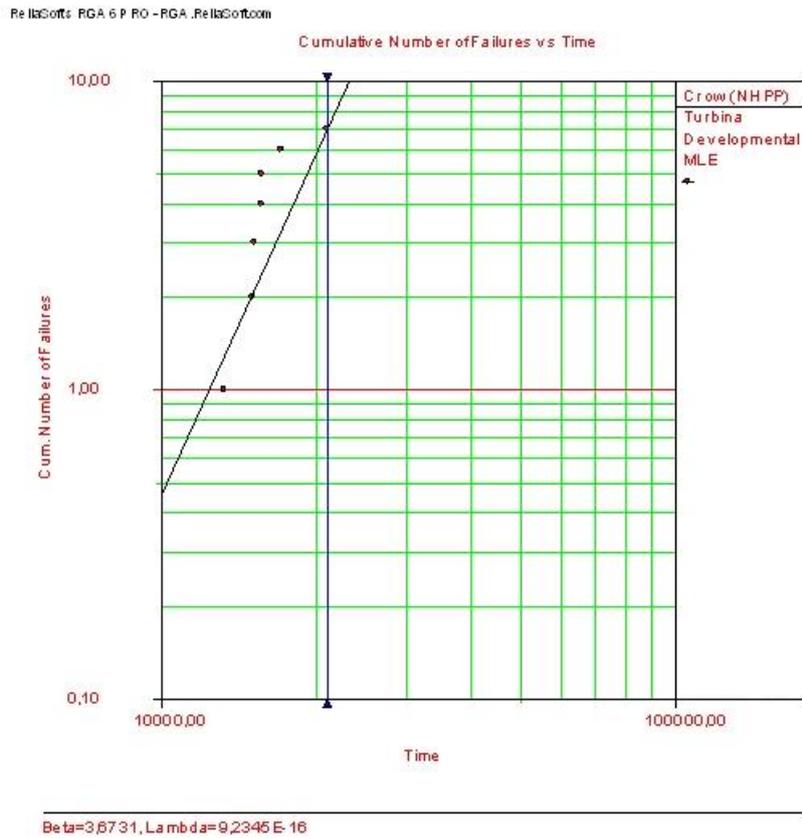


Figura 2.9 – Gráfico de tendência de ocorrência de falhas para a turbina hidráulica

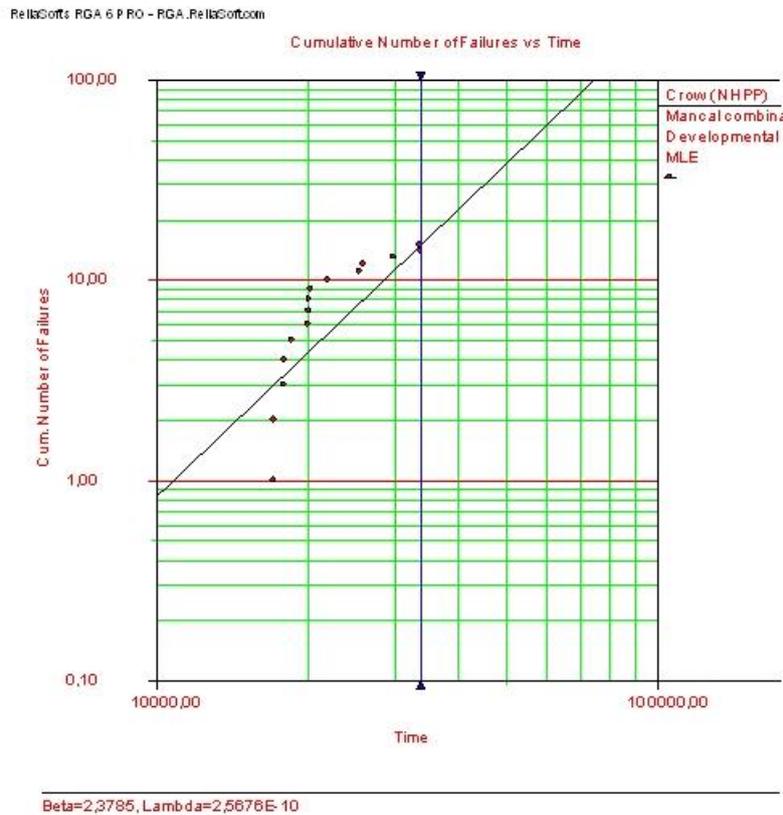


Figura 2.10 – Gráfico de tendência de ocorrência de falhas para o mancal combinado

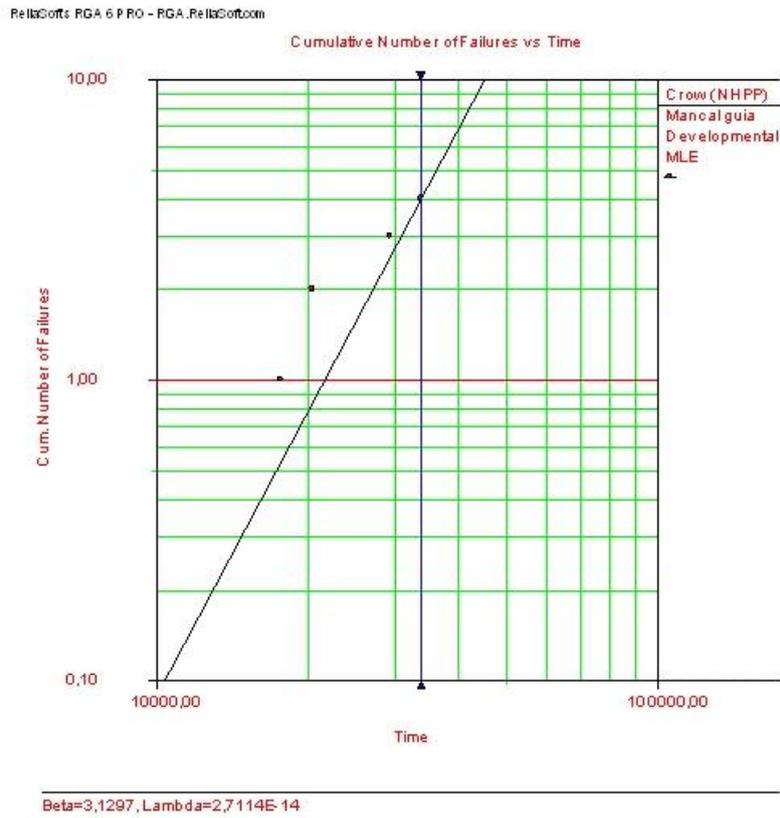


Figura 2.11 – Gráfico de tendência de ocorrência de falhas para o mancal guia

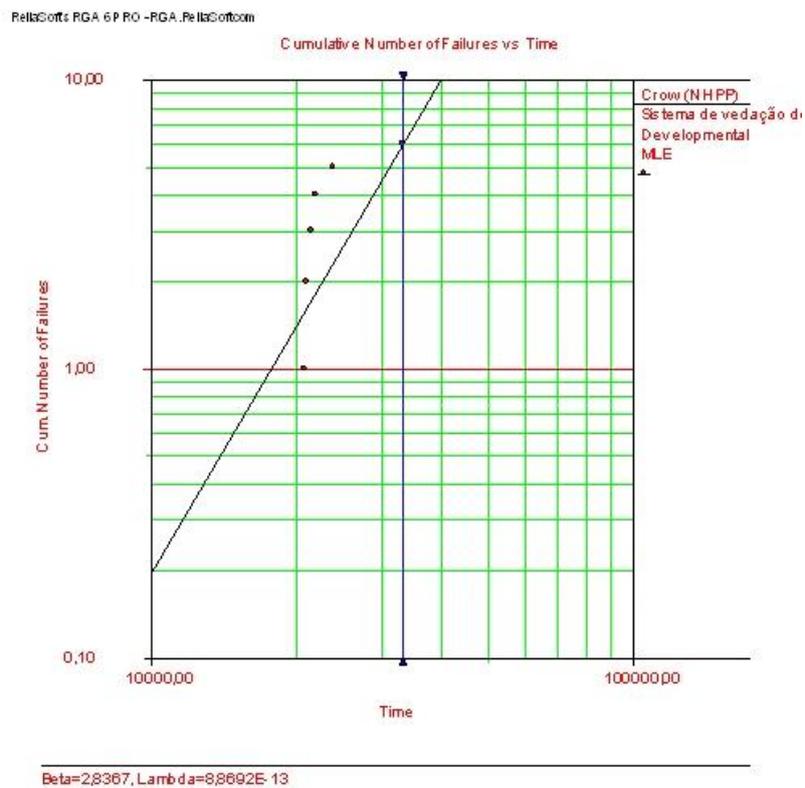


Figura 2.12 – Gráfico de tendência de ocorrência de falhas para o sistema de vedação do eixo

2.4.3 CÁLCULO DO MTBF E ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO DE TEMPO DE FALHA (WEIBULL)

A distribuição de Weibull é uma expressão semi-empírica de probabilidade, desenvolvida por Enerst Hjalmar Wallodi Weibull, físico sueco, em 1939. Sua utilidade decorre do fato de permitir:

- ✓ Representar falhas típicas de partida (mortalidade infantil), falhas aleatórias e falhas devido ao desgaste.
- ✓ Obter parâmetros significativos da configuração de falhas.
- ✓ Representação gráfica simples.

As Principais Expressões Matemáticas da análise Weibull são:

- Probabilidade de falhas de um item, num dado intervalo de tempo t de operação.

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta} \quad (3)$$

$F(t)$ = Função de distribuição cumulativa

t_0 = Vida Mínima ou Confiabilidade Intrínseca (tempo de operação o qual o equipamento passa a apresentar falhas, ou seja, intervalo de tempo que o equipamento não apresenta falhas).

η = Vida Característica ou Parâmetro de Escala (intervalo de tempo entre t_0 e t no qual ocorrem 63,2% das falhas, restando portanto, 36,8% de itens sem falhar).

β = Fator de Forma (indica a forma da curva e a característica das falhas).

$\beta < 1 \rightarrow$ taxa de falhas decrescente (mortalidade infantil).

$\beta = 1 \rightarrow$ taxa de falhas constante (falhas aleatórias).

$\beta > 1 \rightarrow$ taxa de falhas crescente (falhas por desgaste).

- Probabilidade a qual o equipamento não irá falhar para um dado período de tempo t de operação (confiabilidade)

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-t_0}{\eta}\right)^\beta} \quad (4)$$

- Tempo Médio Entre falhas (MTBF)

$$MTBF = t_0 + \eta \cdot \Gamma(1 + \beta^{-1}) \quad (5)$$

Γ = Função Gama

- Desvio Padrão

$$\sigma = \eta \cdot \sqrt{\Gamma(1 + 2 \cdot \beta^{-1}) - \Gamma^2(1 + \beta^{-1})} \quad (6)$$

A escolha apropriada de t_0 , β e η na Distribuição de Weibull podem ser usadas para representar uma larga faixa de distribuições, incluindo tanto distribuições randômicas (exponencial negativa) quanto distribuições aproximadamente normal. Embora a experiência tenha mostrado que a distribuição de Weibull possa ser usada para representar a grande

maioria de modelos de falha, é essencial notar que é uma função semi-empírica, e pode não ser capaz de representar algumas distribuições particulares encontradas na prática.

Com relação ao Fator de Forma β , temos que:

- Se $\beta = 1$ (taxa de falha constante), pode ser uma indicação que modos de falhas múltiplos estão presentes ou que os dados coletados dos tempos para falhar são suspeitos. Este é frequentemente o caso dos sistemas os quais diferentes componentes têm diferentes idades, e o tempo individual de operação dos componentes não estão disponíveis. Uma taxa de falhas constante pode também indicar que as falhas são provocadas por agentes externos, tais como: uso inadequado do equipamento ou técnicas inadequadas de manutenção.
- O modo de falhas por desgaste é caracterizado por $\beta > 1$ mas pode ocorrer situações as quais as falhas por desgaste ocorram depois de um tempo finito livre de falhas, e um valor de $\beta = 1$ é obtido. Isto pode ocorrer quando uma amostragem contém uma proporção de itens imperfeitos, acarretando falhas antes de um tempo finito livre de falhas. Os parâmetros da Distribuição de Weibull dos modos de falhas por desgaste podem ser deduzidos se forem eliminados os itens imperfeitos e analisados os seus dados separadamente.

Desenvolveu-se um estudo de falhas dos equipamentos do sistema da turbina, utilizando-se o método de análise Weibull. A partir dos registros dos cartões de anormalidades construiu-se um gráfico *Log-Log* do logaritmo do inverso da confiabilidade em função do tempo. Aplicou-se então uma regressão linear no gráfico obtido para determinar os parâmetros β e η , e assim conhecer a característica das falhas.

A tabela 2.1 apresenta avaliação de confiança que calculou o parâmetro de distribuição de tempo de falha que usando o gráfico de probabilidade de Weibull, incluindo a tendência de ocorrência de falha para as unidades e partes do Sistema da Turbina, ou qualquer outro sistema de uma UGH.

Tabela 2.1 – Parâmetros da distribuição de tempo de falha e MTBF.

EQUIPAMENTO	SUBSISTEMA	COMPONENTE	β	η	MTBF
TURBINA HIDRÁULICA	-----	Cabeçote Kaplan	1,00	70128,00	70128,00
		Eixo	1,00	35064,00	35064,00
		Pás	30,05	15613,00	15329,70
		Roda Kaplan	1,00	35064,00	35064,00
		Tampa	1,00	35064,00	35064,00
		Tubulações e conexões	9,38	14886,00	14122,56
MANCAL COMBINADO	Sistema de injeção de óleo	Filtro	41,45	17791,00	17553,24
		Motobombas	1,00	70128,00	70128,00
		Painel elétrico	1,00	70128,00	70128,00
		Tubulações e conexões	1,00	70128,00	70128,00
		Válvulas	1,00	70128,00	70128,00
	Sistema de circulação de óleo	Filtro	8,71	23717,00	22425,70
		Motobombas	1,00	70128,00	70128,00
		Painel elétrico	1,00	70128,00	70128,00
		Tanque	1,00	70128,00	70128,00
		Tubulações e conexões	1,00	70128,00	70128,00
		Válvulas	3,21	27939,00	25028,18
	Sistema de resfriamento	Filtro	1,00	35064,00	35064,00
		Trocador de calor	4,00	26957,00	24432,85
		Tubulações e conexões	1,00	70128,00	70128,00

		Válvulas	1,00	70128,00	70128,00
	Cuba	Bloco de escora	1,00	70128,00	70128,00
		Óleo Lubrificante	1,00	35064,00	35064,00
		Pista de guia	1,00	70128,00	70128,00
		Segmento do mancal	1,00	70128,00	70128,00
MANCAL GUIA DA TURBINA	Sistema de injeção de óleo	Filtro	1,00	70128,00	70128,00
		Motobombas	1,00	70128,00	70128,00
		Painel elétrico	1,00	70128,00	70128,00
		Tubulações e conexões	1,00	70128,00	70128,00
		Válvulas	1,00	70128,00	70128,00
	Sistema de circulação de óleo	Filtro	1,00	35064,00	35064,00
		Motobombas	1,00	70128,00	70128,00
		Painel elétrico	1,00	70128,00	70128,00
		Tanque	1,00	70128,00	70128,00
		Tubulações e conexões	1,00	70128,00	70128,00
	Sistema de resfriamento	Válvulas	1,00	70128,00	70128,00
		Filtro	1,00	35064,00	35064,00
		Trocador de calor	1,00	70128,00	70128,00
	Cuba	Tubulações e conexões	1,00	70128,00	70128,00
		Válvulas	1,00	70128,00	70128,00
		Bloco de escora	1,00	70128,00	70128,00
Óleo Lubrificante		8,75	20020,00	18933,48	
SISTEMA DE VEDAÇÃO DO EIXO DA TURBINA	Sistema de vedação	Pista de guia	1,00	70128,00	70128,00
		Segmento do mancal	1,00	70128,00	70128,00
		Cuba da junta	1,00	70128,00	70128,00
		Junta de manutenção	1,00	70128,00	70128,00
		Junta de vedação	1,00	35064,00	35064,00
	Sistema de drenagem	Pista de desgaste	1,00	70128,00	70128,00
		Sistema de resfriamento	1,00	70128,00	70128,00
		Motobomba	18,84	22355,00	21729,41
		Painel elétrico	1,00	70128,00	70128,00
		Tubulações e conexões	1,00	70128,00	70128,00
SISTEMA DO DISTRIBUIDOR	Servomotor	Válvulas	1,00	35064,00	35064,00
		Poço	1,00	70128,00	70128,00
		Cilindro	1,00	70128,00	70128,00
		Guarnições	1,00	70128,00	70128,00
	Palheta diretriz	Haste	1,00	70128,00	70128,00
		Válvulas	1,00	70128,00	70128,00
		Bucha	1,00	70128,00	70128,00
	Mecanismo de acionamento	Palheta	1,00	70128,00	70128,00
		Vedações	1,00	70128,00	70128,00
		Anel de sincronismo	1,00	70128,00	70128,00
		Biela	1,00	70128,00	70128,00
		Fim de curso	1,00	70128,00	70128,00
		Manivela	1,00	70128,00	70128,00
SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO	-----	Pino de cisalhamento	1,00	70128,00	70128,00
		Travas	1,00	70128,00	70128,00
SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO	-----	Sistema de injeção de ar	1,00	70128,00	70128,00
		Válvula de aeração	1,00	70128,00	70128,00

2.4.4 POLÍTICA DE MANUTENÇÃO EFICIENTE (PERÍODO DE INSPEÇÃO ÓTIMO NA MANUTENÇÃO PREVENTIVA BASEADA EM CONDIÇÃO)

Para os defeitos¹ (mau funcionamento sem perda de função) que se desenvolvem até a falha (perda de função) de um componente do sistema, se o defeito (falta, mau funcionamento) acontecer uma vez, pode-se assumir, como foi visto nos gráficos de tendência de falhas (Figuras 2.8 a 2.11), que ocorrerá um crescimento gradual com o transcorrer do tempo.

Assim, fica mais fácil descobrir as falhas através de inspeções devido as suas especificidades. Na manutenção preventiva baseada em condição (CBM) são realizadas inspeções de forma regular por pessoas (manual) ou on-line (automática), no caso, através da instrumentação FieldBus e Rockwell e do sistema SIMPREBAL, e se qualquer falta acontecer, a manutenção é executada preventivamente. Quer dizer, é o método para descobrir a falta (mau funcionamento, defeito), os sintomas de falha por inspeção (medição e comparação com as especificações funcionais), e executar uma manutenção preventiva se qualquer falta (mau funcionamento, defeito) é descoberta.

Para o modelo CBM concebido é assumido as seguintes pré-condições, complementando às medições e monitoração on-line (FieldBus e Rockwell) associado à metodologia SIMPREBAL:

- i. Composição do período de inspeção manual: execução da periodicidade de inspeções em dois modos de inspeção manual, inspeção detalhada e inspeção simplificada, considerando a execução do período de inspeção de acordo com a figura 2.13:
 - a. Período de inspeção simplificada: inspeção regular, uma vez por mês;
 - b. Período de inspeção detalhada: inspeção e medições regulares (uma vez a cada seis meses e uma vez por ano).

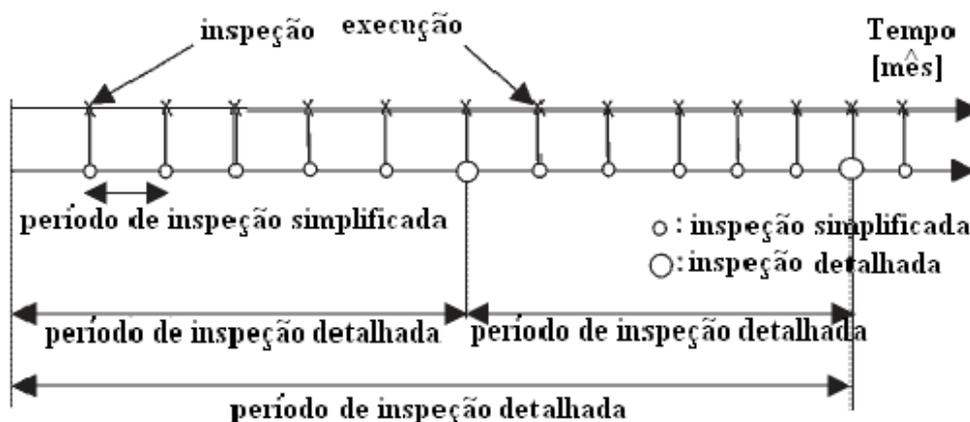


Figura 2.13 – Composição do período de inspeção manual.

- ii. Distribuição do MTBF e do período de ocorrência de falta (mau funcionamento): Assume-se que o MTBF segue uma distribuição exponencial porque a taxa de falha é regular e mostra característica randômica. Além disso, o período de ocorrência de falta

¹ Defeito é um mau funcionamento que não leve à perda da função. Deve ser usado com sinônimo de Falta ou mau funcionamento.

também segue uma distribuição exponencial, desde que existam períodos de ocorrências de falhas conforme mostrado na figura 2.14.

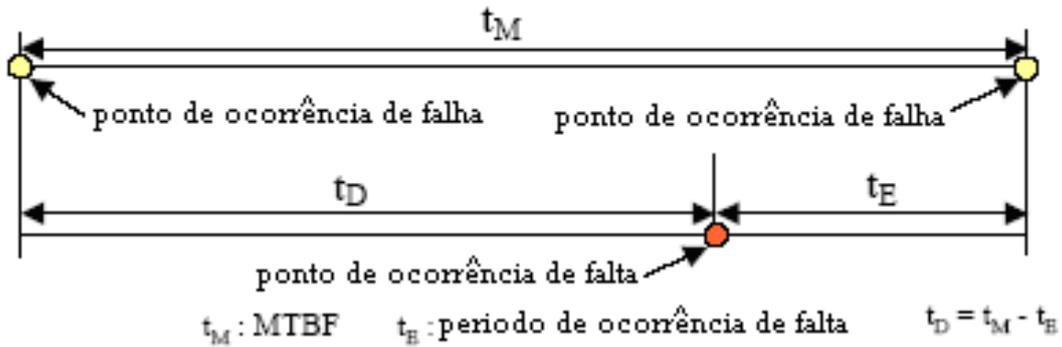


Figura 2.14 – Ocorrência de falha e período de ocorrência de falha.

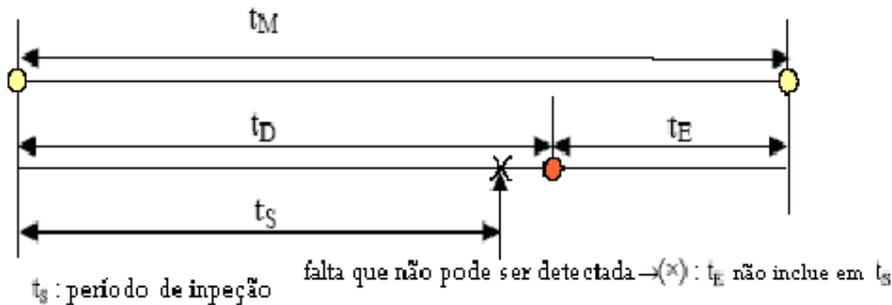


Figura 2.15 – Probabilidade que uma inspeção não seja executada em um período de ocorrência de falha.

- iii. Crescimento da probabilidade de detecção imediata de falha: desde que a falha/defeito (mau funcionamento) está crescendo é mais fácil de descobrir a falha logo antes da falha funcional, então assume-se que a probabilidade de detecção da falha/defeito está aumentando e presume-se que a mudança da inspeção da falha e a probabilidade de descoberta pode ser expressa como uma equação linear.
- iv. Relação entre a detecção e o período de ocorrência da falha na execução de uma inspeção: enquanto se faz a inspeção, considere-se que a inspeção é feita no período de ocorrência de falha ou não. Se a inspeção não for feita no período de ocorrência da falha, uma manutenção corretiva deverá ser feita. Por outro lado, se a inspeção é executada no período da falha, distingue-se o caso de sucesso de descobrir a falha do caso da ocorrência da falha. Neste momento, faz-se o diagnóstico apenas do caso de sucesso de detecção da falha.
 - a. No caso da probabilidade de inspeção não ser feita no período da ocorrência da falha, nenhum defeito poderá ser detectado (fig. 2.15);
 - b. Na probabilidade que a inspeção seja executada no período da ocorrência da falha, a possibilidade de detecção do defeito é mostrado na figura 2.16;
 - c. A probabilidade de ter sucesso na inspeção instantânea da falha e a probabilidade de fracassar (fig. 2.17).

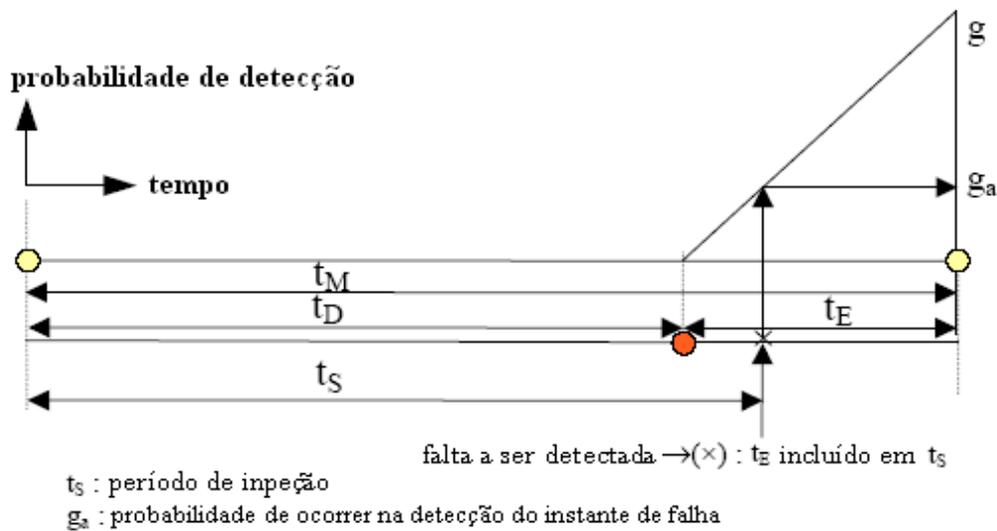


Figura 2.16 – Probabilidade que uma inspeção seja executada em um período de ocorrência de falha.

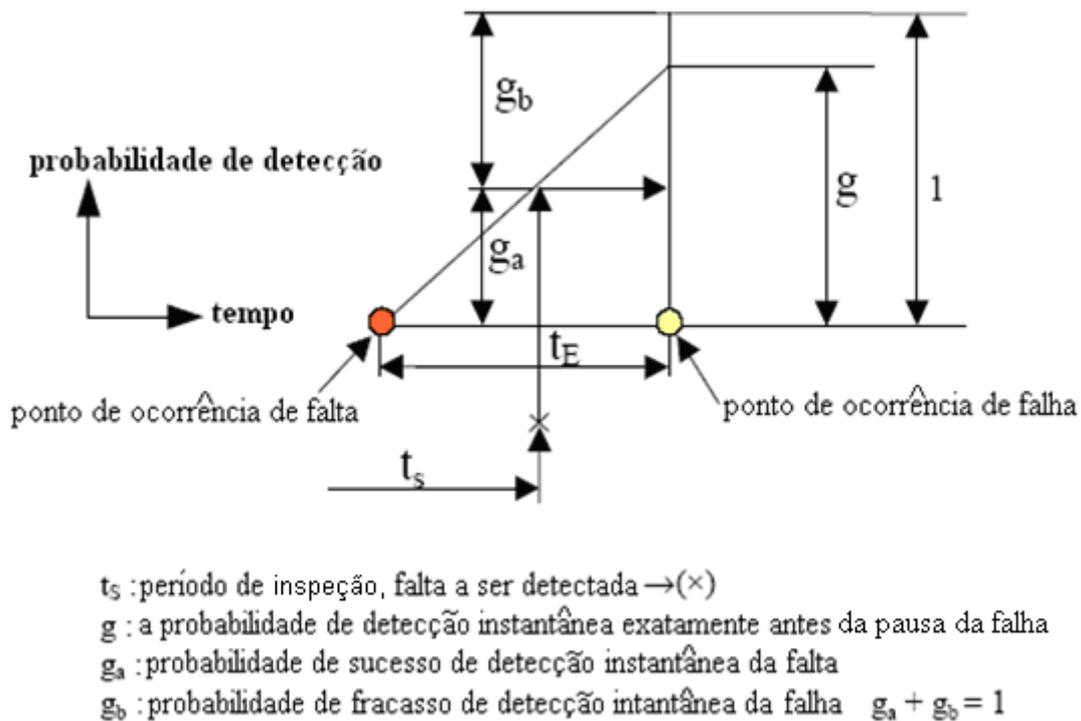


Figura 2.17 – A probabilidade de ter sucesso na inspeção instantânea da falha e a probabilidade de fracassar.

Considere que é possível realizar muitas vezes a inspeção durante o período de ocorrência da falha como mostrado na Equação (7), se o período de inspeção é curto e o período de ocorrência de falha é mais longo, conforme mostrado na figura 2.18. O número de sucesso da detecção de falha/defeito (N_a) para uma inspeção pode ser expressa pela Equação (8) estabelecendo-se muitos intervalos de ocorrência de falhas, o período de inspeção e o período de ocorrência de falha. Já g_{ai} é a probabilidade de sucesso de detecção da falha iminente na i -ésima inspeção.

$$g_a = \sum_{k=1}^n \frac{[t_E - E + t_s \times (k - 1)]}{t_E} \times g,$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, n,$$
(7)

$$N_a = \sum_{i=1}^n g_{ai},$$
(8)

Onde,

g_a é a probabilidade de sucesso na detecção no instante da falha,
 g é a probabilidade de detecção imediata logo antes parada de falha,
 t_s é o período de inspeção,
 t_E o período da ocorrência da falha.

A figura 2.19 apresenta a probabilidade de diagnóstico da falha associado ao t_p (tempo de diagnóstico) que deve ser menor que t_L (lead time, tempo que demora até acontecer a falha a partir da detecção da falta/defeito), caso contrário o diagnostico não terá sucesso, pois a falha ocorrerá antes.

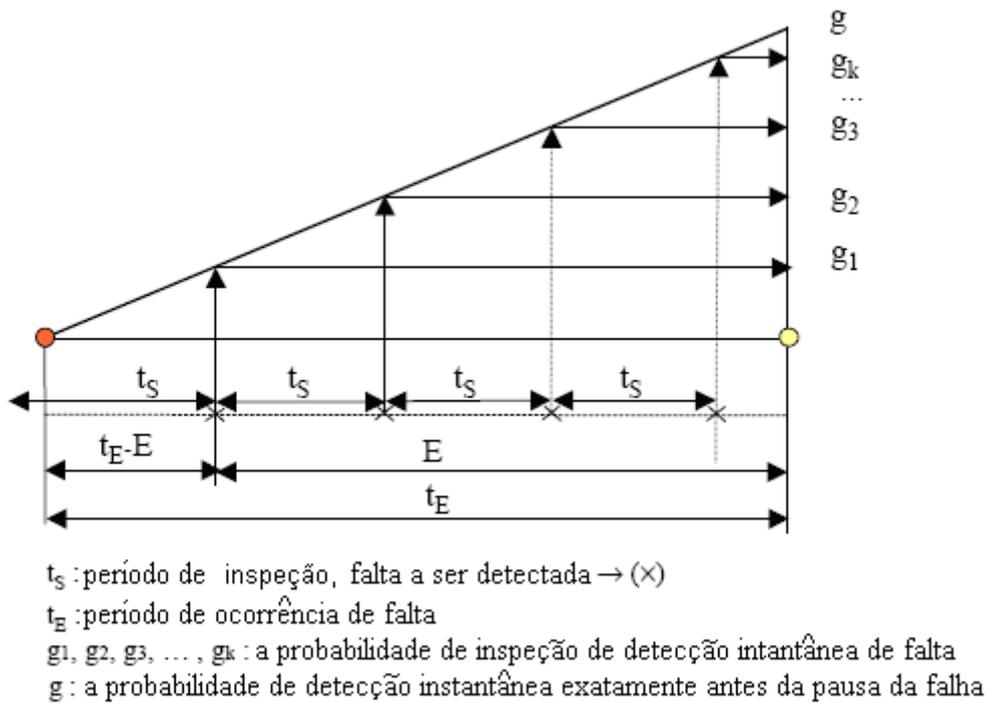


Figura 2.18 – Repetição de inspeção durante o período.

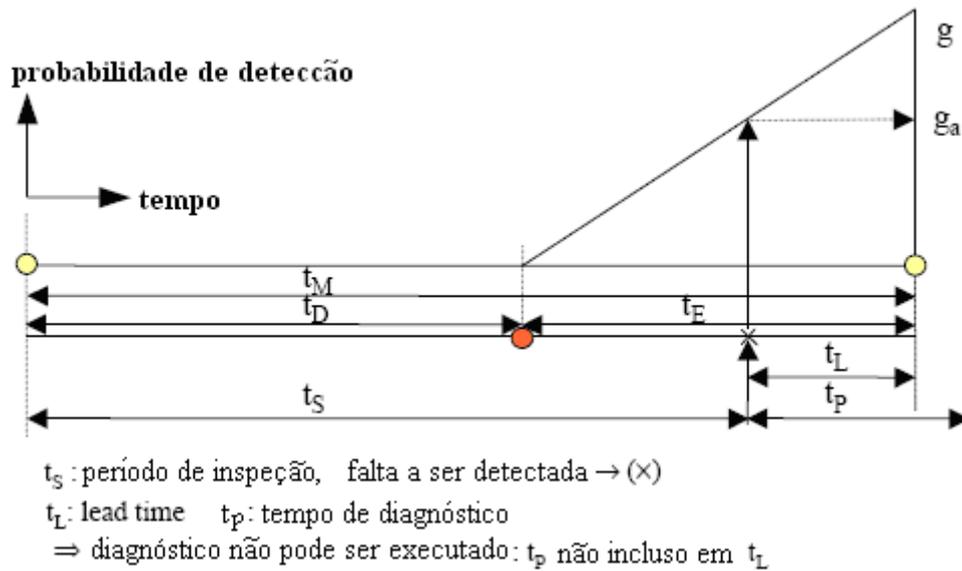


Figura 2.19 – Probabilidade de insucesso no diagnóstico.

- v. Relacionamento entre lead time e tempo de diagnóstico: se a detecção do defeito através de uma inspeção é bem sucedida, diagnóstico e reparo (manutenção preventiva) são executados, ou seja o tempo de diagnóstico está dentro do lead time ($t_p < t_L$), conforme pode ser observado na figura 2.20.
- vi. Probabilidade de detecção da falta pelo pessoal de manutenção: assume que a probabilidade de detecção do instante da falta pelo pessoal de manutenção pode ser definido pela inspeção simplificada e pela inspeção detalhada, que tem um procedimento de inspeção, e presume-se que a probabilidade de detecção de falta da inspeção detalhada é maior que a inspeção simplificada.
- vii. Processo de manutenção centrada em confiabilidade.

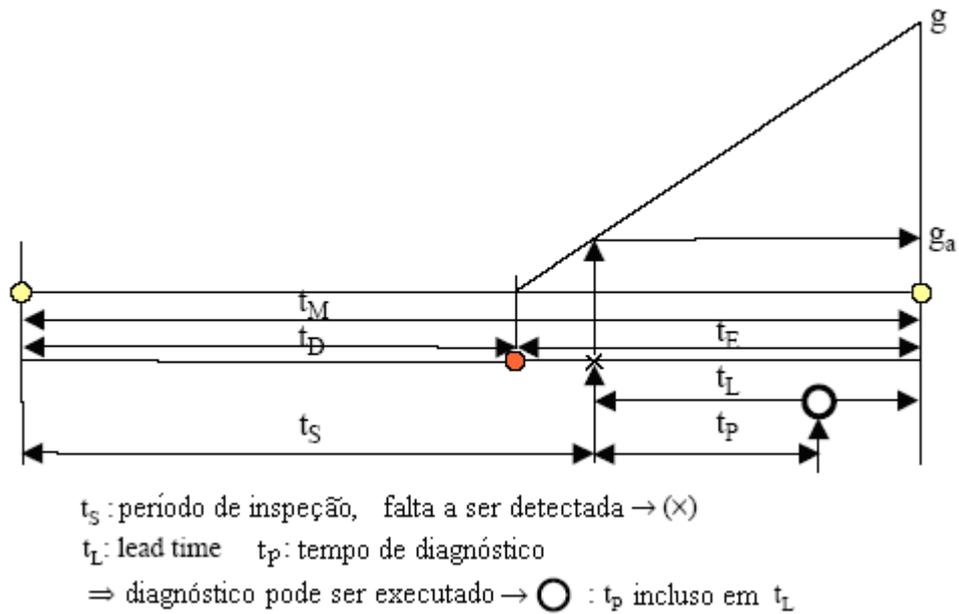


Figura 2.20 – Probabilidade de sucesso na manutenção preventiva através do sucesso do diagnóstico.

A figura 2.21 apresenta uma síntese do procedimento adotado para realizar o processo de manutenção centrada em confiabilidade.

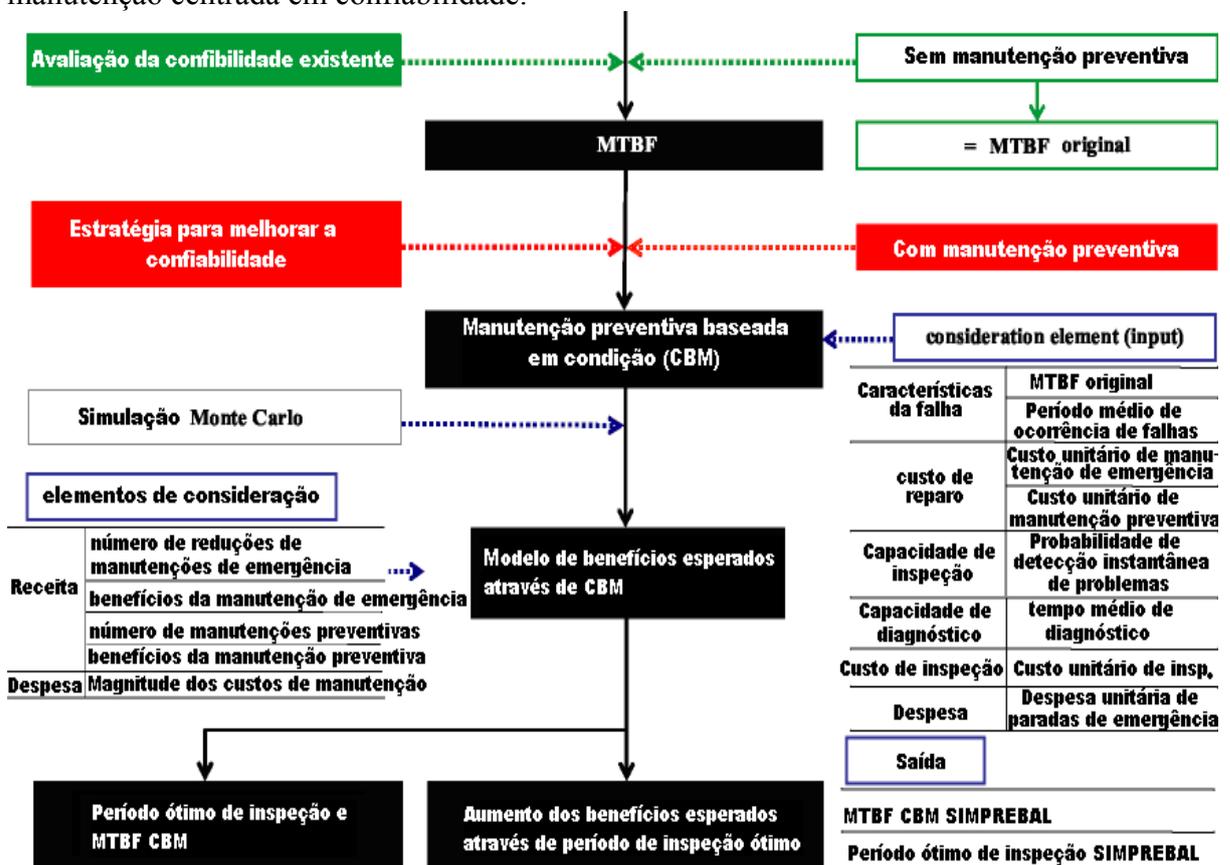


Figura 2.21 - Processo de manutenção centrada em confiabilidade

2.5 MODELO DE REFERÊNCIA USADO PARA MANUTENÇÃO BASEADA EM CONDIÇÃO: CIM-OSA

Será utilizado como referência para o desenvolvimento do sistema de manutenção inteligente baseado em condição a arquitetura baseada em OSA-CBM (Open System Architecture for Condition Based Maintenance) descrita na URL <http://www.osacbm.org>.

A arquitetura OSA-CBM consiste em sete camadas (fig. 2.22). A noção de uma arquitetura estendida em camadas usada aqui é consistente com a usada em Buschman (1996). Uma camada é vista como uma coleção de tarefas semelhantes ou funções em níveis diferentes de abstração.



Figura 2.22 – Arquitetura OSA-CIM e suas 7 camadas.

As camadas hierárquicas representam uma transição lógica ou um fluxo da saída dos sensores para a camada de tomada de decisão, através das camadas intermediárias. A camada de apresentação é uma exceção dentro da arquitetura, pois permite comunicação ponto-a-ponto entre esta camada e qualquer outra.

A seguir são apresentadas as sete camadas e como estas camadas se ajustam ao sistema SIMPREBAL em desenvolvimento:

1. Módulo de sensor: A camada de módulo de sensor consiste no transdutor e elementos de aquisição de dados. O transdutor converte alguns estímulos a energia elétrica ou óptica. A aquisição de dados é a conversão ou formatando de produção analógica do transdutor para um formato digital ou "palavra". Neste módulo serão utilizados os sensores e conversores Foundation FieldBus da Smar, System 302. Também é previsto o uso de sensores da Rockwell para monitoração de vibração, por exemplo.

2. **Processamento de sinal:** A camada de processamento de sinais processa os dados digitais do módulo de sensor para convertê-la em uma forma desejada que caracteriza um dados específico. Exemplos incluem Transformada Rápida de Fourier (TRF), ou o cálculo da média de valores para um intervalo de tempo. Contribuições para esta camada podem incluir tipo de módulo de sensor e informação de local e dados de calibração. *Também são utilizados a instrumentação FieldBus e Rockwell. No caso do sistema de monitoração de vibração da Rockwell, o sistema tem incorporado funcionalidades para tratamento de sinais usando TRF.*
3. **Monitoração de Condição:** Esta camada determina a condição do sistema atual, subsistema, ou indicadores de condição de componente (excede limiar, ciclo de tensão, condição operacional, métrica de uso) baseado em algoritmos, sistemas inteligentes e na saída dos módulos de sensores e processamento de sinal. Esta camada pode fazer uso de histórico de condição local e fornece parâmetros para o modelo. *Duas dimensões devem ser consideradas. Na primeira o conversor FieldBus e o sistema Assetview da Smar fornecem análises relativa a condição da instrumentação FieldBus. Na segunda dimensão o sistema SIMPREBAL fornece a condição do sistema monitorado.*
4. **Avaliação de saúde:** A camada de avaliação de saúde determina o estado de saúde dos sistemas monitorados, subsistema ou componentes baseado na saída do módulo de monitoração de condição e das condições históricas e valores de referência. A saída desta camada é um índice de saúde do equipamento monitorado. Duas dimensões também devem ser consideradas. *Na primeira o conversor FieldBus e o sistema Assetview da Smar fornecem a avaliação da saúde da instrumentação FieldBus. Na segunda dimensão o sistema SIMPREBAL fornece a avaliação da saúde do sistema monitorado.*
5. **Prognósticos:** A camada de prognósticos considera a avaliação de saúde do sistema, subsistema, ou componente, o escalonamento empregado (predição de uso - cargas e duração) e capacidade do modelo/raciocínio que pode predizer o estado de saúde do equipamento, com uma determinada precisão. Lee et al (2004) apresentam seu sistema WatchDog Agent que implementa dezenas de ferramentas e algoritmos de prognósticos, baseados em Transformada de Fourier, Modelo Auto-regressivo, Lógica Fuzzy, Redes Neurais, entre outros. *O sistema SIMPREBAL irá utilizar abordagem baseada em Sistemas Inteligentes baseado em Sistemas Especialistas e Lógica Fuzzy, que serão desenvolvidos usando as ferramentas Jess, FuzzyJess e o MatLab.*
6. **Tomada de decisão:** A camada de tomada de decisão integra informação necessárias para tomada de uma decisão para agir, baseado em informação sobre a saúde, e para predizer a saúde de um sistema, subsistema ou componentes, uma noção de urgência e importância, externo, constrangimentos, exigências de missão e incentivos financeiros. Provê indicando ações e alternativas com as implicações de cada alternativa. *O sistema SIMPREBAL irá realizar a tomada de decisão baseado na sua base de conhecimento e relacionamento entre a árvore de faltas/falhas e a árvore de sintomas, complementado pelas informações de inspeções simplificadas e detalhadas realizada pelo sistema de Manutenção Preditiva Total (TPM).*
7. **Apresentação:** A camada de apresentação suporta a apresentação de informação para/e controle de entradas dos usuários de sistemas (por exemplo manutenção e pessoal de operações). Saídas incluem qualquer informação produzida pelas camadas mais baixas e as entradas incluem qualquer informação requerida pelas camadas mais

baixas. Fornece também a interface homem/máquina. A camada de apresentação do sistema SIMPREBAL será desenvolvida para GUI (Interface Gráfico com o Usuário) baseada em browser (Netscape, Mozilla, IExplore, entre outros) usando html, XML, javascript e applets (Java), conforme apresentado na figura 2.23.

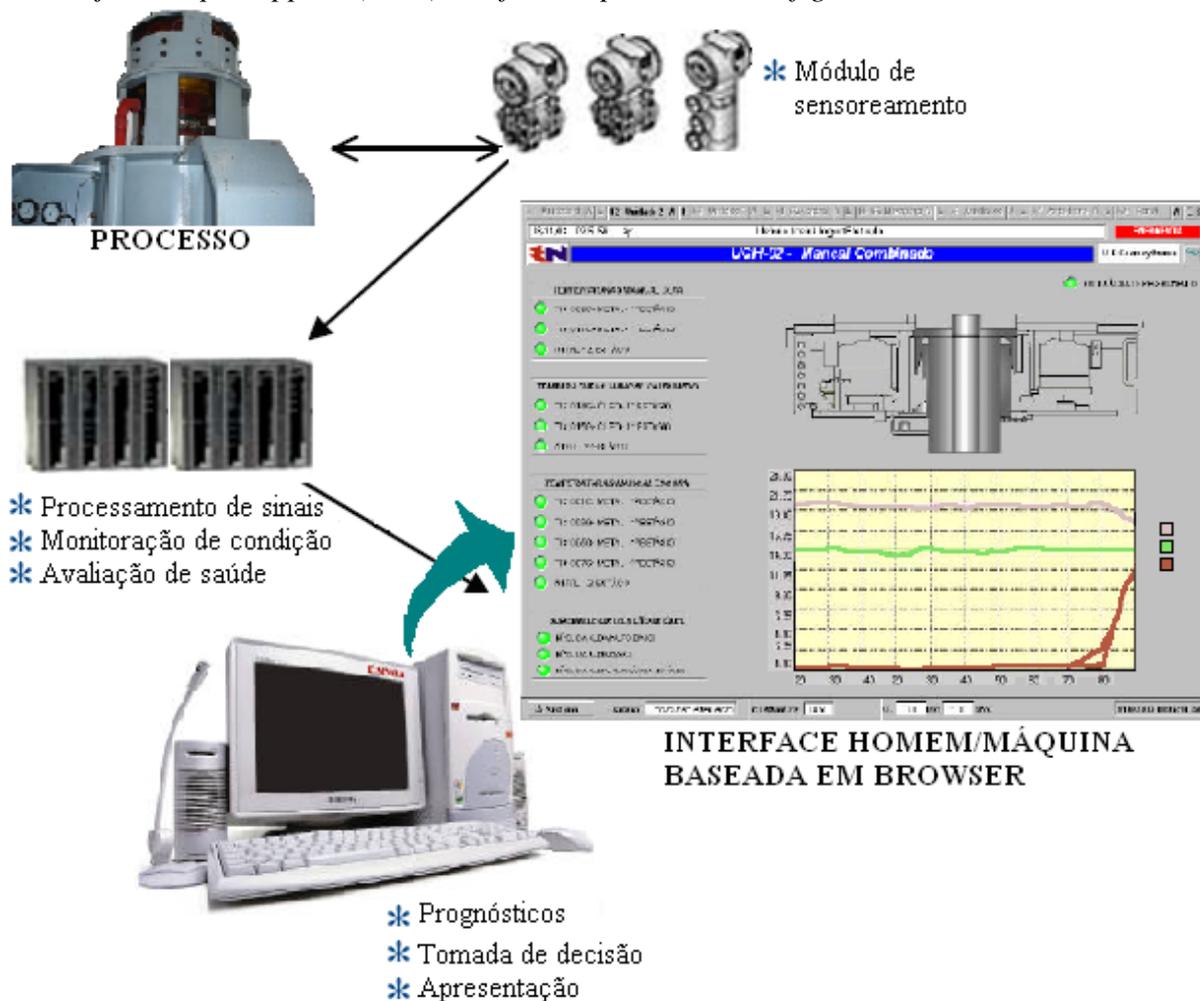


Figura 2.23 – Camada de apresentação baseada em browser.

Baseado na arquitetura OSA-CBM Lee et al (2004) apresentam um interessante sistema baseado em fusão sensorial, designado de WatchDog Agent (<http://www.imscenter.net>), onde descreve uma novo paradigma para sistemas de manutenção preditivos e preventivos usando o framework WatchDog Agent. A figura 2.24 apresenta os módulos de um sistema genérico aplicado na CBM (Manutenção Baseada em Condição).

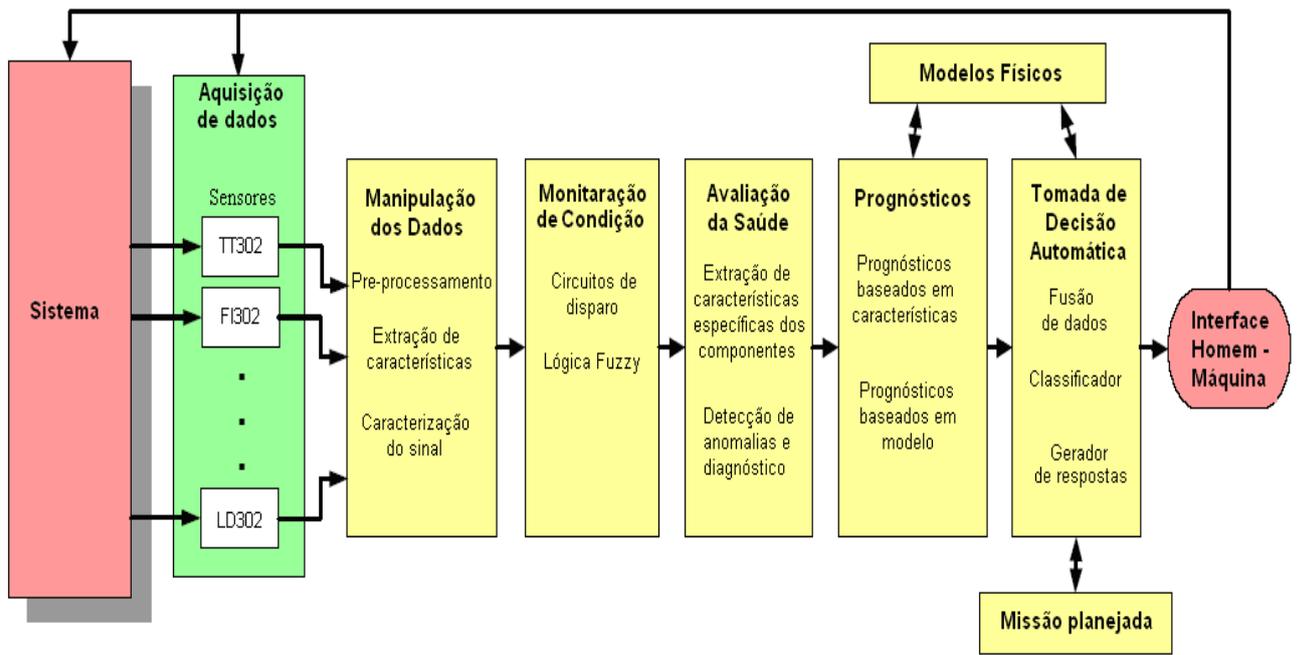


Figura 2.24 – Exemplo dos 7 módulos (camadas) da arquitetura OSA-CIM.

2.6 METODOLOGIA SIMPREBAL

O primeiro princípio a ser compreendido é que quando faltas/defeitos ocorrem, o comportamento da máquina muda. Esta mudança é frequentemente refletida nos sinais de monitoração medidos. É importante prover os meios de captura do comportamento da máquina durante a sua operação e gerar alertas quando ocorrem desvios com relação ao padrão normal observado. O segundo elemento chave é fornecer suporte adequado para armazenar e manipular a estrutura de informação sobre a possível condição da máquina ou de seus componentes individuais, no caso as partes e componentes do Sistema da Turbina. Por fim o conhecimento estruturado e a informação numérica deve ser conectadas através de um sistema de diagnóstico, que tem como objetivo associar as medições coletadas com as condições da máquina. A figura 2.19 apresenta a arquitetura do sistema descrevendo seus módulos e como os módulos se relacionam.

2.6.1 ÁRVORE DE FALHAS E SINTOMAS: APLICAÇÃO DA METODOLOGIA MCC

Utiliza-se a metodologia associada à Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) para mapear os componentes e partes do Sistema da Turbina com as possíveis falhas e defeitos que podem ocorrer. O objetivo é definir o defeito que leve a uma falha para que a máquina seja monitorada.

A árvore de sintoma define todas os sintomas (sinais) relacionados as faltas/falhas junto com informações sobre o estado do processo em um caso específico. O sintoma e as informações do estado da máquina são definidos, onde os parâmetros usados para processamento de sinais representam as características a serem monitoradas para detectar as falta/falha. A definição dos parâmetros está associado aos TAGs das grandezas monitoradas do sistema Foundation FieldBus. Estes TAGs estão armazenados em uma base de dados e podem ser obtidos em tempo real utilizando-se da tecnologia OPC (OLE for Process Control), que disponibiliza todas as variáveis monitoradas através de um arquitetura Cliente/Servidor via OPC. Assim todas as variáveis de interesse estão relacionadas e são acessadas através da tecnologia OPC e disponibilizadas para o módulo de diagnóstico realizar a tomada de decisão.

2.6.2 DETECÇÃO E DIAGNÓSTICO DE FALHA/DEFEITO ATRAVÉS DE SISTEMA ESPECIALISTA E LÓGICA FUZZY

É responsável pela associação e correlações entre as grandezas monitoradas e as condições de máquina, tendo duas funcionalidades: detecção da falta/defeito e diagnóstico da falta/defeito para executar uma manutenção preventiva. As condições de máquinas e sintomas são relacionados através dos modelos de árvore de falhas e sintomas. O módulo de detecção de anormalidade tem como principal funcionalidade monitorar os TAGs e verificar se algum desvio está ocorrendo com as variáveis monitoradas, fazendo uma classificação de acordo com as condições de anormalidade presente e gerando alarmes para o operador, mostrando que algum comportamento anormal está ocorrendo, e que uma falta/defeito foi detectada no equipamento. O segundo módulo, diagnóstico, irá informar as possíveis causas e efeitos da falta detectada, gerando relatórios para se proceder uma manutenção preventiva.

Complementando os dados das variáveis monitoradas obtidas através dos TAGs disponibilizados pelo sistema FieldBus e Rockwell, obtidas em tempo real, o sistema permite que a entrada de dados de todas as inspeções (simplificadas e detalhadas) realizadas pela equipe de manutenção, geradas pela programação da TMP (Manutenção Preditiva Total)

através do Programa de Manutenção Planejada (Periódica) da Eletronorte. Por exemplo, a medição de vibração é realizada semestralmente para as unidades geradoras principais para os equipamentos moto bomba do mancal guia do gerador (AX e AY). Esta informação associada a inspeção e controle programado são disponibilizadas para o sistema SIMPREBAL para auxiliar na tomada de decisão.

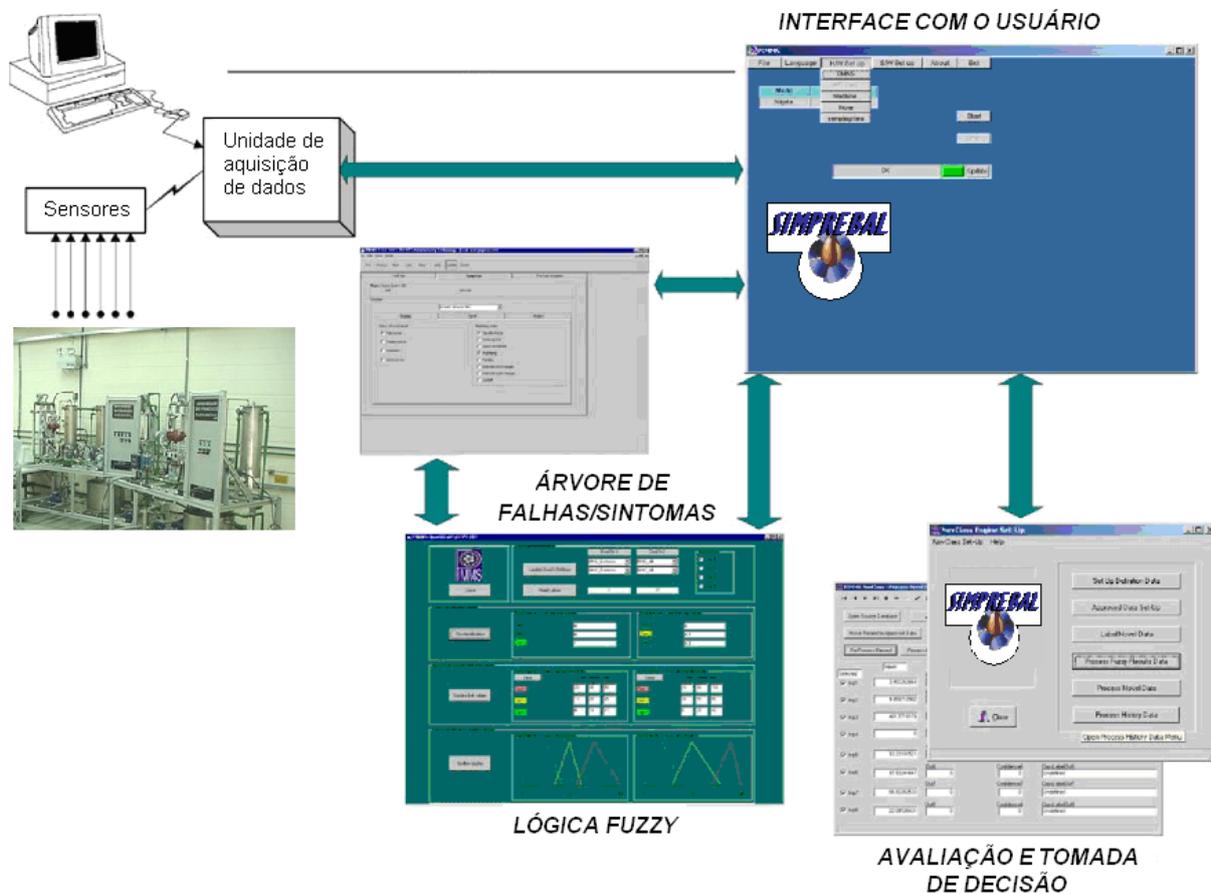


Figura 2.25 – Arquitetura do sistema SIMPREBAL.

A figura 2.26 apresenta um exemplo de GUI onde é destacado a base de conhecimento associada ao Sistema Especialista (SE) e Lógica Fuzzy do sistema SIMPREBAL.

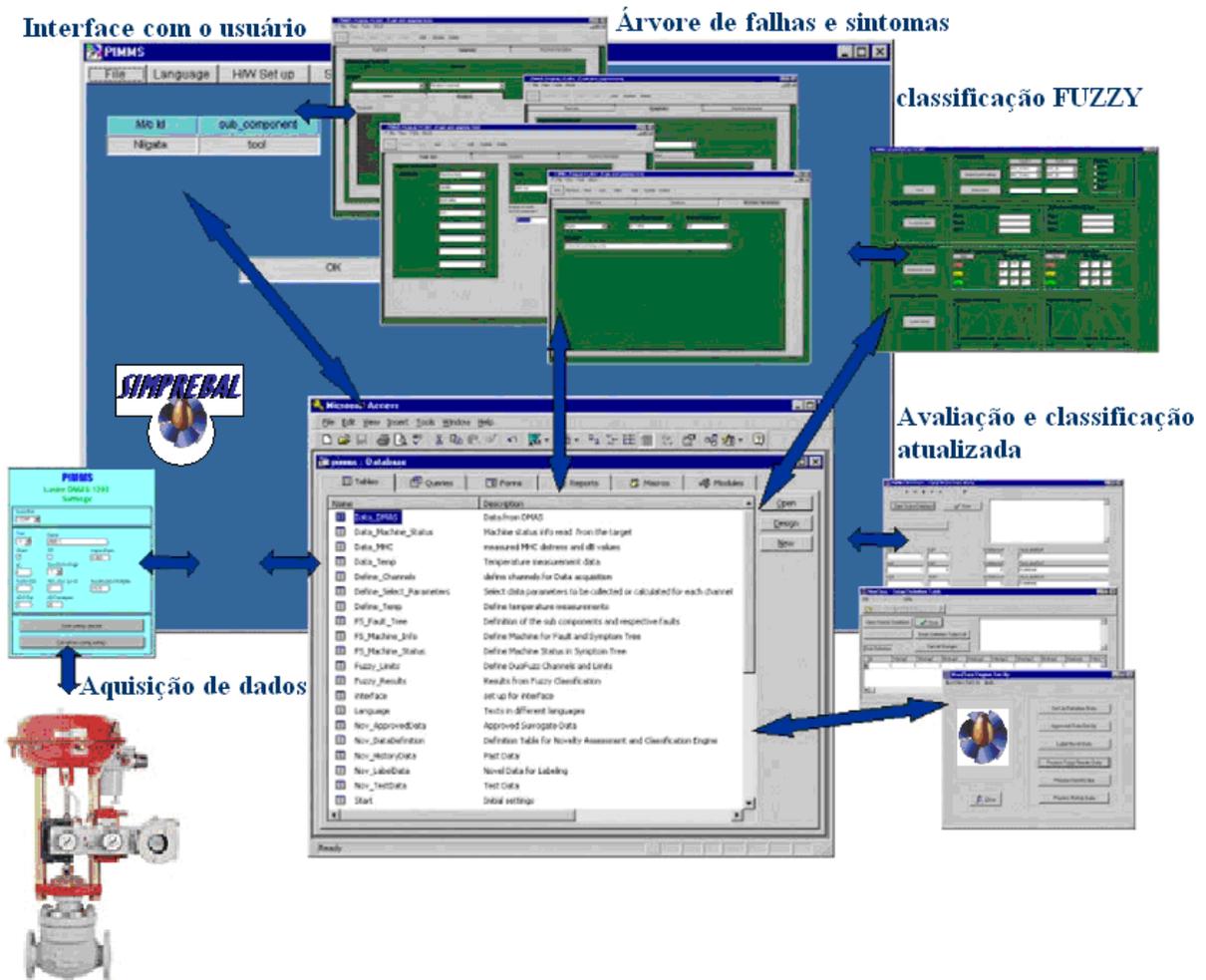


Figura 2.26 – Exemplo de GUI apresentando a base de conhecimento: SE e Lógica Fuzzy.

A figura 2.27 apresenta um fluxograma associado as atividades de Manutenção Baseada em Condição (CBM), onde são destacadas o relacionamento com os sistemas de gerenciamento de manutenção (CMMs), no caso os sistemas corporativos da Eletronorte e da Manaus Energia, SAP/R3 e MES-Maximo, respectivamente. A figura 2.28 destaca as atividades de análise do sistema CBM.

2.6.3 MODELO UML: DIAGRAMAS DE CLASSES ASSOCIADOS AO SIMPREBAL

A figura 2.29 apresenta o modelo de diagrama de classes em UML para a classificação dos componentes do Sistema da Turbina em função de uma hierarquia de tipos de critério (classe Critério), que é adotado nas variáveis fuzzy para classificação da criticidade do componente, podendo-se citar como exemplo o seguinte conjunto fuzzy: {Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto, Muito Alto}. A figura 2.30 apresenta o procedimento de fuzificação para esta variável.

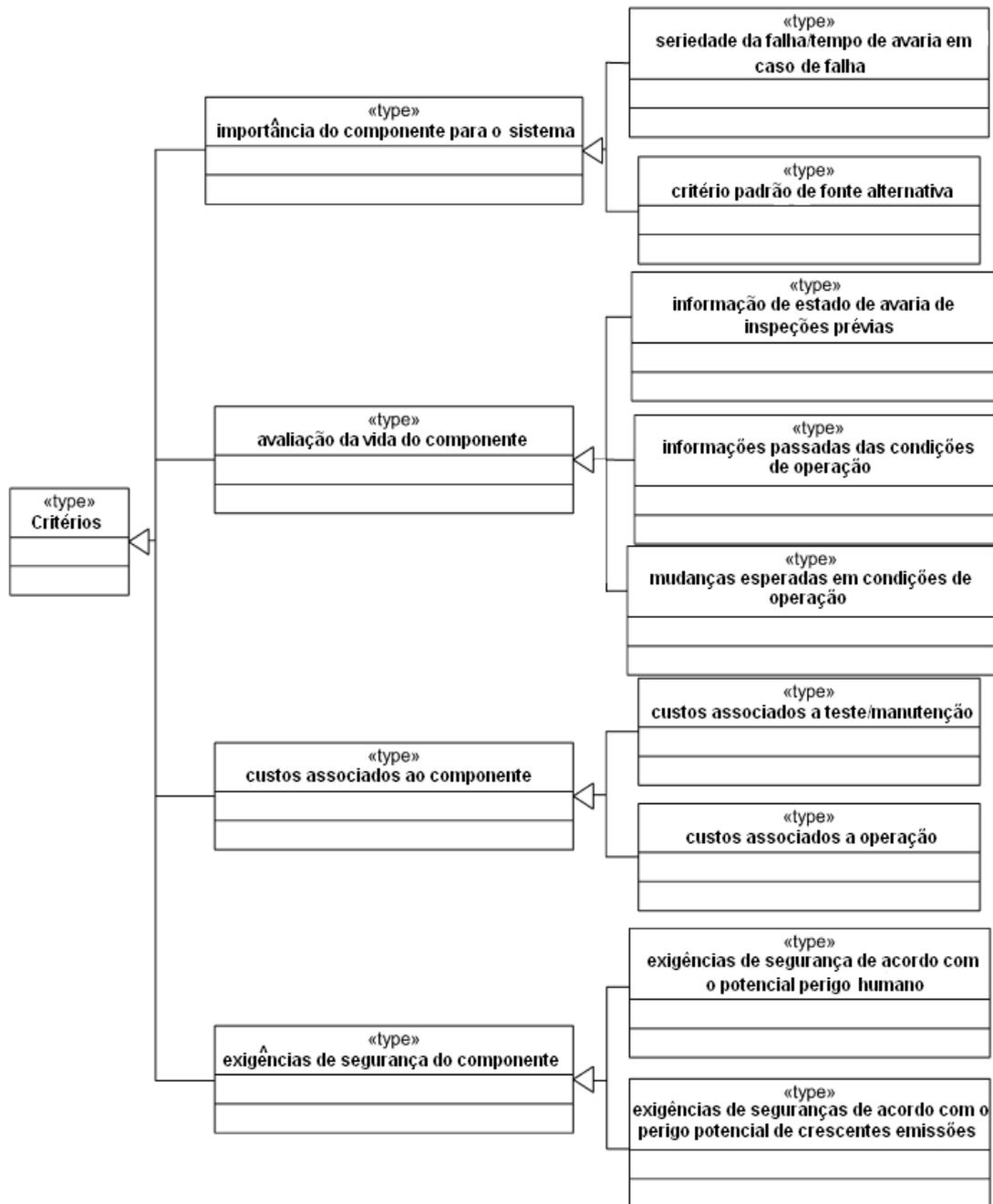
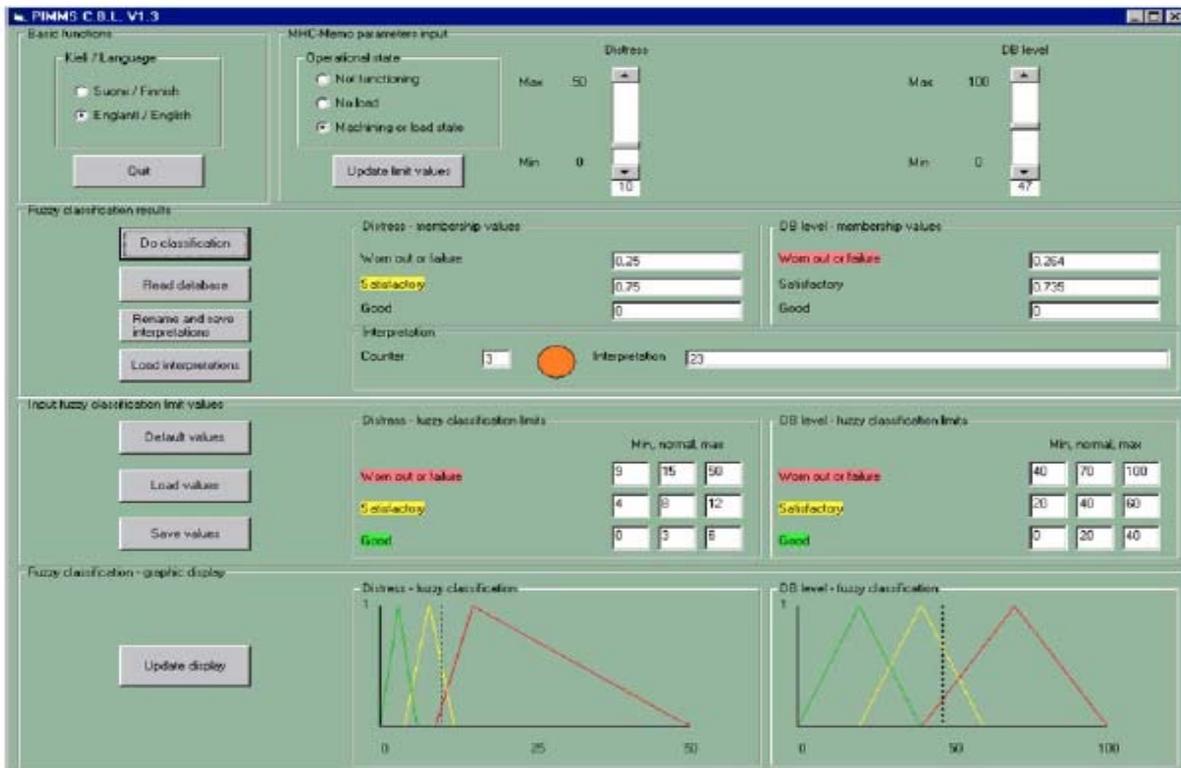


Figura 2.29 – Diagrama de Classe para hierarquia tipos de Critério.

As figura 2.30 apresenta um exemplo de variável fuzzy associado à classificação de classes de risco. Esta variável fuzzy é utilizada para se determinar os efeitos da falha sobre o sistema, com relação aos critérios econômico, segurança e ambiental.



Susceptibilidade		Classes de Risco				
H	Altamente suscetível a deterioração	M	H	E	X	X
M	Suscetível sob condições normais	L	M	H	E	X
L	Suscetível sob condições adversas	N	L	M	H	E
N	Nunca suscetível	N	N	L	M	H
Consequências		N	L	M	H	E
Economia		<10 k\$	10-100 k\$	0.1-1 M\$	1-10 M\$	>10 M\$
Segurança		Sem consequências	Consequência médias	Consequências Severas	Fatalidade única	Múltipla fatalidade
Ambiente		Sem efeito	Efeitos médios	Efeito localizado	Efeito considerável	Efeito muito severo

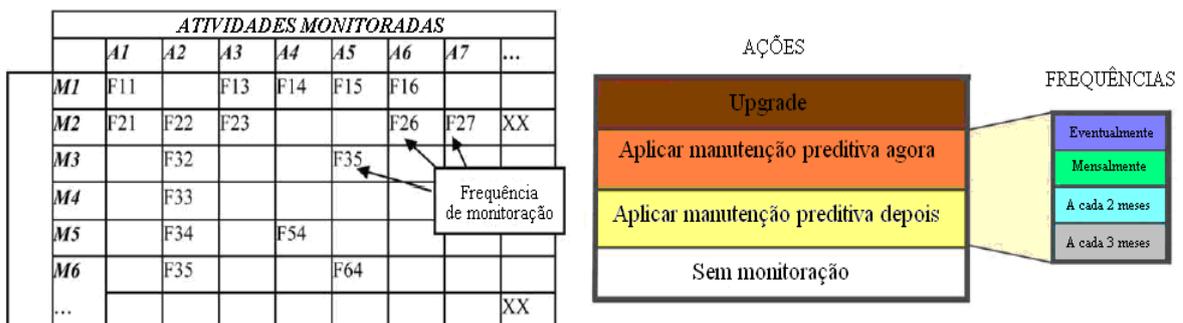
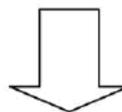


Figura 2.30 – Exemplo de variáveis fuzzy associado à critérios de riscos.

A Figura 2.31 apresenta o processo de “fuzificação” de várias variáveis associadas a parâmetros monitorados, como temperatura, vazão, pressão, densidade, entre outros.

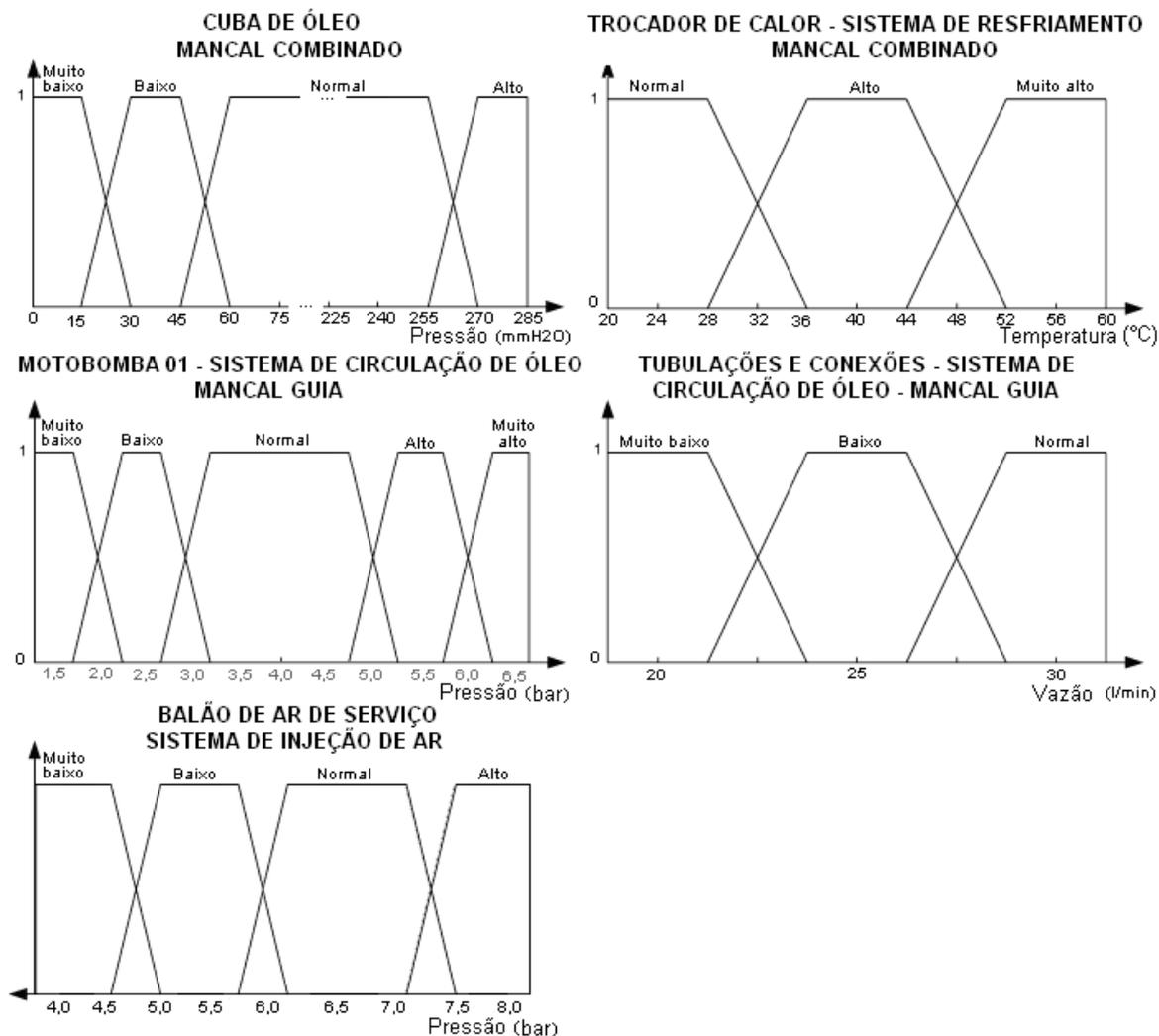


Figura 2.31 – Processo de fuzificação de várias variáveis.

A figura 2.32 apresenta o diagrama de classes (UML) da usina hidrelétrica de Balbina, mostrando todos sistemas superiores (figura 2.32-a), e um refinamento para todos os equipamentos e subsistemas do sistema da turbina (figura 2.32-b). Este diagrama apresenta as relações associadas à árvore de falha de todo o sistema.

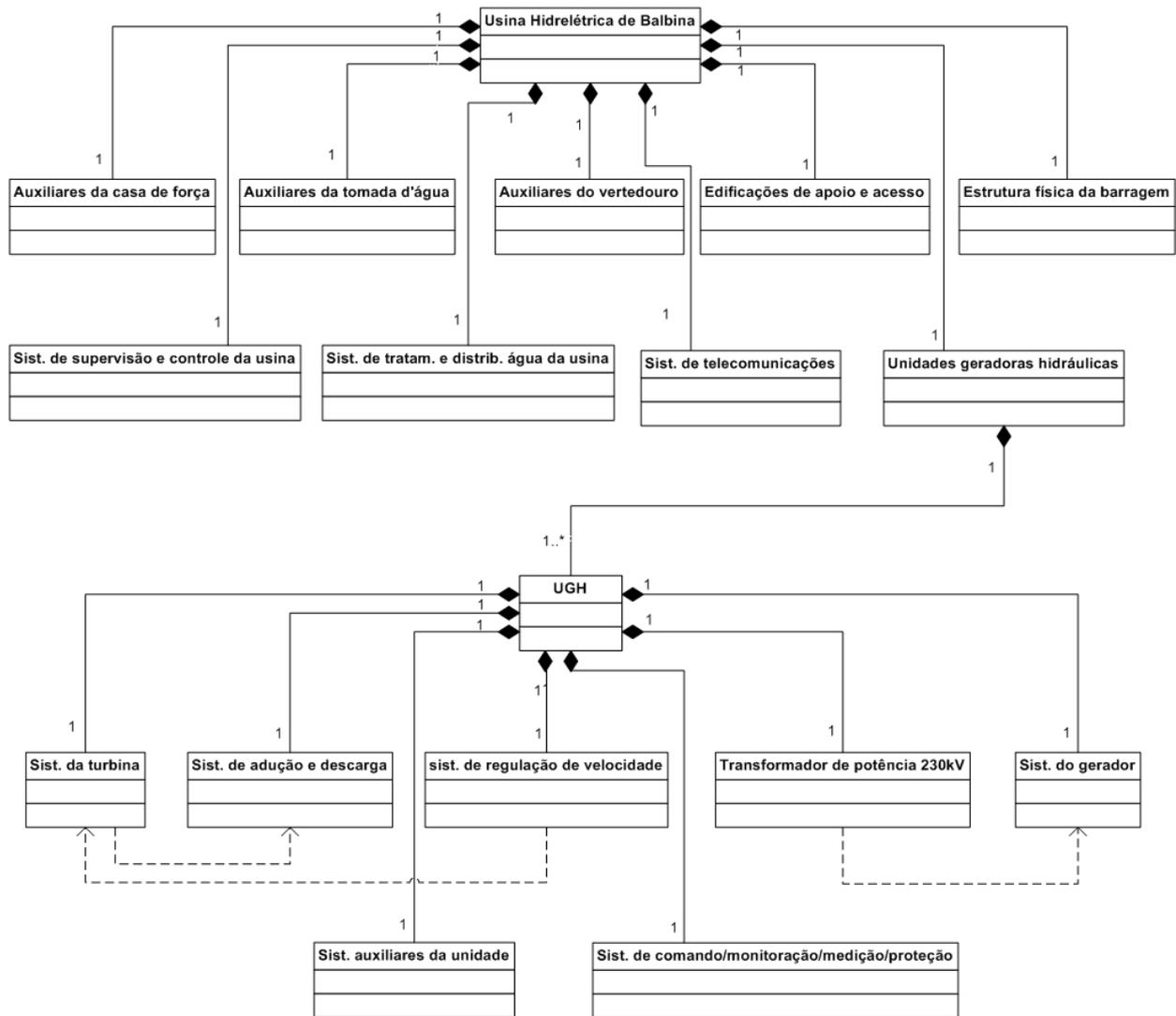


Figura 2.32-a – Diagrama de classes para a usina hidrelétrica de Balbina

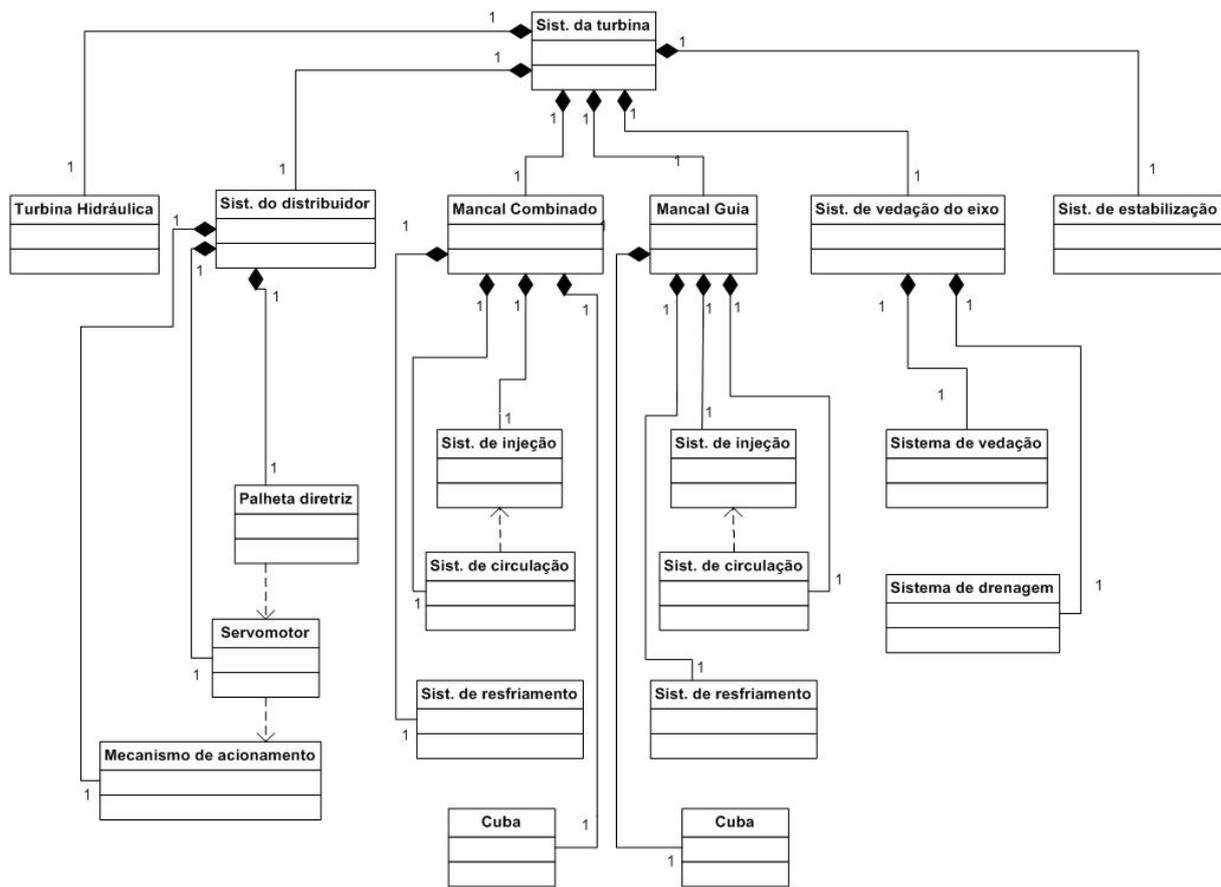


Figura 2.32-b – Diagrama de classes para o sistema da turbina.

3. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Este capítulo detalha os procedimentos desenvolvidos para implementação da metodologia MCC. Descreveu-se o memorial de cálculo, contendo algumas hipóteses e parâmetros assumidos, bem como cada uma das etapas, citadas no capítulo 1, de implementação da MCC. O capítulo trata ainda dos estudos probabilísticos, como simulação de Monte Carlo e o método markoviano, direcionados ao sistema da turbina. Os resultados obtidos estão dispostos em anexo.

3.1 SELEÇÃO DO SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES

A primeira etapa, seleção do sistema e coleta de informações, objetiva simplesmente identificar e documentar o sistema que será submetido à análise.

Uma vez que os dados referentes aos subsistemas da usina de Balbina não estão disponíveis, pois a usina não está cadastrada no SAP/R3, utilizou-se, nesta etapa, informações referentes ao sistema da turbina da usina hidroelétrica de Samuel, acessados via SAP/R3. Optou-se por escolher os dados da usina de Samuel porque a mesma contém equipamentos iguais aos de Balbina. A Figura (3.1) mostra uma visão geral do SAP/R3, indicando a usina hidroelétrica de Samuel e sua hierarquia organizacional.

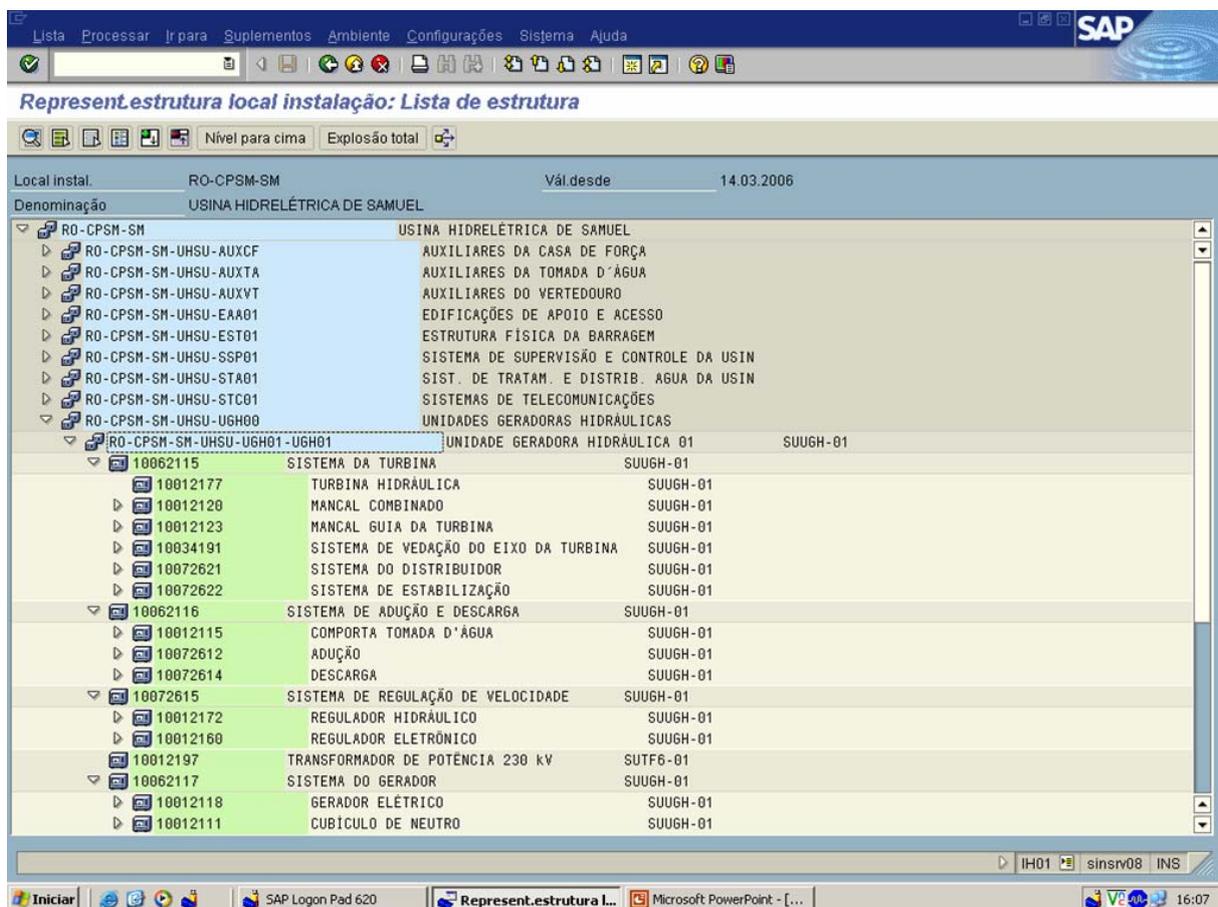


Figura 3.1 - Estrutura Organizacional de Samuel (SAP/R3, COGH)

Pela figura, nota-se que o sistema da turbina é composto por seis sistemas principais, denominados pelo SAP de equipamentos superiores. São eles: Turbina Hidráulica, Mancal Combinado, Mancal Guia da Turbina, Sistema de Vedação do Eixo da turbina, Sistema do Distribuidor e Sistema de Estabilização. Cada equipamento superior contém uma série de subsistemas e cada subsistema contém uma extensa lista de componentes.

A partir dos componentes listados, procede-se a definição de um diagrama de blocos de confiabilidade do sistema. O diagrama de blocos mostra a decomposição da confiabilidade do processo em blocos que caracterizam a confiabilidade de seus componentes. É construído a partir das relações de funcionamento entre os componentes. Para componentes em série, o bom funcionamento do conjunto ocorre somente quando todos blocos constituintes estão simultaneamente em bom estado, enquanto, para componentes em paralelo, o bom funcionamento do conjunto ocorre quando pelo menos um de seus blocos constituintes está em bom estado.

Confeccionou-se um diagrama de blocos customizado, com imagens representativas dos subsistemas, e integrado com dados de manutenibilidade e confiabilidade. O Anexo III apresenta o relatório RBD (Reliability Block Diagram) gerado através do software Relex.

3.2 ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS

Prevenir e corrigir falhas constituem os objetivos primários da manutenção. Para isto é necessário conhecer as formas como os sistemas falham. O estudo das falhas constitui parte essencial da Manutenção Centrada na Confiabilidade, seguindo-se à identificação e documentação das funções.

A análise dos modos efeitos de falhas, FMEA, foi levantada no software Relex a partir dos registros de cartões de anormalidades (ordens de serviços de manutenção) da usina hidroelétrica de Samuel, acessados via SAP/R3. O Anexo IV apresenta o relatório FMEA obtido. A seguir há uma explicação de cada coluna do relatório em anexo.

- ✓ Item: Identificação do componente.
- ✓ Função: Descrição sucinta e exata da tarefa que o item (componente, subsistema ou equipamento) deve desempenhar.
- ✓ Modo de Falha: Descrição da maneira pela qual o item pode falhar.
- ✓ Efeito da falha: Conseqüência da ocorrência do modo (tipo) de falha, percebida ou não pelo usuário final. Pode ser local (não afeta os outros componentes) ou global (pode afetar outras funções ou componentes). Para o sistema da turbina, foram categorizadas três classes de efeitos de falhas: os que afetam a segurança, o meio ambiente, e os que provocam corte de carga. Cada classe contém um conjunto de efeitos específicos, locais. O relatório FMEA (Anexo IV) mostra apenas os efeitos locais, enquanto a árvore de falhas (Anexo V) mostra as relações lógicas entre os efeitos locais e os efeitos globais do sistema. Considerou-se para a elaboração da árvore de falhas, somente as falhas que podem provocar corte de carga como efeito global; conforme mostrado no Anexo V.
- ✓ Causa da falha: Descrição simples e concisa das falhas que podem dar origem ao tipo de falha considerado.
- ✓ Métodos de controle: Medidas que objetivam prevenir a ocorrência ou detectar as falhas ocorridas e impedir que cheguem ao cliente (Fonseca, 1995). Os métodos de detecção das usinas de Balbina e Samuel

- ✓ Severidade: Trata-se de um índice de zero a dez, o qual reflete a avaliação das conseqüências das falhas. Quanto maior o índice, maior a gravidade. A Tabela (3.1) apresenta o padrão utilizado para quantificação da gravidade das falhas em índices de severidade.

Tabela 3.1 – Índices de severidade

Valor	Conceito
1	Falha de menor importância
2 a 3	Provoca redução da performance do componente
4 a 6	O componente sofrerá uma degradação progressiva
7 a 8	O componente não desempenha sua função
9	Colapso do processo
10	Os problemas são catastróficos e podem ocasionar danos a bens ou pessoas

- ✓ Ocorrência: Também é um índice de zero a dez, definido em função do número de ocorrências de falhas registrados no SAP/R3 no período considerado (2002 a 2005). A Tabela (3.2) relaciona os valores e conceitos dos índices de ocorrência.

Tabela 3.2 – Índices de ocorrência.

Valor	Conceito
1	Menor ou igual a 1 falhas em 8 anos
2	1 falha no período analisado
3	2 falhas
4	3 falhas
5	4 falhas
6	5 ou 6 falhas
7	De 7 a 10 falhas
8	De 11 a 20 falhas
9	De 21 a 30 falhas
10	Maior que 31 falhas

- ✓ Detecção: Índice, também de zero a dez, construído com base na estimativa da probabilidade de uma falha ser detectada, assumindo-se que ela tenha ocorrido. A Tabela (3.3) relaciona os valores e conceitos dos índices de detecção.
- ✓ Prioridade de risco: valor calculado pelo produto dos três índices anteriores (*Severidade x Ocorrência x Detecção*). É utilizado para priorização da tomada de ação. É uma maneira prática de priorizar as falhas e avaliar quais providências devem ser tomadas primeiramente.

Tabela 3.3 – Índices de detecção.

Valor	Conceito
1	Muito alta probabilidade de detecção
2 a 3	Alta probabilidade de detecção
4 a 6	Moderada probabilidade de detecção
7 a 8	Pequena probabilidade de detecção
9	Muito pequena probabilidade de detecção
10	Muito remota probabilidade de detecção

Foram destacados no relatório FMEA (Anexo IV) os componentes com maior índice de prioridade de risco, isto é, equipamentos cujos produtos dos índices de severidade, ocorrência e detecção fossem maior que 30. Tais componentes são mostrados na tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Componentes Críticos

Equipamento	Subsistema	Componente	Índice de prioridade de risco
Turbina	-----	Pás	90
Mancal Combinado	Cuba	Óleo Lubrificante	72
Mancal Combinado	Sistema de resfriamento	Trocador de calor	70
Mancal Combinado	Sistema de injeção de óleo	Filtro	50
Mancal Combinado	Sistema de circulação de óleo	Filtro	40
Sistema de vedação do eixo	Sistema de drenagem	Válvulas	36
Turbina	-----	roda	35
Mancal guia	Sistema de resfriamento	Trocador de calor	32
Turbina	-----	Tubulações e conexões	30

As falhas nas pás da turbina são extremamente graves pois exigem a parada e o esvaziamento dos canais de adução e descarga. Tais falhas ocorrem devido ao funcionamento incorreto do sistema de estabilização ou do sistema de controle de posição das palhetas do distribuidor.

O mancal combinado é o equipamento mais crítico do sistema, pois possui maior número de componentes com alta prioridade de risco. As falhas na cuba decorrem em função da escassez de óleo lubrificante. As falhas nos trocadores de calor podem ocorrer devido à operação ineficiente dos mesmos, isto é, não conseguem diminuir a temperatura do óleo, ou

devido à contaminação do óleo com água (vazamentos na tubulação). E as falhas nos filtros ocorrem essencialmente devido a grande quantidade de sujeira nos mesmos.

3.3 MEMORIAL DE CÁLCULO

O estudo dos mecanismos de falhas objetiva classificar os tipos de comportamentos anômalos de materiais e equipamentos, e, através deles, identificar as atividades preventivas e corretivas adequadas a cada tipo. A classificação se dá através do conceito de taxa de falha, obtida da modelagem estocástica dos fenômenos envolvidos, antes e durante a ocorrência de falhas.

Para se calcular as taxas de falha dos componentes foram utilizados os registros de desligamentos da UGH-01 de Balbina, listados no sistema computacional INFO_OPR e o número de ocorrência de falhas de cada componente, disponível nos cartões de anormalidade. Este sistema contém todos os intervalos de tempo de máquina parada, bem como os motivos de desligamento.

Os resultados obtidos estão dispostos a seguir, neste memorial de cálculo. Vale ressaltar que foram assumidas algumas hipóteses com relação aos equipamentos sem cartão de anormalidade, isto é, equipamentos que não apresentaram falha alguma durante o período analisado (2002 a 2005).

Período analisado: jan. 2002 a dez. 2005

Equivalente em horas: 35064h

Horas de máquina parada: 74,50h

Horas de serviço BAUHG-01: 34989,5h

Taxa de falhas:

$$\lambda = \frac{\text{nº de falhas do componente no período considerado}}{\text{tempo total que o componente ficou operando}}$$

Taxa de falhas para componentes sem cartão de anormalidade:

(Adota-se 1 falha em 8 anos) $\lambda = \frac{1}{70128} = 1,43 \times 10^{-5}$ [falhas/hora]

MTTR (tempo médio de reparo, ou tempo médio até ser reparado):

$$m_D = \frac{\text{tempo total que o componente ficou em reparo}}{\text{nº de reparos do componente no período considerado}}$$

MTTR para componentes sem cartão de anormalidade:

$$m_D = 1 \quad [\text{hora}]$$

Tempo de reparo para cartões de anormalidades abertos e concluídos no mesmo dia:

5 horas

Intervalo médio de manutenções preventivas: 40 dias de operação

Intervalo médio de inspeções: 15 dias de operação

Ocorrências: ver arquivo de cartões de anormalidade SAP/R3

Detecção:

- ✓ Em equipamentos com instrumentação as falhas são identificadas por meio de alarmes gerados pelo sistema de monitoração.
- ✓ Em equipamentos sem instrumentação as falhas são identificadas geralmente por inspeções periódicas.

O Anexo II apresenta um relatório Relex Padrão contendo os dados de manutenibilidade (taxas de falha e MTBF) calculados para cada subsistema e para cada componente.

3.4 SELEÇÃO DE FUNÇÕES SIGNIFICANTES

Funções significantes são aquelas cujas falhas serão submetidas às etapas subseqüentes do processo decisório da MCC para a escolha da atividade de manutenção.

Para o desenvolvimento da metodologia, priorizou-se os componentes de equipamentos críticos, isto é, equipamentos cuja taxa de falhas é considerada alta, e também componentes aos quais existe alguma instrumentação de controle associada. É importante monitorar equipamentos com instrumentação associada, porque eles são o principal meio de detecção de falhas ocultas no sistema. O Anexo I apresenta todos os equipamentos monitorados com alguma instrumentação na usina de Balbina.

O conceito de falha oculta está associado a uma função cuja falha não se torna evidente para o operador ou profissional de manutenção. Isto é, algumas falhas podem ocorrer sem que seja possível perceber que determinado item está em estado de falha, a menos que outra falha ocorra. As falhas ocultas não têm impacto direto na produção, mas expõem as instalações à possibilidade de ocorrência das chamadas falhas múltiplas.

Os equipamentos e componentes com maior taxas falhas são aquelas com maior números de cartões de anormalidade (CA) concluídos. Os gráficos a seguir (Figuras 3.2 e 3.3) mostram que os mancais são equipamentos com maior taxa de falhas e, conseqüentemente, como notado no Anexo I, possuem maior quantidade de instrumentação associada.

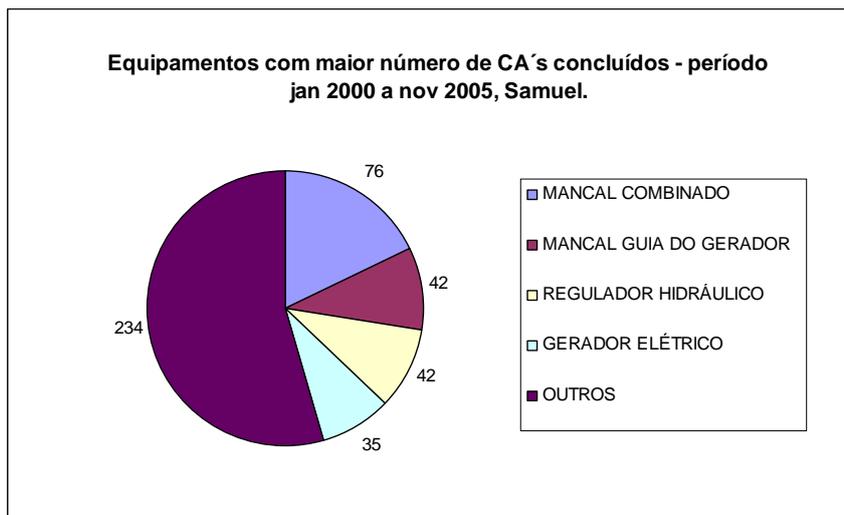


Figura 3.2 – Distribuição das taxas de falha por equipamentos

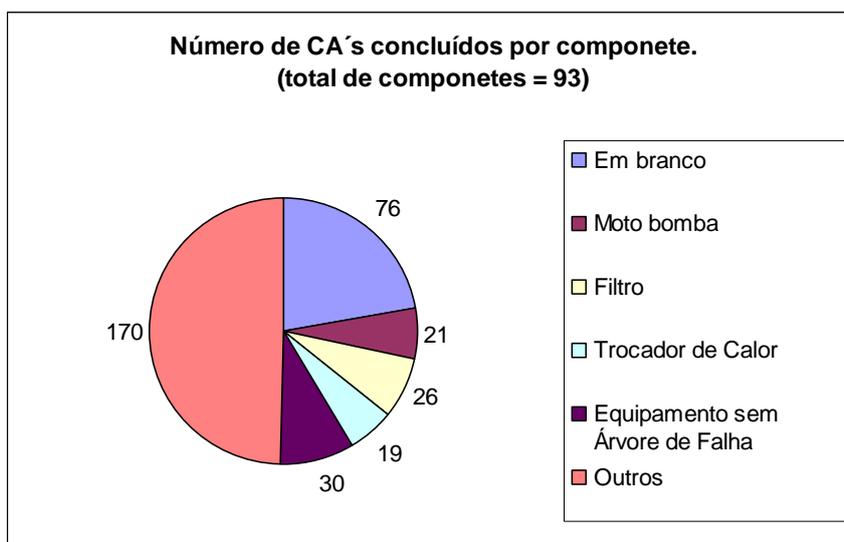


Figura 3.3 – Distribuição das taxas de falha por componentes

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O próximo passo do processo decisório é o tratamento estatístico dos dados, afim de se definir políticas de ação para manutenção.

Foram implementadas no software Relex dois métodos de análise estatística: Análise Weibull e Simulação Monte Carlo.

3.5.1 ANÁLISE WEIBULL

Desenvolveram-se gráficos weibull para todos os componentes cujo histórico apresentava mais de uma falha. Os gráficos obtidos estão mostrados no Anexo VI. Utilizou-se para a análise Weibull o software Weibull++ da Reliasoft Office.

Os gráficos mostram que todos os componentes apresentam falhas por desgaste, isto é, $\beta > 1$. Quanto maior o valor de β , maior será a frequência de falhas do componente ao final de sua vida útil. Os componentes com maior valor de β são: o filtro do sistema de injeção de óleo do mancal combinado; as pás da turbina hidráulica; e as motobombas dos sistema de vedação do eixo da turbina.

A vida útil de um componente pode ser estimada através do parâmetro η (vida característica), que representa o período de tempo a partir do qual ocorrem 63,2% das falhas. Os componentes com maior η são: as válvulas do sistema de circulação de óleo do mancal combinado, o trocador de calor do sistema de resfriamento, e o filtro do sistema de circulação de óleo do mancal combinado.

3.5.2 SIMULAÇÃO MONTE CARLO

A máquina de Monte Carlo é uma poderosa ferramenta para cálculos de confiabilidade em função do tempo. Considerou-se aqui modelos exponenciais, isto é, taxas de falha praticamente constantes (aleatórias) para componentes que possuíam uma ou nenhuma falha no intervalo de tempo considerado (janeiro de 2002 a dezembro de 2005, registrados no SAP) e modelos de falha segundo distribuição Weibull para componentes com mais de uma falha, visto que é necessário haver mais de uma falha para que a tendência de falha dos componentes seja modelada. A simulação é desenvolvida a partir do diagrama de blocos do sistema e sua importância decorre do fato de que torna possível a definição de um intervalo ótimo de inspeção periódica para cada equipamento. O Anexo VII mostra um relatório dos resultados obtidos. Assumiu-se como um período ótimo para inspeção preventiva para um determinado equipamento o tempo a partir do qual a confiabilidade do equipamento em questão atinge 80%. A tabela 3.6 mostram tais períodos ótimos.

Tabela 3.6 – Período ótimo de inspeção

Equipamento	Período ótimo de inspeção (horas)
Turbina Kaplan	2200
Mancal Combinado	1280
Mancal Guia	850
Sistema de vedação do Eixo	1400
Sistema do distribuidor	1400
Sistema de estabilização	7800

3.5.3 MODELO MARKOVIANO

Os modelos markovianos possuem ampla aplicabilidade em um grande variedade de processos em função da sua capacidade de predizer, com relativa facilidade, como o processo se comportará no futuro, e calcular as probabilidades e valores esperados que quantificam seu comportamento.

Para a elaboração da cadeia de markov foram assumidas as seguintes hipóteses:

- ✓ Período de manutenção preventiva: Tempo correspondente a 80% da confiabilidade do equipamento;
- ✓ Taxa de defeito: 60% da “taxa média de falha” obtida no anexo II (relatório padrão de predição de confiabilidade);
- ✓ Taxa de falha: 40% da “taxa média de falha.
- ✓ No estado de defeito, a probabilidade de manutenção corretiva é de 60% e a probabilidade de falha é de 40%.
- ✓ No estado de manutenção corretiva, a probabilidade de falha é de 5%, a probabilidade de defeito é de 33% e a probabilidade de reparo total é de 62%.

Assim como a simulação Monte Carlo, a cadeia de Markov produz resultados em função do tempo, conforme mostrado no anexo VIII.

4. CONCLUSÕES

A metodologia de redução e análise de dados das usinas Balbina/Samuel mostrou-se bastante eficiente. Os vários relatórios gerados pelo software Relex são de fácil análise e compreensão, bem como os gráficos gerados pelo software Reliasoft Office.

O presente trabalho revelou os seguintes componentes críticos do sistema da turbina: as pás da turbina, os trocadores de calor dos mancais, o óleo lubrificante do mancal combinado, os filtros dos sistemas de injeção e circulação de óleo do mancal combinado e as válvulas do sistema de vedação do eixo. As falhas destes equipamentos podem ser drasticamente reduzidas através de um sistema eficiente de monitoração e controle de temperatura de água e óleo, vazão de água e densidade do óleo, e vibração do eixo da turbina. Estabelecendo-se faixas aceitáveis de operação.

A partir da análise estatística, segue-se a tomada de decisão quanto aos procedimentos de manutenção aplicáveis. A Eletronorte possui um planejamento de manutenções preventivas, no qual são descritas as atividades de manutenção aplicáveis a cada componente, conforme mostrado no anexo IX, capítulo 4. A metodologia MCC permite selecionar tais atividades de modo a otimizar o sistema de manutenção.

Esta etapa, de seleção das atividades aplicáveis, não está descrita no presente relatório mas fica como um próximo passo a ser seguido. O relatório atual descreve no Anexo IV (Relatório FMEA) algumas ações tomadas na ocorrência de determinadas falhas, mas não há uma avaliação mais consistente destas ações.

A simulação de Monte Carlo apresenta os índices de confiabilidade pesquisados no SAP/R3 da usina de Samuel. Tais índices, como se pode observar, são bastante baixos para tempos de operação acima de 10.000 horas uma vez nesta análise as falhas e defeitos foram tomados unicamente como falhas, comprometendo a confiabilidade no decorrer do tempo.

A análise por cadeia de Markov mostra a quantidade de falhas ao longo do tempo. Ao final do período considerado, a quantidade final de falhas corresponde aproximadamente à quantidade mostrada nos gráficos de Pareto (figuras 2.3 a 2.7).

Enfim, o presente trabalho conseguiu expor a aplicabilidade da metodologia MCC para o sistema da turbina. A partir deste ponto serão escolhidos os equipamentos que irão ser objeto do desenvolvimento do sistema de Manutenção Preditiva Baseada em Condição. Serão utilizados dados das grandezas monitorados on-line através do sistema FieldBus Foundation e Rockwell associados aos dados e informações obtidas através das inspeções realizadas através do TPM.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, “NBR 6023: Informação e Documentação – Referências - Elaboração”, ABNT, Rio de Janeiro, 2000.
- CIARAPICA, F. E.; GIACCHETTA, G., “Managing the condition-based maintenance of a combined-cycle power plant: An approach using soft computing techniques”, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 19 (2006) 316-325, [on line] disponível na internet < <http://www.sciencedirect.com> >
- DUNN, S., “Maintenance Terminology – Some Key Terms”, [on line] Disponível na internet < <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary> >, Acesso em: 10/06/2006.
- ELETRONORTE – CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL S/A, “Relatório Mensal de Operação”, maio de 2002.
- ELETRONORTE – CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, [on line] Disponível na internet < <http://www.eln.gov.br> >, Acesso em: 08/05/2006.
- EMMANOUILIDIS, C.; JANTUNEN, E.; MACINTYRE, J., “Flexible software for condition monitoring, incorporating novelty detection and diagnostics”, *Computers in Industry* xxx (2006) xxx-xxx, [on line] disponível na internet < <http://www.sciencedirect.com> >
- ETI, M. C.; OGAJI, S. O. T.; PROBERT, S. D., “Development and implementation of preventive-maintenance practices in Nigerian industries”, *Applied Energy* xxx (2006) xxx-xxx, [on line] disponível na internet < <http://www.sciencedirect.com> >
- 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.
- FONSECA, L. A. N., “Manutenção Baseada em Confiabilidade – A experiência Aeronáutica a Serviço da Indústria em Geral”, ABRAMAN – 10º Congresso Brasileiro de Manutenção: p.27-44, Rio de Janeiro, 1995.
- FUJI, S.; KWAK, R. Y.; PARK, B. Y.; SOHN, J. Y.; TAKAKUSAGI, A., “Development of an optimal preventive maintenance model based on the reliability assessment for air-conditioning facilities in office buildings”, *Building and environment* 39 (2004) 1141-1156, [on line] disponível na internet < <http://www.sciencedirect.com> >
- 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.
- SIQUEIRA, I. P., “Manutenção Centrada na Confiabilidade – Manual de Implementação”, Qualitymark, Rio de Janeiro, 2005.
- TAVARES, L. A.; FILHO, A. A. S., “A Manutenção Como Uma Atividade Corporativa”, [on line] Disponível na internet < <http://www.abraman.org.br/publicações> >, Acesso em: 30/06/2006.

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 - INSTRUMENTAÇÃO BALBINA

ANEXO I – INSTRUMENTAÇÃO BALBINA

MANCAL SUPERIOR MGS						
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor	
BAL235787 FL 80	138GMM1	1° Metal Mancal	Alarme	85	138GMM12	
			Trip	105		
BAL235787 FL 80/83	138GM2	2° Metal Mancal	Alarme	85		
			Trip	105		
BAL235787 FL 86	38GMM3	3° Metal Mancal	Alarme	85		138GMM3
			Trip	105		
BAL235787 FL 80	38GMO1	1° Óleo Mancal	Alarme	90	138GMO12	
			Trip	105		
BAL235787 FL 80	38GMO2	2° Óleo Mancal	Alarme	90		
			Trip	105		

MANCAL GUIA ESCORA MGE					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor
BAL235786 FL 30	138ME1	– 1° Metal Mancal	Alarme	85	138ME12
			Trip	90	
BAL235786 FL 32	138ME2	– 2° Metal Mancal	Alarme	85	
			Trip	90	
BAL235786 FL 33	138ME3	– 3° Metal Mancal	Alarme	85	138MEI3
			Trip	90	
BAL235786 FL 31	138MI	– Óleo Mancal	Alarme	75	
			Trip	90	

MANCAL GUIA INFERIOR MGI					
---------------------------------	--	--	--	--	--

MANCAL GUIA INFERIOR MGI						
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor	
BAL235786 FL 30	38MK1	– 1° Metal Mancal	Alarme	75	138MKJ1	
			Trip	85		
BAL235786 FL 32	38MJ1	– 1° Óleo Mancal	Alarme	70		
			Trip	85		
BAL235786 FL 32	38MK2	– 2° Metal Mancal	Alarme	75		138MK23
			Trip	85		
BAL235786 FL 32	38MK3	– 3° Metal Mancal	Alarme	75		
			Trip	85		
BAL235786 FL 32	38MJ2	– 2° Óleo Mancal	Alarme	70	138MJ2	
			Trip	85		

MANCAL GUIA ESCORA INTERMEDIÁRIO						
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor	
BAL235786 FL 30	38MG1	– 1° Metal Mancal	Alarme	85	138MG1	
			Trip	105		
BAL235786 FL 32	38MG2	– 2° Metal Mancal	Alarme	85		
			Trip	105		
BAL235786 FL 33	38MG3	– 3° Metal Mancal	Alarme	85		38MG23
			Trip	105		

TANQUE SEM PRESSÃO REGULAÇÃO – ÁGUA E ÓLEO					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor
BAL235787 FL 86	26LK	Óleo	Alarme	48	26LKAR
			Trip	55	
BAL235787 FL 86	26AR	Água	Alarme1	35	

MANCAL COMBINADO

Temperatura								
Transmissor	Posição Sensor	Tag Medição	Sensor	Ø tubulação	Tag Alarme	Descrição	Observação	Saída do CLP
TT1	Tubulação entrada trocador de calor	26DB	PT100-3F		26CTOEA	Temperatura óleo entrada trocadores de calor	ALARME NO IHM	Des. 5798 fl.31/3
TT2	Tubulação saída trocador de calor	26DI	PT100-3F		26CTASA	Temperatura água saída trocadores de calor		Des. 5798 fl.31/10
Pressão								
Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Observação	
MP1	Saída Motobomba AI	63LX	2,0 kg/cm ²	½ npt	63LXA	Pressão saída da motobomba AI		des BAL 23-5786 fl 136/5; PRATB/23-24
MP2	Saída Motobomba AJ	63LY	2,0 kg/cm ²	½ npt	63LYA	Pressão saída da motobomba AJ		des BAL 23-5786 fl 136/7; PRATB/25-26
DP1	Entrada e saída dos filtros de óleo	63MB	0,5 kg/cm ²	½ npt	63MBA	Filtro sujo ou obstruído		des BAL 23-5786 fl 137/17; QLCX.9BN2/359-360
DP2	Cuba de óleo	71M	0,05 kg/cm ²	½ npt	71MD2A	Nível muito baixo óleo(trip)	Instalar Display de nível de óleo do Mancal combinado na Galeria Mecânica próximo a tomada de óleo	BAL23-5786 fl 136/3; PRA-TB/35-36
					71MD1A	Nível baixo óleo		

					71CYA	Nível Normal óleo		des BAL23-5786 fl 136/14; QLCX.9-BN2/391-392
					71MCA	Nível Alto óleo		des BAL23-5786 fl 137/5; QLCX.9-BN2/389-390

Vazão

Transmissor	Posição do sensor	Tag Analóg	Vazão de Trabalho	Ø tubulação	Tag digital	Descrição	Observação	Saída do CLP
IF1	Tubulação entrada de óleo na cuba	80LP	100 L/min	4"	80LPA	Falta Circulação de Óleo 1º est.	Engrenagens ovais	BAL23-5786-137/09;QLCX.9BN2/399-400
					94LPTA	Circulação de Óleo 2º est. Trip	Digitalizar lógica de atuação temporizada/velocidade nula.	BAL23-5786-137/09;QLCX.9BN2/399-400
							Substituir relé 94LPX1T1 por relé RE3000 (ação eletronorte)	
IF2	Tubulação saída água trocadores calor	80MM	50 L/min	4"	80MMA	Circulação Água 1º alarme	Ultrasonico(especificação ELN)	BAL23-5786-137/13;QLCX.9BN2/357-358
					94MMTA	Circulação Água 2º trip	Digitalizar lógica e atuação temporizada/velocidade nula.	BAL23-5786-137/13;QLCX.9BN2/357-358

Substituir relé
94MMX1T1 por relé
RE3000 (ação
eletronorte)

TURBINA e CX. ESPIRAL

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Observação	Saída CLP
MP1	Tubulação do tubo de Sucção	63TS1	2.5 kg/cm ²		63TS1A	Pressão do tubo de sucção	Ira substituir manômetro existente	
MP2	Tomada paredão de montante próximo do Gerador	DJ	3.5 kg/cm ²		DJA	Pressao da Caixa espiral	Ira substituir pressostato existente	
MP3	Cuba de óleo M. Guia Inferior	63MS			63MSA	Volume de óleo baixo na cuba do M. Guia Inferior		Des. 5797 fl. 97/3 e 97/9
DP1	RITEMAYER de vazão turbinada	63RJ	1 kg/cm ²		63RJA	Vazão de água turbinada		BAL-23- 5786;FL.27/18

SISTEMA DE INJEÇÃO DE ÓLEO

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Observação	Saída CLP
MP1	Saída Moto-bomba AG	63LV	150Bar		63LVA	Pressão Óleo MB-AG		BAL23-5786;fl113- 3;PRATB11-12:
MP2	Saída Moto-bomba AH	63LW	100Bar		63LWA	Pressão Óleo MB-AH		BAL23-5786;fl113- 5;PRATB13-14
MP3	Saída filtros de óleo de injeção	63CS	100- 150Bar		63SSA	Pressão Normal Óleo Injeção		BAL23-5786;fl113- 21;QLCX.09 BN2: 431-432

SISTEMA DE VEDAÇÃO E DRENAGEM DA T. TURBINA

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Observação	Saída CLP
MP1	Tubulação de Água de Vedação do eixo (Poço da Turbina)	63MQ	3.6Bar		63MQ1A	Pressão Água de Vedação Eixo(Alarme)	Instalar Alarme e/ou Somente Leitura p/ Supervisório	
			1.0Bar		63MQ2A	Pressão Água de Vedação Eixo (Trip)		BAL23-5786;f1159-21;QLCX.9/ 409-410
MP2	Tubulação de Agua da Junta de Manutenção	63CW	2Bar		63CWA	Pressão de água para Junta de Manutenção		BAL23-5786;f1160-14;QLCX.06/BN1/803-804
MP3	Saída das MB's AK/AL					Pressão de água na descarga das MB's AK/AL		
DP1	Poço de drenagem da tampa da Turbina	71 SDR			71CGA	Nível água do poço de drenagem (liga 1ªMB)		BAL23-5786;f1159-3;PRATB.27-28
					71CHA	Nível água do poço de drenagem (liga 2ªMB)		BAL23-5786;f1159-5;PRATB.29-30
					71CIA	Nível água do poço de drenagem (desliga MB's)		BAL23-5786; f1159-7;PRATB.31-32
					71LQA	Nível alto água poço de drenagem (TRIP)		BAL23-5786;f1159-9;PRATB.33-34

Vazão

Transmissor	Posição Sensor	Tag Analóg	Vazão de Trabalho	Ø tubulação	Tag digital	Descrição	observação	Saída CLP
IF1	Tubulação Água de Vedação Poço da Turbina	80MP		2"	80MPA	Falta Circ. Água de Vedação Eixo Turb.(Alarme)	Engrenagens ovais	BAL 23-5786 f1160-5QLCX09;BN2;407/408

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA							
SAÍDAS DIGITAIS							
Unidade de Geração : UGH1 – MANCAL GUIA INFERIOR				Local :			
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO	
01	METAL – Sobretemperatura 1º Estágio 75° C ↑	23-5786	69	79-80	38MKX1	ALARME– 75°C	
02	METAL – Sobretemperatura 2º Estágio 85° C ↑	23-5785	96	101-102	38MLX1	TRIP– 85°C	
03	ÓLEO CUBA – Sobretemperatura 1º Estágio 75° C ↑	23-5786	69	82-83	38MJX1	ALARME– 75°C	

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA							
SAÍDAS DIGITAIS							
Unidade de Geração: UGH1 – MANCAL INTERMEDIÁRIO				Local : CXTB-01			
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO	
01	METAL – Sobretemperatura 1º estágio 75° C ↑	23-5786	136	74-75	38MGX1	ALARME– 75°C	
02	METAL – Sobretemperatura 2º estágio 85° C ↑	23-5785	96	95-96	38MHX1	TRIP– 85°C	

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA						
SAÍDAS DIGITAIS						
Unidade de Geração : UGH1 - MANCAL GUIA SUPERIOR				Local :PMG - 01		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO
01	METAL – Sobretemperatura 1º Estágio	23-5787	100	40 A -B -C	GMM1X1	ALARME– 75°C
02	METAL – Sobretemperatura 2º Estágio	23-5785	99	40 A -B -C	GMM2X2	TRIP– 85°C
03	ÓLEO CUBA – Sobretemperatura de óleo na cuba 1º Estágio	23-5787	100	41 A -B -C	GMO1X1	ALARME– 70°C
04	ÓLEO CUBA – Sobretemperatura de óleo na cuba 2º Estágio	23-5785	99	41 A -B -C	GMO2X2	TRIP– 75°C

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA						
SAÍDAS DIGITAIS						
Unidade de Geração : UGH1 – MANCAL ESCORA				Local : CXTB-01		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO
01	METAL – 1º Estágio 85° C ↑	23-5786	136	71-72	38MEX1	ALARME– 85°C
02	METAL – 2º Estágio 90° C ↑	23-5785	96	89-90	38MFX1	TRIP– 90°C
03	Óleo Cuba – Sobretemperatura de óleo na cuba 1º Estágio 75° C ↑	23-5786	137	77-78	38MIX1	ALARME– 75°C

QUANTITATIVO DE INSTRUMENTOS UGH-1

DFI	Canal	TT302	LD302D	LD302D Submersível	LD302M	TP302	DT302 + Tanque Amostrador	IF302	JM 400	Válvula Manifold 3 Vias	Válvula Manifold 2 Vias	Pote de Lama
1A	1	0	5	0	4	0	0	0	x	x	x	x
	2	2	1	0	3	0	0	1	x	x	x	x
	3	1	1	0	5	0	0	1	x	x	x	x
	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1B	1	0	2	0	2	1	1	1	x	x	x	x
	2	0	2	1	4	0	0	1	x	x	x	x
	3	0	0	2	4	0	0	0	x	x	x	x
	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SUB-TOTAL UGH-1		3	11	3	22	1	1	4	x	x	x	x

QUANTITATIVO DE INSTRUMENTOS UGH-2

DFI	Canal	TT302	LD302D	LD302D Submersível	LD302M	TP302	DT302 + Tanque Amostrador	IF302	JM 400	Válvula Manifold 3 Vias	Válvula Manifold 2 Vias	Pote de Lama
2A	1	0	4	0	3	0	0	0	x	x	x	x
	2	2	1	0	3	0	0	1	x	x	x	x
	3	1	1	0	5	0	0	1	x	x	x	x
	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2B	1	0	2	0	2	1	1	1	x	x	x	x
	2	0	2	1	4	0	0	1	x	x	x	x
	3	0	0	0	0	0	0	0	x	x	x	x
	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SUB-TOTAL UGH-2		3	10	1	17	1	1	4	x	x	x	x

QUANTITATIVO DE INSTRUMENTOS UGH-3

DFI	Canal	TT302	LD302D	LD302D Submersível	LD302M	TP302	DT302 + Tanque Amostrador	IF302	JM 400	Válvula Manifold 3 Vias	Válvula Manifold 2 Vias	Pote de Lama
3A	1	0	4	0	3	0	0	0	x	x	x	x
	2	2	1	0	3	0	0	1	x	x	x	x
	3	1	1	0	5	0	0	1	x	x	x	x

	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
3B	1	0	2	0	2	1	1	1	1	x	x	x	x
	2	0	2	1	4	0	0	1	1	x	x	x	x
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	x	x	x	x
	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SUB-TOTAL UGH-3		3	10	1	17	1	1	4	x	x	x	x	x

QUANTITATIVO DE INSTRUMENTOS UGH-4												
DFI	Canal	TT302	LD302D	LD302D Submersível	LD302M	TP302	DT302 + Tanque Amostrador	IF302	JM 400	Válvula Manifold 3 Vias	Válvula Manifold 2 Vias	Pote de Lama
4A	1	0	4	0	3	0	0	0	x	x	x	x
	2	2	1	0	3	0	0	1	x	x	x	x
	3	1	1	0	5	0	0	1	x	x	x	x
	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4B	1	0	2	0	2	1	1	1	x	x	x	x
	2	0	2	1	4	0	0	1	x	x	x	x
	3	0	0	0	0	0	0	0	x	x	x	x
	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SUB-TOTAL UGH-4		3	10	1	17	1	1	4	x	x	x	x

QUANTITATIVO DE INSTRUMENTOS UGH-5												
DFI	Canal	TT302	LD302D	LD302D Submersível	LD302M	TP302	DT302 + Tanque Amostrador	IF302	JM 400	Válvula Manifold 3 Vias	Válvula Manifold 2 Vias	Pote de Lama
4A	1	0	4	0	3	0	0	0	x	x	x	x
	2	2	1	0	3	0	0	1	x	x	x	x
	3	1	1	0	5	0	0	1	x	x	x	x
	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
4B	1	0	2	0	2	1	1	1	x	x	x	x
	2	0	2	1	4	0	0	1	x	x	x	x
	3	0	0	0	0	0	0	0	x	x	x	x
	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SUB-TOTAL UGH-5		3	10	1	17	1	1	4	x	x	x	x

QUANTITATIVO DE INSTRUMENTOS TOMADA D'ÁGUA

DFI	Canal	TT302	LD302D	LD302D Submersível	LD302M	TP302	DT302 + Tanque Amostrador	IF302	JM 400	Válvula Manifold 3 Vias	Válvula Manifold 2 Vias	Pote de Lama
4A	1	0	2	0	2	0	0	0	x	x	x	x
	2	0	2	0	4	0	0	0	x	x	x	x
	3	0	2	0	4	0	0	0	x	x	x	x
	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
SUB-TOTAL TH2O		0	6	0	10	0	0	0	x	x	x	x

RELAÇÃO ENTRE TOTAL EQUALIZADO X TOTAL DA OS

TOTAL	TT302	LD302D	LD302D Submersível	LD302M	TP302	DT302 + Tanque Amostrador	IF302	JM 400	Válvula Manifold 3 Vias	Válvula Manifold 2 Vias	Pote de Lama
Total Equalizado	15	57	7	100	5	5	20	x	x	x	x
Total Previsto na OS	22	64	6	110	5	5	0	200	80	120	80

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation										DFI302	1A
Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									Canal FF	01
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH1 (Galeria Mecânica Superior, Paredão do Geradro e Galeria da Motobomba AN / AR)									Canal FF	01
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme/Trip	Set Alarm e/Trip	Observação	Foto
1	163FAL	x	Pressão diferencial da água do filtro auto-limpante	LD302D	água	0-10	bar	ALM / HIHI	0,5	PV e ALM. no supervísório	F1-F5
								ALM / HI	0,28	PV e ALM. no supervísório e aciona o sistema de limpeza do filtro com intervalo de tempo entre as mesmas.	
2	163FI	x	Pressão de frenagem indevida	LD302M	ar	0-10	bar	TRIP / LOLO	2	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	F9/F10
								ALM / LO	0,5	PV e ALM no supervísório	
3	163AF	x	Pressão do ar de frenagem	LD302M	ar	0-15	bar	ALM / LO	4	PV e ALM no supervísório, alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por pressão baixa.	F7/F8
4	163RJ	x	Pressão diferencial da vazão de água turbinada	LD302D	água			x	x	PV no supervísório	F68-F70
5	163DJ	x	Pressão da água da caixa espiral	LD302M	água	0-10	bar	x	x	PV e no supervísório	F71/F72
6	163PEP	x	Pressão estabelecida da caixa espiral	LD302D	água	0-10	bar	x	x	PV no supervísório e intertravamento no ckt de abertura das comportas de tomada d'água quando pressão for estabelecida. Será montado em paralelo ao existente	F73/F74
7	163PC	x	Pressão diferencial de perda de carga das comportas - tomada d'água	LD302D	água	0-10	bar	ALM / HI	3	PV e ALM no supervísório. Será montado em paralelo ao existente	F75/F76
8	63SAS			LD302M	água	0-10	bar	ALM / LOLO	2,5	PV e ALM no supervísório e gera alarme no campo.	F112/F113/F117

		x	Pressão na saída da motobombas AN / AR do sistema de água de selagem					ALM / LO	2	PV e ALM. no supervisório e desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa	
9	63MR	x	Pressão diferencial do filtro de água de sucção as bombas AN / AR	LD302D	água	0-10	bar	ALM / HIHI	2	PV e ALM. no supervisório, desliga e bloqueia a partida das motobombas AN e AR.	F114-F117
								ALM / HI	0.4	PV e ALM no supervisório e gera alarme no campo.	

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA										DFI302	1A
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH1 (Galeria Mecânica Inferior e Acesso)										Canal FF	02
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarm e / Trip	Observação	Foto	
1	180GMOA	180GMO	Vazão de óleo - MGS	IF302	óleo	0-200	l/min	TRIP / LOLO	19	PV e ALM. no supervisório, gerar alarme no campo e TRIP. Pode vir a ser LD302D (Device 5)	F27	
		ALM / LO	25					PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida máquina por baixa vazão. Pode vir a ser LD302D (Device 5)				
		180GMA	Vazão de água - MGS		água	0-100	l/min	TRIP / LOLO	19	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.	F24/F25	
		ALM / LO	25					PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por baixa vazão..				
Reserva	Reserva	x	x	x	x	x	x	x	x			
2	126ATMGSS	126ATMGSS	Temp. da água na saída do trocador - MGS	TT302	água	20-50	°C	ALM / HI	35	PV e ALM. no supervisório	F26	
3	163B1	x	Pressão na saída de óleo da motobomba 01 - MGS	LD302M	óleo	0-10	bar	ALM / LOLO	2	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa	F34	
								ALM / LO	2,5	PV e ALM no supervisório		
								ALM / HI	5,5	PV e ALM no supervisório		

								ALM / HIHI	6	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão alta	
4	163B2	x	Pressão na saída de óleo da motobomba 02 - MGS	LD302M	óleo	0-10	bar	ALM / LOLO	2	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa	F35
								ALM / LO	2,5	PV e ALM no supervísório	
								ALM / HI	5,5	PV e ALM no supervísório	
								ALM / HIHI	6	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão alta	
5	163FOMGS	x	Pressão diferencial do filtro de óleo - MGS	LD302D	óleo	0-10	bar	ALM / HI	2	PV e ALM no Supervísório	F28-F30
6	126OTMGSES	126OMGSE	Temp. do óleo na entrada do trocador - MGS	TT302	óleo	20-70	°C	ALM / HI	55	PV e ALM no supervísório	F31
		126OMGSS	Temp. do óleo na saída do trocador - MGS					ALM / HI	55	PV e ALM. no supervísório	F32/F33
7	163TS	x	Pressão no tubo de sucção (Galeria de Acesso)	LD302M	água	0-5	bar	x	x	PV no Supervísório	F40/F41 ou F42

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									DFI302	1A
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH1 (Galeria Mecânica Inferior)									Canal FF	03
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarm e / Trip	Observação	Foto
1	163CS	x	Pressão de óleo de injeção (Mancal Escora)	LD302M	óleo	0-200	bar	ALM / LO	60	PV e ALM. no supervísório e intertravamento no CKT de partida da máquina por pressão baixa.	F21
2	163LW	x	Pressão na saída de óleo da motobomba AH (Injeção de óleo do Mancal Escora)	LD302M	óleo	0-150	bar	ALM / LOLO	35	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa	F23
								ALM / LO	50	PV e ALM no supervísório	
3	163LV	x	Pressão na saída de óleo da motobomba AG (Injeção de óleo do Mancal Escora)	LD302M	óleo	0-200	bar	ALM / LOLO	35	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa	F22

								ALM / LO	50	PV e ALM no supervisório	
4	163LX	x	Pressão na saída de óleo da motobomba AI - MC	LD302M	óleo	1-10	bar	ALM / LOLO	1,2	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa	F19/F20/F16
								ALM / LO	2	PV e ALM no supervisório	
5	163LY	x	Pressão na saída de óleo da motobomba AJ - MC	LD302M	óleo	1-10	bar	ALM / LOLO	1,2	PV no supervisório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa	F18/F20/F16
								ALM / LO	2	PV e ALM no supervisório	
6	163MB	x	Pressão diferencial dos filtros de óleo - MC	LD302D	óleo	0-10	bar	ALM / HI	1	PV e ALM no supervisório	F17/F20/F16
7	180MM	180MM	Vazão da água - MC	IF302	água	0-100	l/min	TRIP / LOLO	19	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	F11/F12
								ALM / LO	25	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por baixa vazão..	
		Reserva	Reserva		x	x	x	x	x	x	x
		Reserva	Reserva		x	x	x	x	x	x	x
8	126OATMCSE	126ATMCS	Temp. da água na saída do trocador - MC	TT302	água	20-50	°C	ALM / HI	35	PV e ALM. no Supervisório	F13/F14
		126OTMCE	Temp. do óleo na entrada do trocador - MC		óleo	20-70		ALM / HI	50	PV e ALM no supervisório	F15

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									DFI302	1A
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH1									Canal FF	04
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarm e / Trip	Observação	Foto
1			Reserva								
2			Reserva								

3			Reserva								
4			Reserva								
5			Reserva								
6			Reserva								
7			Reserva								
8			Reserva								

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation											
Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									DFI302	1B
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH1 (Acumulador Ar / Óleo e Regulador de Velocidade)									Canal FF	01
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarm e / Trip	Observação	Foto
1	TPA	x	Posição do nível de óleo do acumulador ar / óleo	TP302	óleo	0-2000	mmH2O	ALM / HIHI 71LC	1637	PV e ALM no supervisório e gera alarme no campo	F80/F8 1
								ALM / HI 71CJ	1587	PV e ALM no supervisório, pré-condição para comandar a eletro-válvula de injeção de ar no balão de 40bar.	
								x	1437	PV no supervisório e intertravamento no CKT de partida da máquina quando o nível está fora da faixa normal.	
								LO 71CL	1287	PV e ALM no supervisório e pré-condição para ligar a bba reserva de óleo de regulação	
								ALM / LOLO 1º estágio	834	PV e ALM no supervisório e gera alarme no campo	
								TRIP / LOLOLO 2º estágio	799	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP na máquina	
								TRIP / LOLOLOLO	420	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo, trip da máquina e fechamento da válvula de isolamento.	
2	171LA	x	Nível de óleo do acumulador ar / óleo	LD302D	óleo					PV no supervisório	F82 - Tomada ar F83- Tomada óleo

3	180MN	180MN	Vazão de água do trocador do tanque sem pressão	IF302	água	0-200	l/min	ALM / LO	35	PV e ALM no supervisão, gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por baixa vazão..	F84
		Reserva	Reserva		x	x	x	x	x	x	x
		Reserva	Reserva		x	x	x	x	x	x	x
4	171LI	x	Nível do óleo do tanque sem pressão	LD302D	óleo	0-1200	mmH2O	TRIP / LOLO	350mm	PV e ALM. no supervisão, gera alarme no campo e TRIP	F85 - Uma tomada, a outra a referência é atmosférica
								ALM / LO	400mm	PV e ALM no supervisão, gera alarme no campo e bloqueia a partida das bba's de óleo de regulação.	
5	163CR	x	Pressão de óleo de regulação	LD302M	óleo	0-60	bar	x	36,8	PV no supervisão e condição para abertura da válvula de isolamento na alta.	F86
								ALM / LO	35	PV e ALM. no supervisão na baixa.	
6	163LGFA	x	Pressão do óleo do acumulador ar / óleo	LD302M	óleo	0-60	bar	TRIP / LOLO	31	PV e ALM no supervisão, gera alarme no campo, TRIP na baixa.	F87/F88
								ALM / LO	34	PV e ALM no supervisão na baixa.	
								ALM / HI	41	PV e ALM no supervisão e gera alarme no campo na alta.	
7	1DTOR	x	Densidade do óleo de regulação	DT302	óleo						F89

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation											
Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									DFI302	1B
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH1 (Cuba do MGS e do MC e Poço da Turbina)									Canal FF	02
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarm e / Trip	Observação	Foto
1	171GMO	x	Nível da Cuba - MGS	LD302D	óleo	0-300	mmH2O	TRIP / LOLO	10	PV e ALM. no supervisão, gera alarme no campo e TRIP.	F90-F94

								ALM / LO	20	PV e ALM no Supervisório e intertravamento no CKT de partida da máquina por nível baixo de óleo na cuba.	
								ALM / HI	260	PV e ALM no supervisório e gera alarme no campo	
2	180MLP	180MP	Vazão de água de vedação do eixo	IF302	água	0-300	l/min	ALM / LO	90	PV e ALM no supervisório e gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por baixa vazão de água.	F95-F97
		180LP	Vazão do óleo - MC		óleo	0-200	l/min	TRIP / LOLO	19	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	F98
								ALM / LO	25	PV e ALM no supervisório e gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por baixa vazão de óleo.	
		Reserva	Reserva		x	x	x	x	x	x	x
3	163MQ	x	Pressão da água de vedação do eixo	LD302M	água	0-10	bar	TRIP / LOLO	1	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	F99
								ALM / LO	2,5	PV e ALM no supervisório	
4	171MC	x	Nível de óleo na cuba - MC	LD302D	óleo	0-400	mmH2O	TRIP / LOLO	15	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.	F100 F101- alternativa
								ALM / LO	30	PV e ALM no Supervisório e intertravamento no CKT de partida da máquina por nível baixo de óleo na cuba.	
								ALM / HI	280	PV e ALM no supervisório e gera alarme no campo	
5	163CW	x	Pressão de água da junta de manutenção	LD302M	água	0-10	bar	ALM / LO	2	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por pressão de água na tubulação.	F102/F103
6	171SDT	x	Nível de água do poço de drenagem da turbina	LD302D Submersível à definir	água			TRIP / HIHI		PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	F104/F105
								ALM / HI		PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e liga a 2ª motobomba	
								x		PV no supervisório e liga a 1ª motobomba	
								x		PV no supervisório e desliga as duas motobombas	

7	163MS	x	Pressão do volume do óleo na cuba - MGI	LD302M	óleo	0-10	bar	TRIP / LOLO	0,06	PV e ALM. no supervisão, gera alarme no campo e TRIP	F106
								ALM / LO	0,25	PV e ALM no supervisão	
8	163BAKL	x	Pressão de água na saída das bombas AK / AL	LD302M	água	0-10	bar	ALM / LO	2,0	PV e ALM. no supervisão	F107
								ALM / LOLO	1,5	PV no supervisão e liga motobomba reserva na baixa pressão.	

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									DFI302	1B
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH1 (Galeria de Axiliares Comuns das UGH)									Canal FF	03
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarm e / Trip		Foto
1	PESU		Poço de esgotamento da usina	LD302D Submersível à definir	ÁGUA						F108/F109
2	PDRU		Poço de drenagem da usina	LD302D Submersível à definir	ÁGUA						F110/F111
3	63CAR	x	Pressão do compressor do balão de ar de regulação	LD302M	ar	0-70	bar	ALM / HI	51	PV e ALM. no supervisão	F79 ou F78 linha azul
								x	50	PV no supervisão e desliga os compressores	
								x	47	PV no supervisão e liga o 1° compressor	
								x	46	PV no supervisão e liga o 2° compressor	
								ALM / LO	45	PV e ALM, no supervisão e liga o 3° compressor	
								ALM / LOLO	44	PV e ALM no supervisão, gera alarme no campo	
4	63ATCI	x	Pressão da água na tubulação de combate à incêndio	LD302M	água	0-15	bar	ALM / HI	6	PV e ALM no supervisão	F118-F120
								x	5,5	PV no supervisão e desliga bba	
								x	2,4	PV no supervisão e liga bba na pressão baixa	
								ALM / LO	2	PV e ALM no supervisão	

5	63PAB	X	Pressão do ar de pressurização do barramento blindado	LD302M	ar	0-50	mbar	ALM / HI	21	PV e ALM no supervisorio e gera alarme no campo.	F121-F123
								x	20	PV no supervisorio e desliga sistema de pressurização.	
								x	5	PV no supervisorio e liga sistema de pressurização.	
								ALM / LO	4	PV e ALM no supervisorio.	
6	63BAS	x	Pressão do balão de ar de serviço	LD302M	ar	0-15	bar	ALM / HI	7,4	PV e ALM no supervisorio e gera alarme no campo	F77 ou F78 linha azul
								x	7	PV no supervisorio e desliga os compressores	
								x	6,2	PV no supervisorio e liga o 1° compressor	
								ALM / LO	5,9	PV e ALM. no supervisorio e liga o 2° compressor	
								ALM / LOLO	4,5	PV e ALM no supervisorio, gera alarme no campo	

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									DFI302	1B
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH1									Canal FF	04
Device		Tag	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluido	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarm e / Trip		Foto
1			Reserva								
2			Reserva								
3			Reserva								
4			Reserva								
5			Reserva								
6			Reserva								
7			Reserva								
8			Reserva								

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									DFI302	1
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - (Tanque de Água de Selagem e Galeria de Tomada D'Água da UGH-1)									Canal FF	01
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme/Trip	Set Alarme/Trip	Observação	Foto
1	71MO	x	Nível de água do tanque de selagem	LD302D	água			ALM / LOLO		PV e ALM no supervísório e gera alarme no campo	F61-F67
								ALM / LO		PV no supervísório e liga a motobomba AN / AR	
2	163PBA	x	Pressão de óleo nas saídas das motobombas da comporta tomada d'água (UGH-1)	LD302M	água	0-200	bar	ALM / LOLO	30	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e desliga a motobomba principal e liga motobomba reserva. .	F43-F49
								ALM / LO	60	PV e ALM no supervísório	
								ALM HI	120	PV e ALM no supervísório	
								ALM / HIHI	153	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e desliga a motobomba principal ou reserva e bloqueia a operação das mesmas.	
3	163TC	x	Pressão de óleo na tubulação das comportas de tomada d'água (UGH-1)	LD302M	óleo	0-200	bar	ALM / LO	80	PV e ALM. no supervísório	51-53
4	171CB	x	Nível de óleo na centralina das comportas de tomada d'água (UGH-1)	LD302D	óleo			x		PV no supervísório e desliga a motobomba principal ou reserva	F54-F56
								ALM / LO		PV no supervísório e gera alarme no campo	

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									DFI302	1
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - (Galeria de Tomada D'Água da UGH-2 e UGH-3)									Canal FF	02
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação	Foto
1	363TC	x	Pressão de óleo na tubulação das comportas de tomada d'água (UGH-3)	LD302M	óleo	0-150	bar	ALM / LO	80	PV e ALM. no supervísório	

2	363PBA	x	Pressão de óleo nas saídas das motobombas da comporta tomada d'água (UGH-3)	LD302M	água	0-200	bar	ALM / LOLO	30	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e desliga a motobomba principal e liga motobomba reserva. .	
								ALM / LO	60	PV e ALM no supervísório	
								ALM HI	120	PV e ALM no supervísório	
								ALM / HIHI	153	PV no supervísório, gera alarme no campo e desliga a motobomba principal ou reserva e bloqueia a operação das mesmas.	
3	271CB	x	Nível de óleo na centralina das comportas de tomada d'água (UGH-2)	LD302D	óleo			x		PV no supervísório e desliga a motobomba principal ou reserva	
								ALM / LO		PV no supervísório e gera alarme no campo	
4	263TC	x	Pressão de óleo na tubulação das comportas de tomada d'água (UGH-2)	LD302M	óleo	0-150	bar	ALM / LO	80	PV e ALM. no supervísório	
5	263PBA	x	Pressão de óleo nas saídas das motobombas da comporta tomada d'água (UGH-2)	LD302M	água	0-200	bar	ALM / LOLO	30	PV no supervísório, gera alarme no campo e desliga a motobomba principal e liga motobomba reserva	
								ALM / LO	60	PV e ALM no supervísório	
								ALM HI	120	PV e ALM no supervísório	
								ALM / HIHI	153	PV no supervísório, gera alarme no campo e desliga a motobomba principal ou reserva e bloqueia a operação das mesmas.	
6	371CB	x	Nível de óleo na centralina das comportas de tomada d'água (UGH-3)	LD302D	óleo			x		PV no supervísório e desliga a motobomba principal ou reserva	
								ALM / LO		PV no supervísório e gera alarme no campo	

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									DFI302	1
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - (Galeria de Tomada D'Água da UGH-4 e UGH-5)									Canal FF	03
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação	Foto
1	463TC	x	Pressão de óleo na tubulação das comportas de tomada d'água (UGH-4)	LD302M	óleo	0-150	bar	ALM / LO	80	PV e ALM. no supervísório	

2	463PBA	x	Pressão de óleo nas saídas das motobombas da comporta tomada d'água (UGH-4)	LD302M	água	0-200	bar	ALM / LOLO	30	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e desliga a motobomba principal e liga motobomba reserva. .	
								ALM / LO	60	PV e ALM no supervísório	
								ALM HI	120	PV e ALM no supervísório	
								ALM / HIHI	153	PV no supervísório, gera alarme no campo e desliga a motobomba principal ou reserva e bloqueia a operação das mesmas.	
3	471CB	x	Nível de óleo na centralina das comportas de tomada d'água (UGH-4)	LD302D	óleo			x		PV no supervísório e desliga a motobomba principal ou reserva	
								ALM / LO		PV no supervísório e gera alarme no campo	
4	563TC	x	Pressão de óleo na tubulação das comportas de tomada d'água (UGH-5)	LD302M	óleo	0-150	bar	ALM / LO	80	PV e ALM. no supervísório	
5	563PBA	x	Pressão de óleo nas saídas das motobombas da comporta tomada d'água (UGH-5)	LD302M	água	0-200	bar	ALM / LOLO	30	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e desliga a motobomba principal e liga motobomba reserva. .	
								ALM / LO	60	PV e ALM no supervísório	
								ALM HI	120	PV e ALM no supervísório	
								ALM / HIHI	153	PV no supervísório, gera alarme no campo e desliga a motobomba principal ou reserva e bloqueia a operação das mesmas.	
6	571CB	x	Nível de óleo na centralina das comportas de tomada d'água (UGH-5)	LD302D	óleo			x		PV no supervísório e desliga a motobomba principal ou reserva	
								ALM / LO		PV no supervísório e gera alarme no campo	

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA									DFI302	1
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - TOMADA D'ÁGUA									Canal FF	04
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação	Foto
1			Reserva								
2			Reserva								

3			Reserva									
4			Reserva									
5			Reserva									
6			Reserva									
7			Reserva									
8			Reserva									

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA								DFI302	UGH-01
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH1 - GERADOR E MANCAL GUIA SUPERIOR								Canal FF	1
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1		126GAF1	Temperatura AR Frio radiador nº 1	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		126GAF2	Temperatura AR Frio radiador nº 2					ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
2		126GAF3	Temperatura AR Frio radiador nº 3	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		126GAF4	Temperatura AR Frio radiador nº 4					ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
3		126GAF5	Temperatura AR Frio radiador nº 5	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		126GAF6	Temperatura AR Frio radiador nº 6					ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
4		126GAF7	Temperatura AR Frio radiador nº 7	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		126GAF8	Temperatura AR Frio radiador nº 8					ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
5		126GAQ1	Temperatura AR Quente	TT302		20-100	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		x	x					x	x	x
6		149G1A	Temperatura Enrolamento fase A	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		149G2A	Temperatura Núcleo fase A					x	X	X
7		149G1B	Temperatura Enrolamento fase B	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		149G2B	Temperatura Núcleo fase B					x	X	X
8		149G1V	Temperatura Enrolamento fase V	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		149G2V	Temperatura Núcleo fase V					x	X	X
9		138GMM1	Temperatura Metal Mancal Guia Superior Nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	80	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.

		138GMM2	Temperatura Metal Mancal Guia Superior Nº 2					TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	80	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente								DFI302	UGH-01	
Projeto								Canal FF	2	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1		138MG1	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		X	x							ALM / HI
		X	x		x	x	x	x	x	X
		138MK1	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
138MJ1	Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº1	Óleo						ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		138MJ1	Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº1					ALM / HI	70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		138MK2	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº2	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
3		138MK3	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº3							ALM / HI
								TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
4		138MJ2	Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº2	TT302	Óleo	0-200	°C	ALM / HI	70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		X	x		x	x		X	X	X
5		138MG2	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº2	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		138MG3	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº3							
								TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
6		138ME1	Temperatura Metal Mancal Escora Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		138ME2	Temperatura Metal Mancal Escora Nº2							
								TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP

								ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
7		126LK	Temperatura Óleo Regulação Tanque s/ Pressão	TT302	Óleo	0-200	°C	TRIP / HI	55	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
		126AR	Temperatura Água Resfriamento do Óleo de Regulação		Água			ALM / HI	48	PV e ALM no supervisório.
8		138ME3	Temperatura Metal Mancal Escora Nº3	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
		138MI	Temperatura Óleo Cuba Mancal Combinado		Óleo			ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-01	
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH1 - MANCAL GUIA SUPERIOR E DENSIDADE DO ÓLEO MANCAL COMBINADO							Canal FF	3	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	
1		138GMM3	Temperatura Metal Mancal Superior Nº 3	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
		x	x		x	x	x	x	x	X
2		138GMO1	Temperatura Óleo Cuba Mancal Superior Nº 1	TT302	Óleo	0-200	°C	TRIP / HIHI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
		138GMO2	Temperatura Óleo Cuba Mancal Superior Nº 2		Óleo			ALM / HI	70	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
					TRIP / HIHI			75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	
					ALM / HI			70	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
3		DT302-1	Densidade Óleo Mancal Combinado	DT302	Óleo	0,50 - 1,20	X	ALM / HI	0,87	PV e ALM no supervisório.
		DT302-T	Temperatura Medidorancal Densidade do Óleo				°C	X	X	PV no supervisório.
4		49F1.2A	Temperatura do Ar do Transformador Auxiliar Nº 01	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI		PV e ALM no supervisório e TRIP
		x	x	x	x	x	x	x	x	x
5										
6										
7										
8										

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA								DFI302	UGH-01
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH1								Canal FF	4
Device	Tag	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip		
1		Reserva								
2		Reserva								
3		Reserva								
4		Reserva								
5		Reserva								
6		Reserva								
7		Reserva								
8		Reserva								

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation										
Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA								DFI302	UGH-02
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH2 - GERADOR E MANCAL GUIA SUPERIOR								Canal FF	1
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1		226GAF1	Temperatura AR Frio radiador nº 1	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
		226GAF2	Temperatura AR Frio radiador nº 2					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
2		226GAF3	Temperatura AR Frio radiador nº 3	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
		226GAF4	Temperatura AR Frio radiador nº 4					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
3		226GAF5	Temperatura AR Frio radiador nº 5	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
		226GAF6	Temperatura AR Frio radiador nº 6					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
4		226GAF7	Temperatura AR Frio radiador nº 7	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
		226GAF8	Temperatura AR Frio radiador nº 8					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
5		226GAQ1	Temperatura AR Quente	TT302		20-100	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
		x	x					x	x	x
6		249G1A	Temperatura Enrolamento fase A	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.

		249G2A	Temperatura Núcleo fase A		x			X	X	PV no supervísório.
7		249G1B	Temperatura Enrolamento fase B	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		249G2B			Temperatura Núcleo fase B			x	X	X
8		249G1V	Temperatura Enrolamento fase V	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		249G2V			Temperatura Núcleo fase V			x	X	X
9		238GMM1	Temperatura Metal Mancal Guia Superior Nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
					ALM / HI			80	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.	
		238GMM2	Temperatura Metal Mancal Guia Superior Nº 2		TRIP / HIHI			85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	
					ALM / HI			80	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.	

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation										
Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-02	
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH2 - MANCAL COMBINADO, MANCAL GUIA INFERIOR E TANQUE SEM PRESSÃO							Canal FF	2	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1		238MG1	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		X			x			x	x	x
2		238MK1	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		238MJ1			Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº1			Óleo	ALM / HI	70
3		238MK2	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº2	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
					ALM / HI			75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.	
		238MK3	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº3		TRIP / HIHI			85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	
					ALM / HI			75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.	
4		238MJ2	Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº2	TT302	Óleo	0-200	°C	ALM / HI	70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.

		X	x		x	x	x	X	X	X		
5		238MG2	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário N°2	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP		
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.		
		238MG3	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário N°3							TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.		
6		238ME1	Temperatura Metal Mancal Escora N°1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP		
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.		
		238ME2	Temperatura Metal Mancal Escora N°2							TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.		
7		226LK	Temperatura Óleo Regulação Tanque s/ Pressão	TT302	Óleo	0-200	°C	TRIP / HI	55	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP		
								ALM / HI	48	PV e ALM no supervísório.		
		226AR	Temperatura Água Resfriamento do Óleo de Regulação					Água		ALM / HI	35	PV e ALM no supervísório.
8		238ME3	Temperatura Metal Mancal Escora N°3	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP		
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.		
		238MI	Temperatura Óleo Cuba Mancal Combinado					Óleo		ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-02	
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH2 - MANCAL GUIA SUPERIOR E DENSIDADE DO ÓLEO MANCAL COMBINADO							Canal FF	3	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	
1		238GMM3	Temperatura Metal Mancal Superior N° 3	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	80	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		x	x		x	x	x	x	X	
2		238GMO1	Temperatura Óleo Cuba Mancal Superior N° 1	TT302	Óleo	0-200	°C	TRIP / HIHI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		238GMO2	Temperatura Óleo Cuba Mancal Superior N° 2					Óleo		TRIP / HIHI

								ALM / HI	70	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
3		DT302-2	Densidade Óleo Mancal Combinado	DT302	Óleo	0,50 - 1,20	X	ALM / HI	0,87	PV e ALM no supervisório.
		DT302-T	Temperatura Medidoranral Densidade do Óleo					°C	X	X
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-02
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH2							Canal FF	4
Device	Tag	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	
1		Reserva							
2		Reserva							
3		Reserva							
4		Reserva							
5		Reserva							
6		Reserva							
7		Reserva							
8		Reserva							

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-03	
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH3 - GERADOR E MANCAL GUIA SUPERIOR							Canal FF	1	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1		326GAF1	Temperatura AR Frio radiador nº 1	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
		326GAF2	Temperatura AR Frio radiador nº 2					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
2		326GAF3	Temperatura AR Frio radiador nº 3	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
		326GAF4	Temperatura AR Frio radiador nº 4					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.

3	326GAF5	Temperatura AR Frio radiador nº 5	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
	326GAF6	Temperatura AR Frio radiador nº 6					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
4	326GAF7	Temperatura AR Frio radiador nº 7	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
	326GAF8	Temperatura AR Frio radiador nº 8					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
5	326GAQ1	Temperatura AR Quente	TT302		20-100	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
	x	x					x	x	x
6	349G1A	Temperatura Enrolamento fase A	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
	349G2A	Temperatura Núcleo fase A					x		X
7	349G1B	Temperatura Enrolamento fase B	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
	349G2B	Temperatura Núcleo fase B					x		X
8	349G1V	Temperatura Enrolamento fase V	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
	349G2V	Temperatura Núcleo fase V					x		X
9	338GMM1	Temperatura Metal Mancal Guia Superior Nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
	338GMM2	Temperatura Metal Mancal Guia Superior Nº 2							TRIP / HIHI
							ALM / HI	80	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-03	
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH3 - MANCAL COMBINADO, MANCAL GUIA INFERIOR E TANQUE SEM PRESSÃO							Canal FF	2	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1		338MG1	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.

		X	x		x	x	x	x	x	X
2		338MK1	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		338MJ1	Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº1		Óleo			ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
3		338MK2	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº2	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		338MK3	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº3					TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
4		338MJ2	Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº2	TT302		0-200	°C	ALM / HI	70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		X	x					x	X	X
5		338MG2	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº2	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		338MG3	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº3					TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
6		338ME1	Temperatura Metal Mancal Escora Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		338ME2	Temperatura Metal Mancal Escora Nº2					TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
7		326LK	Temperatura Óleo Regulação Tanque s/ Pressão	TT302		0-200	°C	TRIP / HI	55	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		326AR	Temperatura Água Resfriamento do Óleo de Regulação					Água	ALM / HI	48
8		338ME3	Temperatura Metal Mancal Escora Nº3	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		338MI	Temperatura Óleo Cuba Mancal Combinado					Óleo	ALM / HI	75

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA								DFI302	UGH-03
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH3 - MANCAL GUIA SUPERIOR E DENSIDADE DO ÓLEO MANCAL COMBINADO								Canal FF	3
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	
1		338GMM3	Temperatura Metal Mancal Superior Nº 3	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		x	x		x	x		x	x	x
2		338GMO1	Temperatura Óleo Cuba Mancal Superior Nº 1	TT302	Óleo	0-200	°C	TRIP / HIHI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
					Óleo			ALM / HI	70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		338GMO2	Temperatura Óleo Cuba Mancal Superior Nº 2		TRIP / HIHI			75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	
					ALM / HI			70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.	
3		DT302-3	Densidade Óleo Mancal Combinado	DT302	Óleo	0,50 - 1,20	X	ALM / HI	0,87	PV e ALM no supervísório.
		DT302-T	Temperatura Medidorancal Densidade do Óleo					°C	X	X
4										
5										
6										
7										
8										

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA								DFI302	UGH-03
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH3								Canal FF	4
Device	Tag	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip		
1		Reserva								
2		Reserva								
3		Reserva								
4		Reserva								
5		Reserva								
6		Reserva								
7		Reserva								
8		Reserva								

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-04	
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH4 - GERADOR E MANCAL GUIA SUPERIOR							Canal FF	1	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1		426GAF1	Temperatura AR Frio radiador nº 1	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		426GAF2	Temperatura AR Frio radiador nº 2					ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
2		426GAF3	Temperatura AR Frio radiador nº 3	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		426GAF4	Temperatura AR Frio radiador nº 4					ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
3		426GAF5	Temperatura AR Frio radiador nº 5	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		426GAF6	Temperatura AR Frio radiador nº 6					ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
4		426GAF7	Temperatura AR Frio radiador nº 7	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		426GAF8	Temperatura AR Frio radiador nº 8					ALM / HI	45	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
5		426GAQ1	Temperatura AR Quente	TT302		20-100	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		x	x					x	x	x
6		449G1A	Temperatura Enrolamento fase A	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		449G2A	Temperatura Núcleo fase A					x	X	X
7		449G1B	Temperatura Enrolamento fase B	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		449G2B	Temperatura Núcleo fase B					x	X	X
8		449G1V	Temperatura Enrolamento fase V	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		449G2V	Temperatura Núcleo fase V					x	X	X
9		438GMM1	Temperatura Metal Mancal Guia Superior Nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	80	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.

		438GMM2	Temperatura Metal Mancal Guia Superior Nº 2					TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	80	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-04		
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH4 - MANCAL COMBINADO, MANCAL GUIA INFERIOR E TANQUE SEM PRESSÃO							Canal FF	2		
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação	
1		438MG1	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	
		X	x		x	x	x	x	x	X	
2		438MK1	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	
		438MJ1	Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº1		Óleo			ALM / HI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
3		438MK2	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº2	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
		438MK3	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº3					TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
4		438MJ2	Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº2	TT302	Óleo	0-200	°C	ALM / HI	70	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
		X	x					x	x	X	X
5		438MG2	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº2	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
		438MG3	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº3					TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
6		438ME1	Temperatura Metal Mancal Escora Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
		438ME2	Temperatura Metal Mancal Escora Nº2					TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	

								ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
7		426LK	Temperatura Óleo Regulação Tanque s/ Pressão	TT302	Óleo	0-200	°C	TRIP / HI	55	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
		426AR	Temperatura Água Resfriamento do Óleo de Regulação		Água			ALM / HI	48	PV e ALM no supervisório.
8		438ME3	Temperatura Metal Mancal Escora N°3	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
		438MI	Temperatura Óleo Cuba Mancal Combinado		Óleo			ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-04	
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH4 - MANCAL GUIA SUPERIOR E DENSIDADE DO ÓLEO MANCAL COMBINADO							Canal FF	3	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	
1		438GMM3	Temperatura Metal Mancal Superior N° 3	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
		x	x		x	x	x	x	x	X
2		438GMO1	Temperatura Óleo Cuba Mancal Superior N° 1	TT302	Óleo	0-200	°C	TRIP / HIHI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
		438GMO2	Temperatura Óleo Cuba Mancal Superior N° 2		Óleo			TRIP / HIHI	75	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	70	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
								ALM / HI	70	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
3		DT302-4	Densidade Óleo Mancal Combinado	DT302	Óleo	0,50 - 1,20	X	ALM / HI	0,87	PV e ALM no supervisório.
		DT302-T	Temperatura Medidorançal Densidade do Óleo				°C	X	X	PV no supervisório.
4										
5										
6										
7										
8										

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA								DFI302	UGH-04
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH4								Canal FF	4
Device	Tag	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip		
1		Reserva								
2		Reserva								
3		Reserva								
4		Reserva								
5		Reserva								
6		Reserva								
7		Reserva								
8		Reserva								

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation										
Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA								DFI302	UGH-05
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH5 - GERADOR E MANCAL GUIA SUPERIOR								Canal FF	1
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1		526GAF1	Temperatura AR Frio radiador nº 1	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.
		526GAF2	Temperatura AR Frio radiador nº 2					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.
2		526GAF3	Temperatura AR Frio radiador nº 3	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.
		526GAF4	Temperatura AR Frio radiador nº 4					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.
3		526GAF5	Temperatura AR Frio radiador nº 5	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.
		526GAF6	Temperatura AR Frio radiador nº 6					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.
4		526GAF7	Temperatura AR Frio radiador nº 7	TT302		20-60	°C	ALM / HI	45	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.
		526GAF8	Temperatura AR Frio radiador nº 8					ALM / HI	45	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.
5		526GAQ1	Temperatura AR Quente	TT302		20-100	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.
		x	x					x	x	x
6		549G1A	Temperatura Enrolamento fase A	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.

		549G2A	Temperatura Núcleo fase A		x			X	X	PV no supervísório.
7		549G1B	Temperatura Enrolamento fase B	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		549G2B	Temperatura Núcleo fase B		x			X	PV no supervísório.	
8		549G1V	Temperatura Enrolamento fase V	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		549G2V	Temperatura Núcleo fase V		x			X	PV no supervísório.	
9		538GMM1	Temperatura Metal Mancal Guia Superior Nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		538GMM2	Temperatura Metal Mancal Guia Superior Nº 2					ALM / HI	80	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
								TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	80	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-05	
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH5 - MANCAL COMBINADO, MANCAL GUIA INFERIOR E TANQUE SEM PRESSÃO							Canal FF	2	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1		538MG1	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		X	x		x			x	x	x
2		538MK1	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		538MJ1	Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº1		Óleo			ALM / HI	70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
3		538MK2	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº2	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		538MK3	Temperatura Metal Mancal Guia Inferior Nº3					TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
4		538MJ2	Temperatura Óleo Cuba Mancal Guia Inferior Nº2	TT302	Óleo	0-200	°C	ALM / HI	70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.

		X	x		x	x	x	X	X	X
5	538MG2	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário N°2	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	
							ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.	
	538MG3	Temperatura Metal Mancal Guia Intermediário N°3					TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	
							ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.	
6	538ME1	Temperatura Metal Mancal Escora N°1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	
							ALM / HI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.	
	538ME2	Temperatura Metal Mancal Escora N°2					TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	
							ALM / HI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.	
7	526LK	Temperatura Óleo Regulação Tanque s/ Pressão	TT302	Óleo	0-200	°C	TRIP / HI	55	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	
	526AR	Temperatura Água Resfriamento do Óleo de Regulação		Água			ALM / HI	48	PV e ALM no supervísório.	
				ALM / HI			35	PV e ALM no supervísório.		
8	538ME3	Temperatura Metal Mancal Escora N°3	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	90	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	
							ALM / HI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.	
	538MI	Temperatura Óleo Cuba Mancal Combinado					Óleo	ALM / HI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-05	
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO 1ª FASE - UGH5 - MANCAL GUIA SUPERIOR E DENSIDADE DO ÓLEO MANCAL COMBINADO							Canal FF	3	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	
1		538GMM3	Temperatura Metal Mancal Superior N° 3	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	85	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		x	x					ALM / HI	80	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
		x	x		x	x	x	x	x	X
2		538GMO1	Temperatura Óleo Cuba Mancal Superior N° 1	TT302	Óleo	0-200	°C	TRIP / HIHI	75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP
		538GMO2	Temperatura Óleo Cuba Mancal Superior N° 2		Óleo			ALM / HI	70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
					TRIP / HIHI			75	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e TRIP	

								ALM / HI	70	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
3		DT302-5	Densidade Óleo Mancal Combinado	DT302	Óleo	0,50 - 1,20	X	ALM / HI	0,87	PV e ALM no supervísório.
		DT302-T	Temperatura Medidorançal Densidade do Óleo					°C	X	X
4		49F2.2A	Temperatura do Ar do Transformador Auxiliar N° 01	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI		PV e ALM no supervísório e TRIP
								ALM / HI		PV e ALM no supervísório
		x	x	x	x	x	x	x	x	x
5										
6										
7										
8										

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	UGH-05
Projeto	MODERNIZAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO - UGH5							Canal FF	4
Device	Tag	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	
1		Reserva							
2		Reserva							
3		Reserva							
4		Reserva							
5		Reserva							
6		Reserva							
7		Reserva							
8		Reserva							

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	TRAFOS								
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO DOS TRANSFORMADORES ELEVADORES E TRAFOS DE EXCITAÇÃO							Canal FF	01								
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme/Trip	Set Alarme/Trip	Observação							
1		149TP	Temperatura enrolamento primário trafo elevador	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHIHI	120	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.							
								ALM / HIHI	105	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo.							
								x	90	PV no supervisório e pre-condição para ligar grupo da reserva							
								ALM / HI	80	PV e ALM. no supervisório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio							
		TRIP / HIHIHI	120					PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.									
		ALM / HIHI	105					PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo.									
		x	90					PV no supervisório e pre-condição para ligar grupo da reserva									
		ALM / HI	80					PV e ALM. no supervisório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio									
2	126F	x	Temperatura óleo trafo elevador	TT302	óleo	0-200	°C	TRIP / HIHI	95	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP							
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.							
	26TR1	x	Temperatua do óleo do trafo regulador nº 1					TRIP / HIHI	95	PV e ALM no supervisório e TRIP							
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.							
								3		249TP	Temperatura enrolamento primário trafo elevador	TT302	0-200	°C	TRIP / HIHIHI	120	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.
															ALM / HIHI	105	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo.
x	90	PV no supervisório e pre-condição para ligar grupo da reserva															
ALM / HI	80	PV e ALM. no supervisório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio															
TRIP / HIHIHI	120	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.															
ALM / HIHI	105	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo.															
x	90	PV no supervisório e pre-condição para ligar grupo da reserva															
ALM / HI	80	PV e ALM. no supervisório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio															
249TS	Temperatura enrolamento secundário trafo elevador	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHIHI	120	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.									
						ALM / HIHI	105	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo.									
						x	90	PV no supervisório e pre-condição para ligar grupo da reserva									
						ALM / HI	80	PV e ALM. no supervisório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio									

4	226F	x	Temperatura óleo trafo elevador	TT302	óleo	0-200	°C	TRIP / HIHI	95	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5		349TP	Temperatura enrolamento primário trafo elevador	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHIHI	120	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HIHI	105	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo.
								x	90	PV no supervisório e pre-condição para ligar grupo da reserva
								ALM / HI	80	PV e ALM. no supervisório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio
		TRIP / HIHIHI	120					PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.		
		ALM / HIHI	105					PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo.		
		x	90					PV no supervisório e pre-condição para ligar grupo da reserva		
		ALM / HI	80					PV e ALM. no supervisório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio		
6	326F		Temperatura óleo trafo elevador	TT302	óleo	0-200	°C	TRIP / HIHI	95	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
	26TR2	x	Temperatua do óleo do trafo regulador nº2					TRIP / HIHI	95	PV e ALM no supervisório e TRIP
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
7		449TP	Temperatura enrolamento primário trafo elevador	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHIHI	120	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HIHI	105	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo.
								x	90	PV no supervisório e pre-condição para ligar grupo da reserva
								ALM / HI	80	PV e ALM. no supervisório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio
		TRIP / HIHIHI	120					PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.		
		ALM / HIHI	105					PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo.		
		x	90					PV no supervisório e pre-condição para ligar grupo da reserva		
		ALM / HI	80					PV e ALM. no supervisório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio		
8	426F	x	Temperatura óleo trafo elevador	TT302	óleo	0-200	°C	TRIP / HIHI	95	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	TRAFO	
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO DOS TRANSFORMADORES ELEVADORES E TRAFO DE EXCITAÇÃO							Canal FF	02	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1		149TEA1	Temperatura trafo excitação fase A enrolamento nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.
			ALM / HI					110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.	
		149TEA2	Temperatura trafo excitação fase A enrolamento nº 2					TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.
			ALM / HI					110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.	
2		149TEB1	Temperatura trafo excitação fase B enrolamento nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.
			ALM / HI					110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.	
		149TEB2	Temperatura trafo excitação fase B enrolamento nº 2					TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.
			ALM / HI					110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.	
3		149TEV1	Temperatura trafo excitação fase V enrolamento nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.
			ALM / HI					110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.	
		149TEV2	Temperatura trafo excitação fase C enrolamento nº 2					TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.
			ALM / HI					110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.	
4		249TEA1	Temperatura trafo excitação fase A enrolamento nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.
			ALM / HI					110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.	
		249TEA2	Temperatura trafo excitação fase A enrolamento nº 2					TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.
			ALM / HI					110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.	
5		249TEB1	Temperatura trafo excitação fase B enrolamento nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.
			ALM / HI					110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.	
		249TEB2	Temperatura trafo excitação fase B enrolamento nº 2					TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.
			ALM / HI					110	PV e ALM no supervisorío, gera alarme no campo.	
6		249TEV1	Temperatura trafo excitação fase V enrolamento nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisorío, gera alarme no campo e TRIP.

								ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
		249TEV2	Temperatura trafo excitação fase C enrolamento nº 2					TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
7		349TEA1	Temperatura trafo excitação fase A enrolamento nº 1	TT302	0-200	°C		TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.
							ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
		349TEA2	Temperatura trafo excitação fase A enrolamento nº 2				TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.	
							ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
8		349TEB1	Temperatura trafo excitação fase B enrolamento nº 1	TT302	0-200	°C		TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.
							ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
		349TEB2	Temperatura trafo excitação fase B enrolamento nº 2				TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.	
							ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
9		349TEV1	Temperatura trafo excitação fase V enrolamento nº 1	TT302	0-200	°C		TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.
							ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
		349TEV2	Temperatura trafo excitação fase C enrolamento nº 2				TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.	
							ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	TRAFOS		
Projeto	INSTRUMENTAÇÃO DOS TRANSFORMADORES ELEVADORES E TRAFOS DE EXCITAÇÃO							Canal FF	03		
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluido	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação	
1		449TEA1	Temperatura trafo excitação fase A enrolamento nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.	
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
		449TEA2	Temperatura trafo excitação fase A enrolamento nº 2					TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.	
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
2		449TEB1	Temperatura trafo excitação fase B enrolamento nº 1	TT302		0-200	°C	TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.	
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
		449TEB2	Temperatura trafo excitação fase B enrolamento nº 2					TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.	

								ALM / HI	110	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
3	449TEV1	Temperatura trafo excitação fase V enrolamento nº 1	TT302	0-200	°C			TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
	449TEV2	Temperatura trafo excitação fase C enrolamento nº 2						TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
4	549TEA1	Temperatura trafo excitação fase A enrolamento nº 1	TT302	0-200	°C			TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
	549TEA2	Temperatura trafo excitação fase A enrolamento nº 2						TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
5	549TEB1	Temperatura trafo excitação fase B enrolamento nº 1	TT302	0-200	°C			TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
	549TEB2	Temperatura trafo excitação fase B enrolamento nº 2						TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
6	549TEV1	Temperatura trafo excitação fase V enrolamento nº 1	TT302	0-200	°C			TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
	549TEV2	Temperatura trafo excitação fase C enrolamento nº 2						TRIP / HIHI	130	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HI	110	PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo.
7	549TP	Temperatura enrolamento primário trafo elevador	TT302	0-200	°C			TRIP / HIHIHI	120	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HIHI	105	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo.
								x	90	PV no supervísório e pre-condição para ligar grupo da reserva
								ALM / HI	80	PV e ALM. no supervísório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio
	549TS	Temperatura enrolamento secundário trafo elevador						TRIP / HIHIHI	120	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP.
								ALM / HIHI	105	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo.
								x	90	PV no supervísório e pre-condição para ligar grupo da reserva
								ALM / HI	80	PV e ALM. no supervísório e pre-condição para ligar grupo do 2º estágio

8	526F	x	Temperatura óleo trafo elevador	TT302	óleo	0-200	°C	TRIP / HIHI	95	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP	
								ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
	26TR3	x	Temperatua do óleo do trafo regulador nº 3						TRIP / HIHI	95	PV e ALM no supervisório e TRIP
									ALM / HI	85	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.

Lista de Instrumentos da Rede Fieldbus Foundation

Cliente	MANAUS ENERGIA / UHE - BALBINA							DFI302	TRAFOS	
Projeto								Canal FF	04	
Device	Tag	Sensor / Canal	Descritivo / Serviço	Modelo	Fluído	Faixa de Calibração	Unidade Engenharia	Alarme / Trip	Set Alarme / Trip	Observação
1			Reserva							
2			Reserva							
3			Reserva							
4			Reserva							
5			Reserva							
6			Reserva							
7			Reserva							
8			Reserva							

DADOS DE VAZÕES DA USINA HIDRÉLETRICA DE BALBINA

MANCAL GUIA SUPERIOR – 80GM0

Material da tubulação / Schedule: AÇO CARBONO

Diâmetro da tubulação: 1”

Fluido de processo: ÓLEO MARBRAX TR-86

Densidade (*): A 20°C g / cm² - Especificação: 0.8817

Resultado: 0.8772

Viscosidade (*) (**): Cinemática a 40°C – Especificação: 83,0

Resultado: 80,8

Cinemática a 100°C – Especificação: 10,16

Resultado: 8,20

Temperatura normal / máxima de processo: 44°C – Normal

70°C - Máxima

Vazão normal / máxima de processo: 100 l/min - Normal

Pressão normal / máxima de processo: 3,6bar – Normal

6,0bar - Máxima

MANCAL GUIA SUPERIOR – 80GMA – ELEVEÇÃO 15,9 m

Material da tubulação / Schedule: PVC

Diâmetro da tubulação: 1”

Fluido de processo: ÁGUA

Densidade (*):

Viscosidade (*) (**):

Temperatura normal / máxima de processo: 32°C – Normal

Vazão normal / máxima de processo:

Pressão normal / máxima de processo:

MANCAL COMBINADO – 80LP

Material da tubulação / Schedule: AÇO CARBONO

Diâmetro da tubulação: 6”

Fluido de processo: ÓLEO MARBRAX TR-86

Densidade (*): A 20°C g/cm² - Especificação: 0.8817

Resultado: 0.8841

Viscosidade (*) (**): Cinemática a 40°C – Especificação: 83,0

Resultado: 75,2

Cinemática a 100°C – Especificação: 10,16

Resultado: 8,60

Temperatura normal / máxima de processo: 44°C–Normal

75°C - Máxima

Vazão normal / máxima de processo: 100 l/min - Normal

Pressão normal / máxima de processo: 2,5bar – Normal

6,0bar – Máxima

MANCAL COMBINADO – 80MM – ELEVEÇÃO 18 m

Material da tubulação / Schedule: PVC

Diâmetro da tubulação: 4”

Fluido de processo: ÁGUA

Densidade (*):

Viscosidade (*) (**):

Temperatura normal / máxima de processo: 32°C – Normal

Vazão normal / máxima de processo:

Pressão normal / máxima de processo: 1,3bar – Normal

TANQUE SEM PRESSÃO – 80MN – ELEVEÇÃO 26 m

Material da tubulação / Schedule: PVC

Diâmetro da tubulação: 2”

Fluido de processo: ÁGUA

Densidade (*):

Viscosidade (*) (**):

Temperatura normal / máxima de processo: 32°C – Normal

Vazão normal / máxima de processo:

Pressão normal / máxima de processo:

SISTEMA DE ÁGUA DE VEDAÇÃO DO EIXO – 80MP – ELEVEÇÃO 24 m

Material da tubulação / Schedule: PVC

Diâmetro da tubulação: 2”

Fluido de processo: ÁGUA

Densidade (*):

Viscosidade (*) (**):

Temperatura normal / máxima de processo: 32°C – Normal

Vazão normal / máxima de processo: 120 l/min - Normal

Pressão normal / máxima de processo: 3,5 – Normal

Considerar todas as informações aqui fornecidas com máquina em funcionamento.

Observação1: Estou informando-lhe que como não temos um dado de vazão exato, queira considerar os dados do filtro auto-limpante aqui informado: pressão de trabalho na entrada de 2,8bar, pressão de trabalho na saída 2,6bar e vazão de 700m³/h. O mesmo está na elevação 20,60 (Galeria Mecânica Superior).

O filtro é responsável pela distribuição de água para resfriamento do óleo de todos os sistemas de circulação da máquina.

Observação2: Favor checar a vazão da água com base no diâmetro da tubulação e na diferença de pressão da tomada d’água de refrigeração de cada máquina. O nível máximo de água da usina é de 50 m (nível meta do reservatório para todos). Por exemplo para a elevação 26 m (elevação do tanque sem pressão), a coluna d’água será de $50-26=24$ m. Com essa coluna d’água vamos esperar uma pressão em torno de 2,4 kgf/cm². Para obter a vazão é necessário saber o diâmetro da tubulação e aplicar a fórmula da vazão. Para os demais níveis bastaria alterar o valor da elevação mantendo o nível meta.

Observação3: Em relação à estimativa de pressão para a água de selagem, considerar o nível meta da caixa d’água de selagem que está à 6 m acima da base da caixa d’água (elevação 53 m), ou seja $53 + 6 = 59$ m. A altura da coluna d’água é de $59-24=35$ m (pressão de 3,5 kgf/cm²). Para obter a vazão é necessário saber o diâmetro da tubulação e aplicar a fórmula da vazão.

SISTEMA DA TURBINA	TAG-COMPONENTE	INSTRUMENTAÇÃO					
		POSIÇÃO-SENSOR	SENSOR	DESCRIÇÃO	ALARME	TAG-ALARME	AÇÃO TOMADA
EQUIPAMENTO							
Turbina Kaplan							
COMPONENTE							
Cabeçote Kaplan							
Eixo							
Pás							
Roda Kaplan							
Tampa							
EQUIPAMENTO							
Mancal combinado							
SUBSISTEMA							
Sistema de injeção de óleo							
COMPONENTE							
Filtro	163CS	Saída dos filtros de óleo	LD302M	Pressão	ALM/LO (60 bar)	63SSA	PV e ALM. no supervisório e intertravamento no CKT de partida da máquina por pressão baixa.
Motobomba AG	163LV	Saída Motobomba AG	LD302M	Pressão	ALM/LOLO (35 bar) ALM/LO (50 bar)	63LVTA 63LVA	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa PV e ALM no supervisório
Motobomba AH	163LW	Saída Motobomba AH	LD302M	Pressão	ALM/LOLO (35 bar) ALM/LO (50 bar)	63LWTA 63LWA	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa PV e ALM no supervisório
Painel elétrico Tubulações e conexões Válvulas							
SUBSISTEMA							

Sistema de circulação de óleo							
COMPONENTE							
Filtro	163MB	Entrada e saída dos filtros de óleo	LD302D	Pressão	ALM / HI (1,0 bar)	63MBA	PV e ALM no supervísório (Filtro de óleo obstruído)
Motobomba AI	163LX	Saída Motobomba AI	LD302M	Pressão	ALM / LOLO (1,2 bar)	63LXTA	PV no supervísório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa PV e ALM no supervísório
					ALM / LO (2,0 bar)	63LXA	
Motobomba AJ	163LY	Saída Motobomba AJ	LD302M	Pressão	ALM / LOLO (1,2 bar)	63LYTA	PV no supervísório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa PV e ALM no supervísório
					ALM / LO (2,0 bar)	63LYA	
Painel elétrico							
Tubulações e conexões	180LP	Tubulação de entrada de óleo na cuba	IF302	Vazão	TRIP / LOLO (19 l/min)	80LPA	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP PV e ALM no supervísório e gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por baixa vazão de óleo.
					ALM / LO (25 l/min)	94LPTA	
Válvulas							
SUBSISTEMA							
Sistema de resfriamento							
COMPONENTE							
Filtro	163MB	Entrada e saída dos filtros de óleo	LD302D	Pressão	ALM / HI (1,0 bar)	63MBA	PV e ALM no supervísório (Filtro de óleo obstruído)
Trocador de calor	126ATMCS 126OTMCE	Tubulação de saída de água Tubulação de entrada de óleo	TT302	Temperatura	ALM / HI (35 °C)	26CTOEA	PV e ALM. no Supervísório PV e ALM no supervísório
					ALM / HIHI (50°C)	26CTASA	
Tubulações e conexões	180MM	Tubulação de saída de água após os trocadores	IF302	Vazão	TRIP / LOLO (19 l/min)	80MMA	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por baixa vazão..
					ALM / LO (25 l/min)	94MMTA	
Válvulas							

Mancal Combinado	138ME1	1º metal	TT302	Temperatura	ALM / HI (85 °C)	138ME1A	PV e ALM no supervísório
	138ME2	2º metal			ALM / HIHI (90°C)	138ME1TA	PV e ALM no supervísório
	138ME3	3º metal			ALM / HI (85 °C)	138ME2A	PV e ALM no supervísório
					ALM / HIHI (90°C)	138ME2TA	PV e ALM no supervísório
					ALM / HI (85 °C)	138ME3A	PV e ALM no supervísório
					ALM / HIHI (90°C)	138ME3TA	PV e ALM no supervísório
SUBSISTEMA							
Cuba	171MC	Cuba de óleo	LD302D	Pressão	TRIP / LOLO (15 mmH2O)	71MD2A	PV e ALM. no supervísório, gera alarme no campo e TRIP. PV e ALM no Supervísório e intertravamento no CKT de partida da máquina por nível baixo de óleo na cuba. PV e ALM no supervísório e gera alarme no campo
					ALM / LO (30 mmH2O)	71MD1A	
					ALM / HI (280 mmH2O)	71CYA	
COMPONENTE							
Bloco de escora							
Óleo Lubrificante	138MCO	Óleo - Mancal Escora	TT302 DT302-1	Temperatura Densidade	ALM / HI (75 °C) ALM / HIHI (90°C) ALM / HI (0,87 g/ml)	138MCA 138MCTA 138MCOA	PV e ALM no supervísório PV e ALM no supervísório PV e ALM no supervísório.
Pista de guia Segmento do mancal							
EQUIPAMENTO							
Mancal guia da turbina							
SUBSISTEMA							
Sistema de injeção de óleo							
COMPONENTE							
Filtro	163CS	Saída dos filtros de óleo	LD302M	Pressão	ALM/LO (60 bar)	63SSA	PV e ALM. no supervísório e intertravamento no CKT de partida da máquina por pressão baixa.
Motobomba AN	63SAS	Saída Motobomba AN	LD302M	Pressão	ALM / LOLO (2,0 bar)	63SASTA	PV e ALM no supervísório e gera alarme no campo. PV e ALM. no supervísório, desliga e bloqueia a partida das motobombas AN e AR.
Motobomba AR	63MR	Saída Motobomba AR	LD302M	Pressão	ALM / HIHI (2,0 bar)	63MRTA	
Painel elétrico Tubulações e conexões Válvulas							
SUBSISTEMA							

Sistema de circulação de óleo							
COMPONENTE							
Filtro	163FOMGS	Entrada e saída dos filtros de óleo	LD302D	Pressão	ALM / HI (2 bar)	63DP1A	Filtro de óleo obstruído
Motobomba 01	163B1	Saída Motobomba 01	LD302M	Pressão	ALM/LOLO(2,0 bar)	63-1D6TA	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa
					ALM/LO (2,5 bar) ALM / HI (5,5 bar)	63-1D6A 63-1D8A	PV e ALM no supervisório PV e ALM no supervisório
					ALM / HIHI (6,0 bar)	63-1D8TA	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão alta
Motobomba 02	163B2	Saída Motobomba 02	LD302M	Pressão	ALM/LOLO(2,0 bar)	63-2D9TA	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão baixa
					ALM/LO (2,5 bar) ALM / HI (5,5 bar)	63-2D9A 63-2D11A	PV e ALM no supervisório PV e ALM no supervisório
					ALM / HIHI (6,0 bar)	63-2D11TA	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo, desliga bba prioritária e liga bba reserva na pressão alta
Tubulações e conexões	180GMO	Óleo	IF302	Vazão	TRIP / LOLO (19 l/min)	80GMOTA	PV e ALM. no supervisório, gerar alarme no campo e TRIP. Pode vir a ser LD302D (Device 5)
	180GMA	Água			ALM / LO (25 l/min)	80GMOA	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida máquina por baixa vazão. Pode vir a ser LD302D (Device 5)
					TRIP / LOLO (19 l/min)	94GMOTA	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.

					ALM / LO (25 l/min)	94GMOA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por baixa vazão..
Válvulas							
SUBSISTEMA							
Sistema de resfriamento							
COMPONENTE							
Filtro	163FOMGS	Entrada e saída dos filtros de óleo	LD302D	Pressão	ALM / HI (2 bar)	63DP1A	Filtro de óleo obstruído
Trocador de calor	126ATMGSS 126OMGSE 126OMGSS	Tubulação de saída de água Tubulação de entrada de óleo Tubulação de saída de óleo	TT302	Temperatura	ALM / HI (35 °C) ALM / HI (55 °C) ALM / HI (55°C)	26GSTSAA 26GSTEOA 26GSTSOA	PV e ALM. no Supervisório PV e ALM. no Supervisório PV e ALM no supervisório
Tubulação de saída de água após os trocadores	80GMA 80GMA		IF2 IF2	Vazão	1° estágio - Alarme 2° estágio - Trip	80GMAA 94GMATA	
Válvulas							
Mancal Guia Superior	138GMM1	1° metal	TT302	Temperatura	TRIP / HIHI (85°C)	138GMM1TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
					ALM / HI (80°C)	138GMM1A	
	138GMM2	2° metal			TRIP / HIHI (85°C)	138GMM2TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
					ALM / HI (80°C)	138GMM2A	
	138GMM3	3° metal			TRIP / HIHI (85°C)	38GMM3TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
					ALM / HI (80°C)	38GMM3A	
Mancal Guia Intermediário	138MG1	1° metal	TT302	Temperatura	TRIP / HIHI (85°C)	38MG1TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
					ALM / HI (75°C)	38MG1A	

	138MG2	2° metal			TRIP / HIHI (85°C)	38MG2TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
					ALM / HI (75°C)	38MG2A	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
	138MG3	3° metal			TRIP / HIHI (85°C)	38MG3TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
					ALM / HI (75°C)	38MG3A	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
Mancal Guia Inferior	138MK1	1° metal	TT302	Temperatura	TRIP / HIHI (85°C)	38MK1TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
					ALM / HI (75°C)	38MK1A	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
	138MK2	2° metal			TRIP / HIHI (85°C)	38MK2TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
					ALM / HI (75°C)	38MK2A	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
	138MK3	3° metal			TRIP / HIHI (85°C)	38MK3TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
					ALM / HI (75°C)	38MK3A	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
SUBSISTEMA							
Cuba - MGS	171GMO	Cuba de óleo do Mancal Guia Superior	LD302D	Pressão	TRIP / LOLO (10 mmH2O)	71GMOMBA	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP.
					ALM / LO (20 mmH2O)	71GMOBA	PV e ALM no Supervisório e intertravamento no CKT de partida da máquina por nível baixo de óleo na cuba.
					ALM / HI (260 mmH2O)	71GMONA	PV e ALM no supervisório e gera alarme no campo
Cuba - MGI	163MS	Cuba de óleo do Mancal Guia Inferior	LD302M	Pressão	TRIP / LOLO (0,06 bar)	63MSTA	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP

					ALM / LO (0,25 bar)	63MSA	PV e ALM no supervisório
COMPONENTE							
Bloco de escora							
Óleo Lubrificante	138GMO1	Óleo - Mancal guia superior Nº 1	TT302	Temperatura	TRIP / HIHI (75°C)	38GMO1TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
	138GMO2	Óleo - Mancal guia superior Nº 2			ALM / HI (70°C)	38GMO1A	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
					TRIP / HIHI (75°C)	38GMO2TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
	138MJ1	Óleo - Mancal guia inferior Nº 1			ALM / HI (70°C)	38GMO2A	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
	138MJ2	Óleo - Mancal guia inferior Nº 2			ALM / HI (70°C)	38MJ1A	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.
					38MJ2TA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo.	
Pista de guia Segmento do mancal							
EQUIPAMENTO							
Sistema de vedação do eixo da turbina							
SUBSISTEMA							
Sistema de vedação							
COMPONENTE							
Cuba da junta	163AVE	Pressão diferencial da água de vedação do eixo	LD302D	Pressão	ALM / LO (2 bar)	163AVEA	PV no supervisório
Junta de manutenção	163CW	Tubulação de água da junta de manutenção	LD302M	Pressão	ALM / LO (2 bar)	63CWA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por pressão de água na tubulação.
Junta de vedação	163MQ	Tubulação de água de vedação do eixo (poço da turbina)	LD302M	Pressão	TRIP / LOLO (1 bar)	63MQ1A	PV e ALM. no supervisório, gera alarme no campo e TRIP
				Pressão	ALM / LO (2,5 bar)	63MQ2A	PV e ALM no supervisório
Pista de desgaste Sistema de resfriamento							
SUBSISTEMA							
Sistema de drenagem							

COMPONENTE							
Motobomba	163BAKL	Saída das motobombas AK e AL	LD302M	Pressão	ALM / LO (2,0 bar) ALM / LOLO (1,5 bar)		PV e ALM. no supervisório PV no supervisório e liga motobomba reserva na baixa pressão.
Painel elétrico							
Tubulações e conexões	180MP	Tubulação Água de Vedação Poço da Turbina	IF302	Vazão	ALM / LO (90 l/min)	80MPA	PV e ALM no supervisório e gera alarme no campo e intertravamento no CKT de partida da máquina por baixa vazão de água.
Válvulas							
Poço	171SDT	Poço de drenagem da tampa da turbina	LD302D	Pressão	TRIP / HIHI ALM / HI ----- -----	71CGA 71CHA 71CIA 71LQA	PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e TRIP PV e ALM no supervisório, gera alarme no campo e liga a 2ª motobomba PV no supervisório e liga a 1ª motobomba PV no supervisório e desliga as duas motobombas
EQUIPAMENTO							
Sistema do distribuidor							
SUBSISTEMA							
Servomotor							
COMPONENTE							
Cilindro Guarnições Haste Válvulas							
SUBSISTEMA							
Palheta diretriz							
COMPONENTE							
Buchas Palheta Vedações							
SUBSISTEMA							
Mecanismo de acionamento							
COMPONENTE							
Anel de sincronismo							

Biela Fim de curso Manivela Pino de cisalhamento Travas							
EQUIPAMENTO							
Sistema de estabilização							
COMPONENTE							
Sistema de injeção de ar	63BAS	Pressão do balão de ar de serviço	LD302M	Pressão	ALM / HI (7,4 bar) ----- (7 bar) ----- (6,2 bar) ALM / LO (5,9 bar) ALM / LOLO (4,5 bar)	63BASHA ----- ----- 63BASLA 63BASLLA	PV e ALM no supervísório e gera alarme no campo PV no supervísório e desliga os compressores PV no supervísório e liga o 1º compressor PV e ALM. no supervísório e liga o 2º compressor PV e ALM no supervísório, gera alarme no campo
Válvula de aeração							

ANEXO II - RELATÓRIO RELEX



Equipamento: UGH-01
TAG: UGH-01
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição: Top-level assembly
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.001550
MTBF 645

Equipamento/Sistema	Componente	TAG	Qty	Taxa de Falha	MTBF
UNIDADE GERADORA HIDRÁULICA 01	UGH-01	UGH-01	1.00	0.001550	645
SISTEMA DA TURBINA	SISTEMA DA TURBINA		1.00	0.001550	645
TURBINA KAPLAN	TURBINA KAPLAN		1.00	0.000236	4,240
MANCAL COMBINADO	MANCAL COMBINADO	80LP	1.00	0.000453	2,206
SISTEMA DE INJEÇÃO	SISTEMA DE INJEÇÃO		1.00	0.000128	7,796
SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DE ÓLEO	SISTEMA DE CIRCULAÇÃO		1.00	0.000156	6,417
SISTEMA DE RESFRIAMENTO	SISTEMA DE RESFRIAMENTO		1.00	0.000098	10,208
CUBA	CUBA	171MC	1.00	0.000071	14,026
MANCAL GUIA DA TURBINA	MANCAL GUIA	80GM	1.00	0.000367	2,728
SISTEMA DE INJEÇÃO DE ÓLEO	SISTEMA DE INJEÇÃO		1.00	0.000086	11,688
SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DE ÓLEO	SISTEMA DE CIRCULAÇÃO		1.00	0.000114	8,766
SISTEMA DE RESFRIAMENTO	SISTEMA DE RESFRIAMENTO		1.00	0.000071	14,026
CUBA	CUBA	171GMO	1.00	0.000096	10,461
SISTEMA DE VEDAÇÃO DO EIXO DA TURBINA	SISTEMA DE VEDAÇÃO	80MP	1.00	0.000295	3,391
SISTEMA DE VEDAÇÃO	VEDAÇÃO		1.00	0.000086	11,688
SISTEMA DE DRENAGEM	DRENAGEM		1.00	0.000209	4,776
SISTEMA DO DISTRIBUIDOR	SISTEMA DO DISTRIBUIDOR	SDT	1.00	0.000171	5,844
SERVOMOTOR	SERVOMOTOR		1.00	0.000043	23,376
PALHETA DIRETRIZ	PALHETA DIRETRIZ		1.00	0.000043	23,376
MECANISMO DE ACIONAMENTO	MECANISMO DE ACIONAMENTO		1.00	0.000086	11,688
SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO	SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO		1.00	0.000029	35,064



FINATEC

Equipamento: TURBINA KAPLAN
TAG: TUR
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000236
MTBF 4,240

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
CABEÇOTE KAPLAN	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
EIXO	Other		2,85e-005	1.00	2,85e-005
PÁS	Other		6,52e-005	1.00	6,52e-005
RODA KAPLAN	Other		2,85e-005	1.00	2,85e-005
TAMPA	Other		2,85e-005	1.00	2,85e-005
ROTOR	Other		7,08e-005	1.00	7,08e-005



FINATEC

Equipamento: SISTEMA DE INJEÇÃO
TAG: 163SI
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000128
MTBF 7,796

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
FILTRO	Other	163CS	5,70e-005	1.00	5,70e-005
MOTO BOMBA	Other	163LVW	1,43e-005	2.00	2,85e-005
PAINEL ELÉTRICO	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
TUBULAÇÕES E CONEXÕES	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
VÁLVULAS	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: SISTEMA DE CIRCULAÇÃO
TAG: 163SC
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000156
MTBF 6,417

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
FILTRO	Other	163MB	4,46e-005	1.00	4,46e-005
MOTO BOMBA	Other	163LXY	1,43e-005	2.00	2,85e-005
PAINEL ELÉTRICO	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
TANQUE	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
TUBULAÇÕES E CONEXÕES	Other	180LP	1,43e-005	1.00	1,43e-005
VÁLVULAS	Other		4,00e-005	1.00	4,00e-005



FINATEC

Equipamento: SISTEMA DE RESFRIAMENTO
TAG: 138SR
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000098
MTBF 10,208

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
FILTRO	Other	163MB	2,85e-005	1.00	2,85e-005
TROCADOR DE CALOR	Other	126AOTMCES	4,09e-005	1.00	4,09e-005
TUBULAÇÕES E CONEXÕES	Other	180MM	1,43e-005	1.00	1,43e-005
VÁLVULAS	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: CUBA
TAG: 171MC
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000071
MTBF 14,026

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
BLOCO DE ESCORA	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
ÓLEO LUBRIFICANTE	Other	138MCO	2,85e-005	1.00	2,85e-005
PISTA DE GUIA	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
SEGMENTO DO MANCAL	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: SISTEMA DE INJEÇÃO
TAG: 163SI
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000086
MTBF 11,688

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
FILTRO	Other	163CS	1,43e-005	1.00	1,43e-005
MOTO BOMBA	Other	163MRN	1,43e-005	2.00	2,85e-005
PAINEL ELÉTRICO	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
TUBULAÇÕES E CONEXÕES	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
VÁLVULAS	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: SISTEMA DE CIRCULAÇÃO
TAG: 163SC
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000114
MTBF 8,766

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
FILTRO	Other	163FOMGS	2,85e-005	1.00	2,85e-005
MOTO BOMBA	Other	163B12	1,43e-005	2.00	2,85e-005
PAINEL ELÉTRICO	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
TANQUE	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
TUBULAÇÕES E CONEXÕES	Other	180GMAO	1,43e-005	1.00	1,43e-005
VÁLVULAS	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: SISTEMA DE RESAFRIAMENTO
TAG: 138SR
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000071
MTBF 14,026

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
FILTRO	Other	163FOMGS	2,85e-005	1.00	2,85e-005
TROCADOR DE CALOR	Other	126AOTMGSES	1,43e-005	1.00	1,43e-005
TUBULAÇÕES E CONEXÕES	Other	180GMA	1,43e-005	1.00	1,43e-005
VÁLVULAS	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: CUBA
TAG: 171GMO
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000096
MTBF 10,461

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
BLOCO DE ESCORA	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
ÓLEO LUBRIFICANTE	Other	138GMO	5,28e-005	1.00	5,28e-005
PISTA DE GUIA	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
SEGMENTO DO MANCAL	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: VEDAÇÃO
TAG: 163VE
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000086
MTBF 11,688

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
CUBA DA JUNTA	Other	163AVE	1,43e-005	1.00	1,43e-005
JUNTA DE MANUTENÇÃO	Other	163CW	1,43e-005	1.00	1,43e-005
JUNTA DE VEDAÇÃO	Other	163MQ	2,85e-005	1.00	2,85e-005
PISTA DE DESGASTE	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
SISTEMA DE RESFRIAMENTO	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: DRENAGEM
TAG: 163DRE
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000209
MTBF 4,776

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
MOTO BOMBA	Other	163BAKL	4,60e-005	3.00	1,38e-004
PAINEL ELÉTRICO	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
TUBULAÇÕES E CONEXÕES	Other	180MP	1,43e-005	1.00	1,43e-005
VÁLVULAS	Other		2,85e-005	1.00	2,85e-005
POÇO DE DRENAGEM	Other	171SDT	1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: SERVOMOTOR
TAG: SM
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000043
MTBF 23,376

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
CILINDRO	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
GUARNIÇÕES	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
HASTE	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: PALHETA DIRETRIZ
TAG: PD
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000043
MTBF 23,376

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
BUCHA	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
PALHETA	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
VEDAÇÕES	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: MECANISMO DE ACIONAMENTO
TAG: MA
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000086
MTBF 11,688

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
ANEL DE SINCRONISMO	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
BIELA	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
FIM DE CURSO	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
MANIVELA	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
PINO DE CISALHAMENTO	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005
TRAVAS	Other		1,43e-005	1.00	1,43e-005



FINATEC

Equipamento: SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO
TAG: SEST
Data: agosto 12, 2006
Temperatura: 40.00

Descrição:
Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Horário: 8:50
Failure Rate 0.000029
MTBF 35,064

Componente	Categoria	TAG	Taxa de falha, unitária	Quantidade	Taxa de falha
SISTEMA DE INJEÇÃO DE AR	Other	63BAS	1,43e-005	1.00	1,43e-005
VÁLVULA DE AERAÇÃO	Other	63VA	1,43e-005	1.00	1,43e-005

ANEXO III - DIAGRAMA DE BLOCOS RELEX

Diagrama de Blocos – Sistema da Turbina

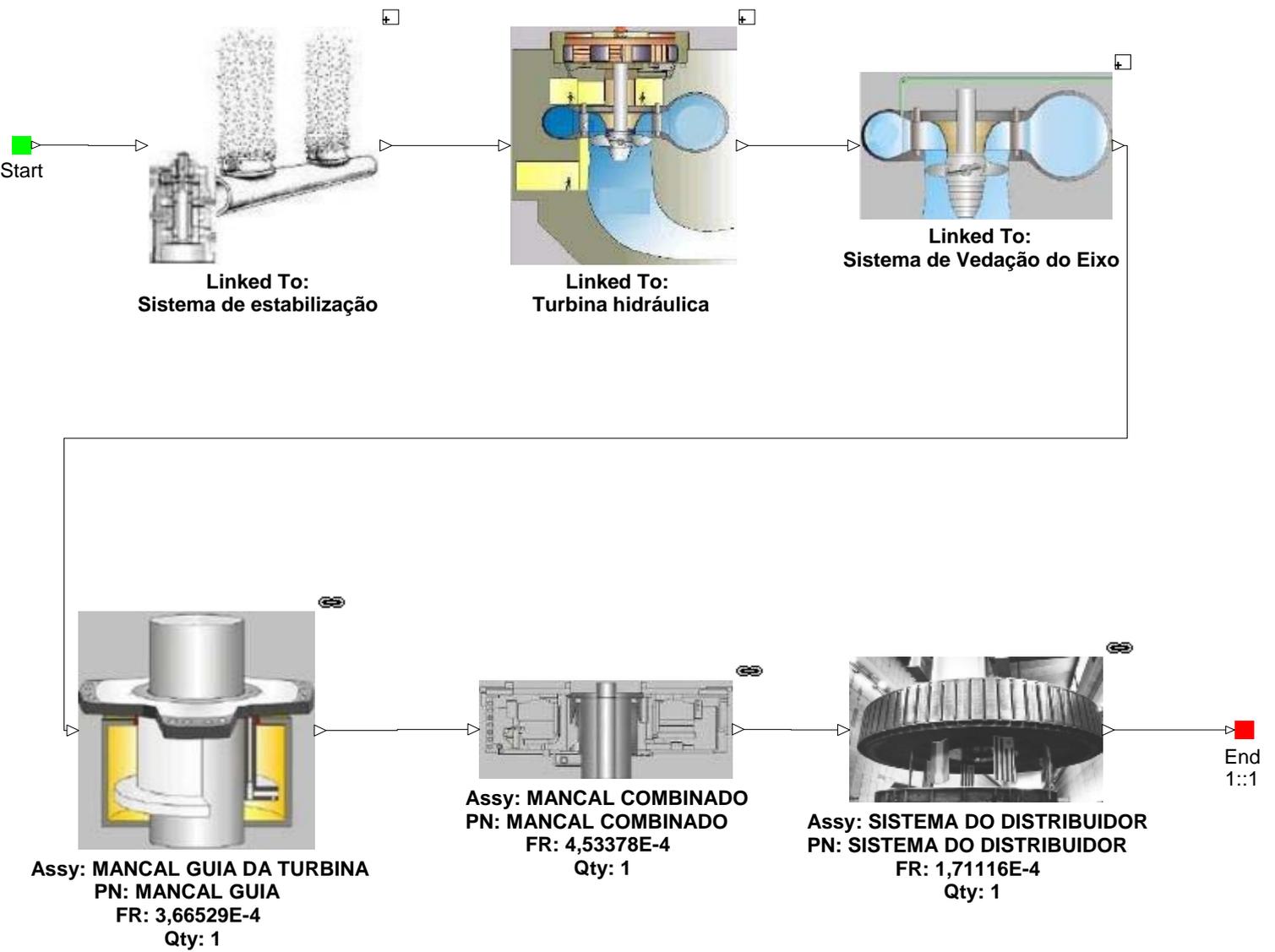


Diagrama de Blocos – Sistema de estabilização

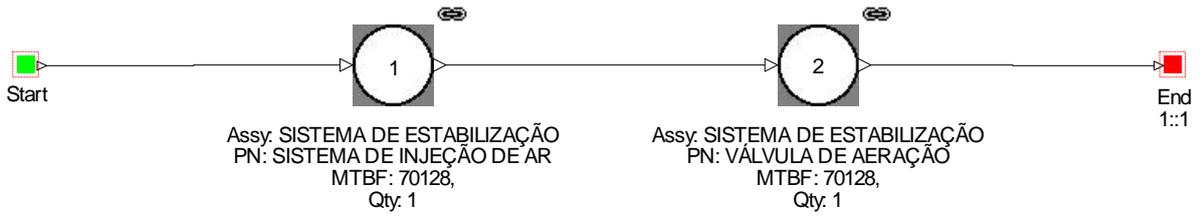


Diagrama de Blocos – Turbina hidráulica

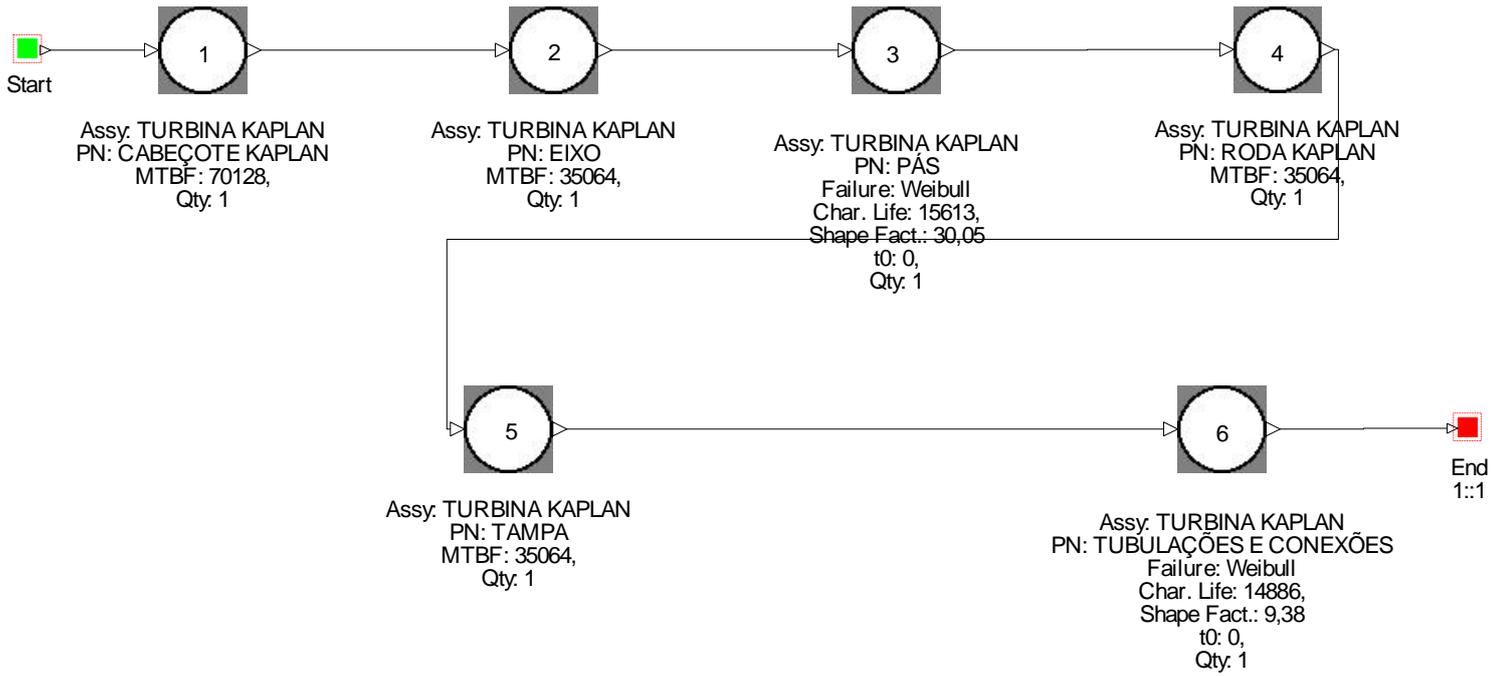
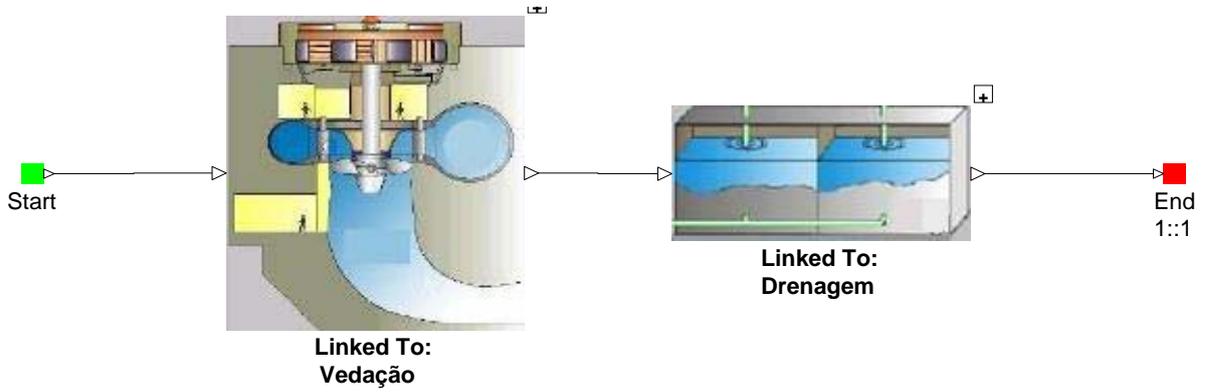
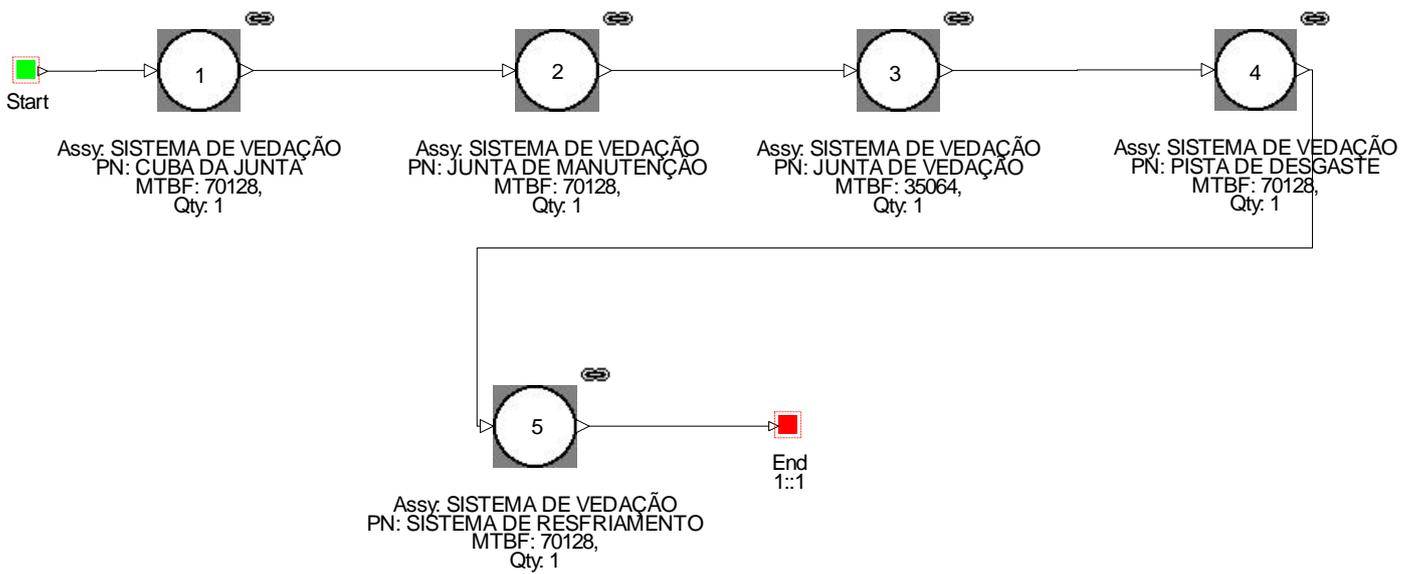


Diagrama de Blocos – Sistema de vedação do eixo



Sistema de vedação



Sistema de drenagem

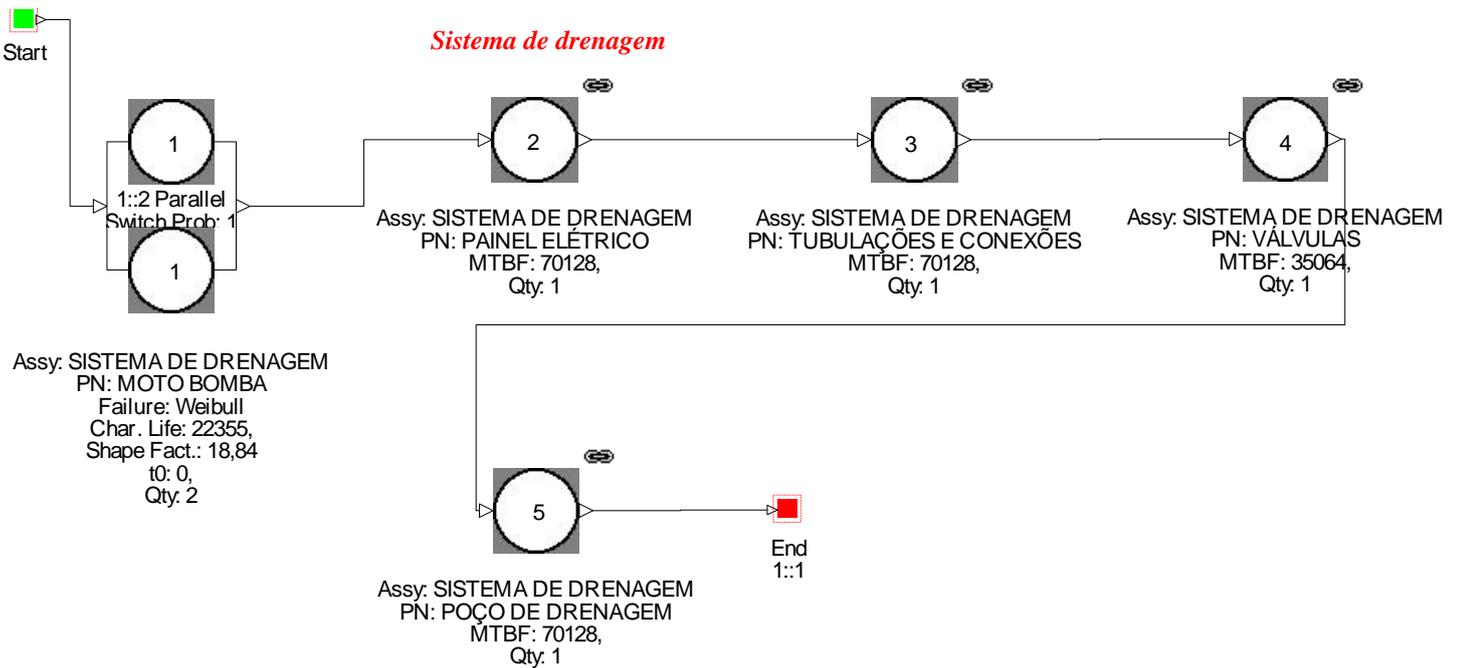
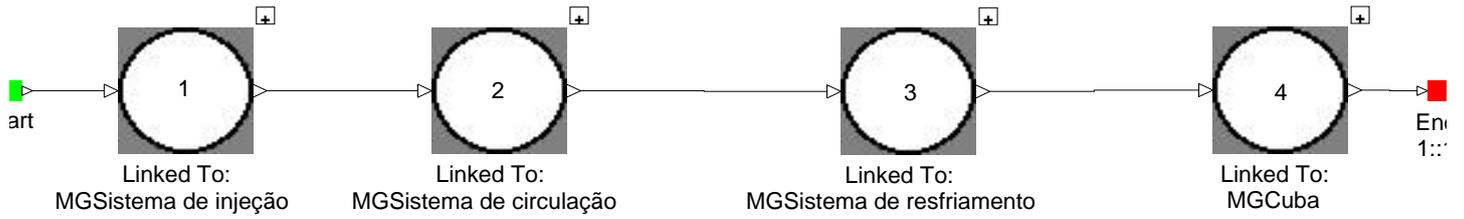
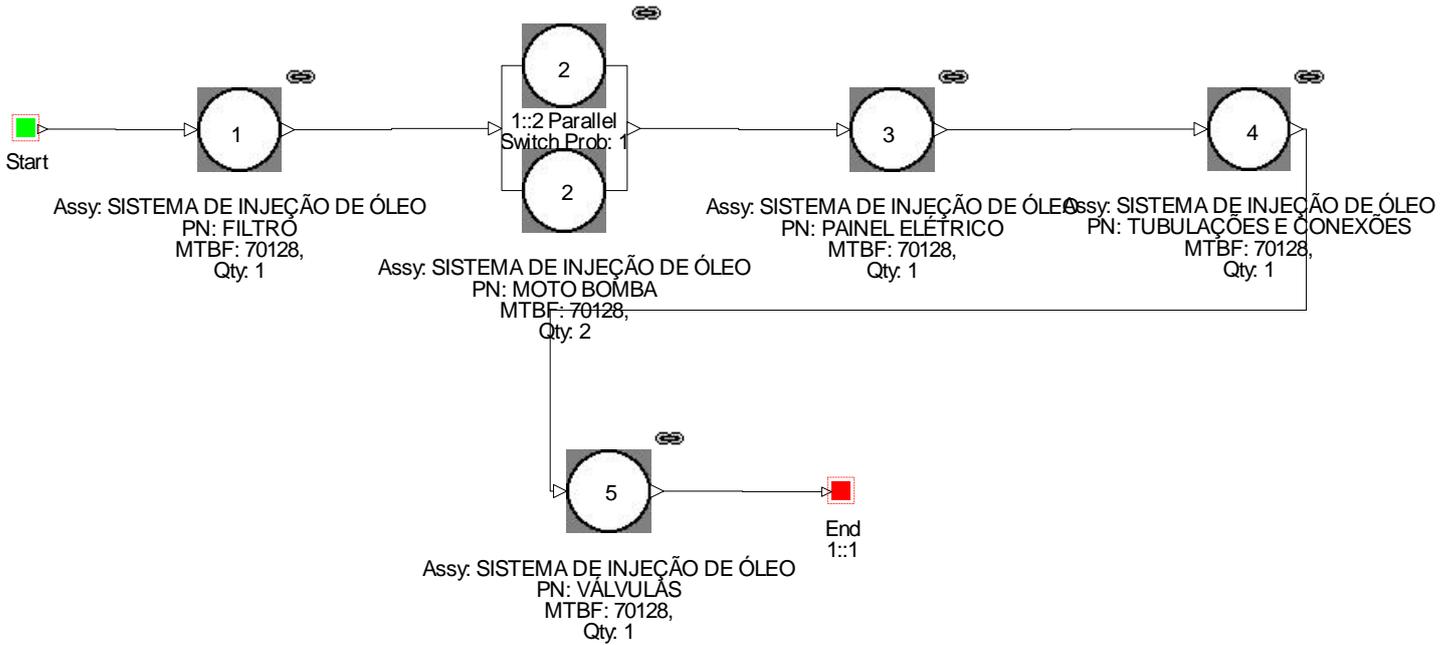


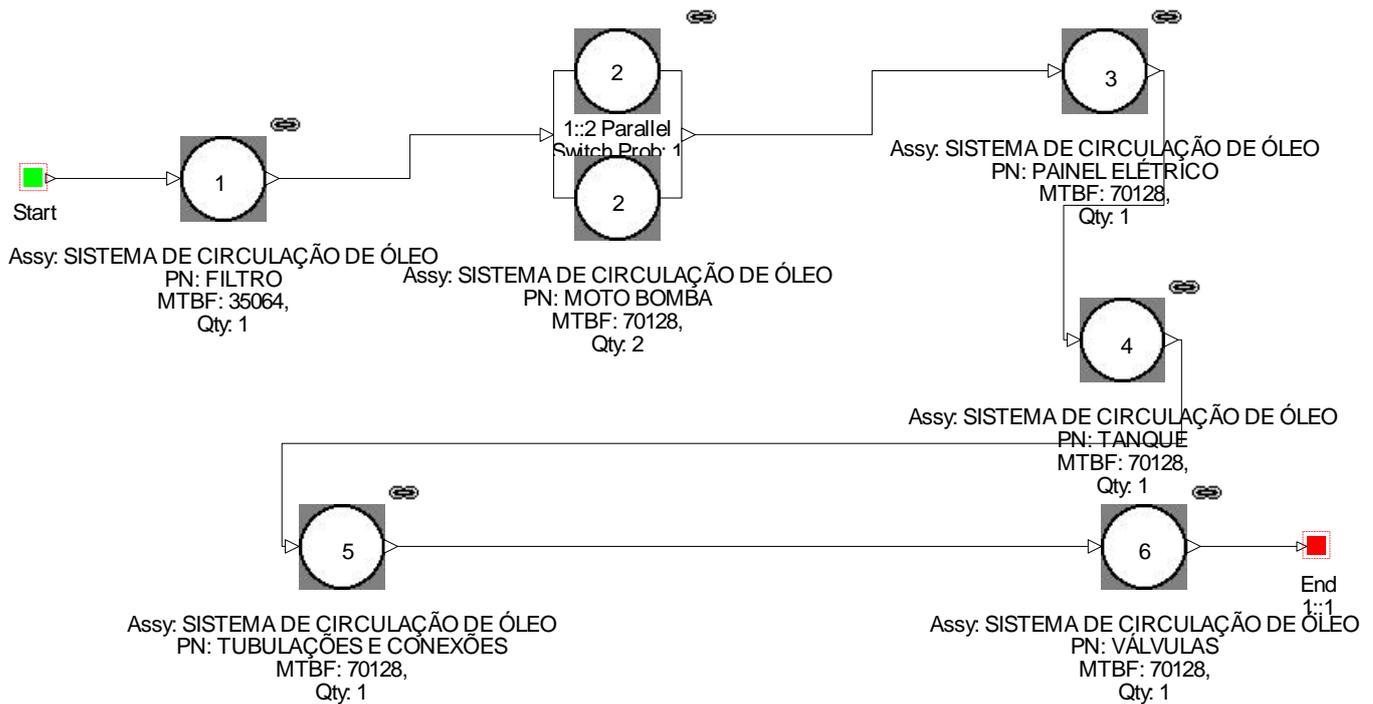
Diagrama de Blocos – Mancal guia da turbina



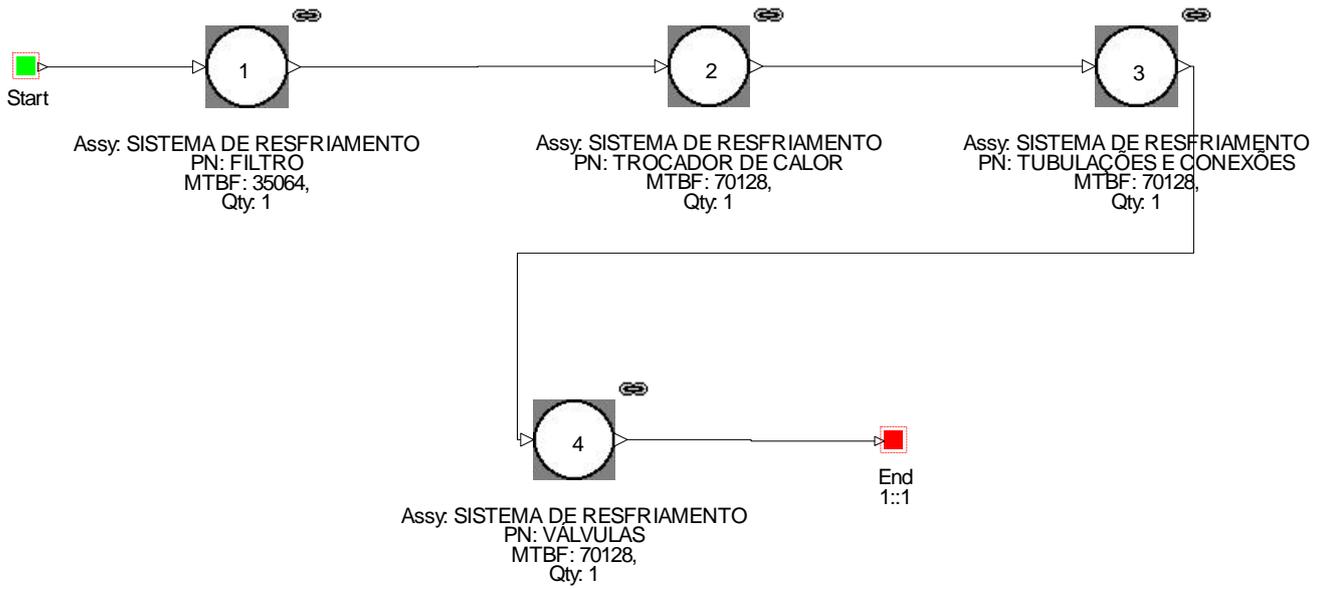
Sistema de injeção de óleo



Sistema de circulação de óleo



Sistema de resfriamento



Cuba

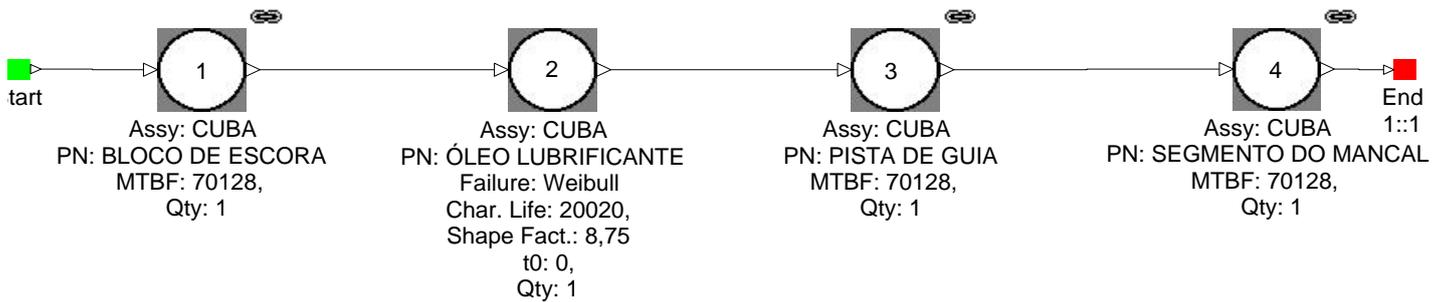
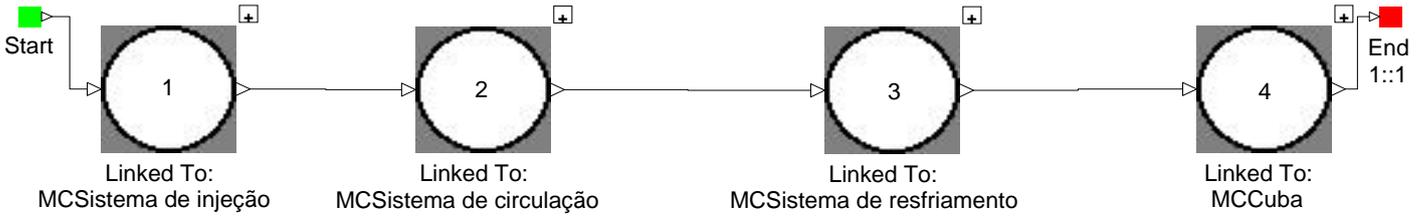
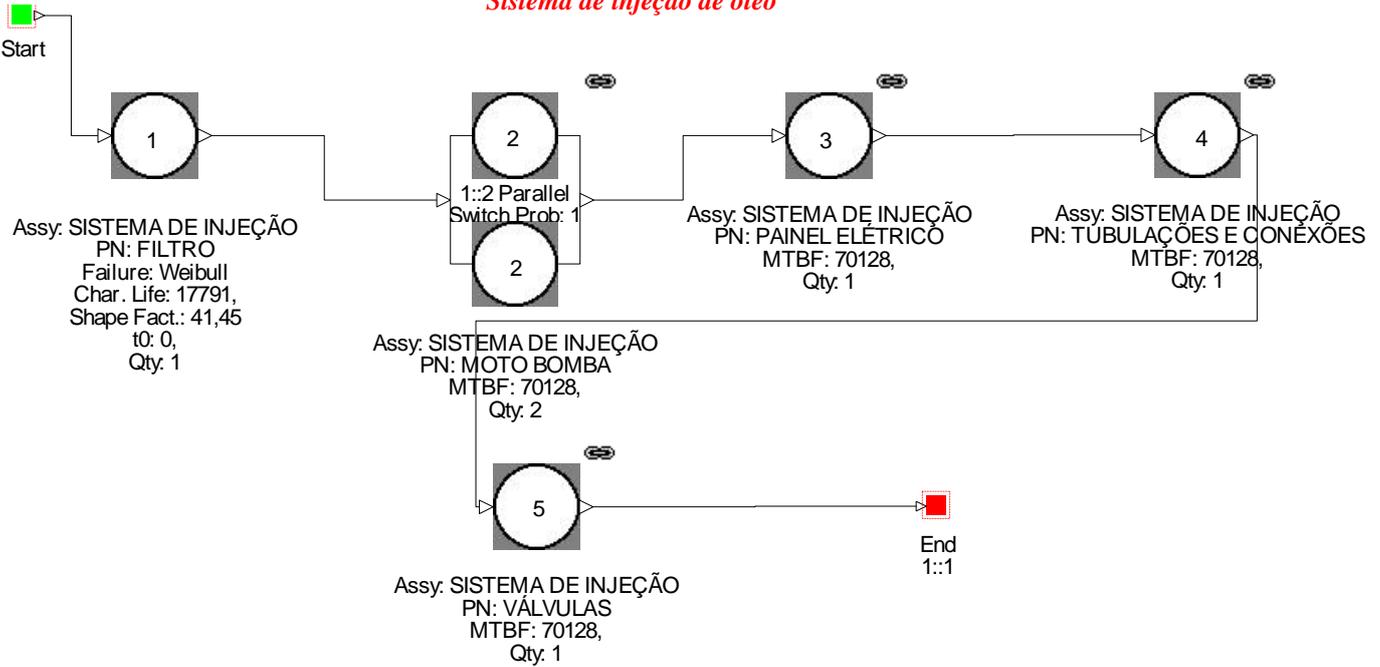


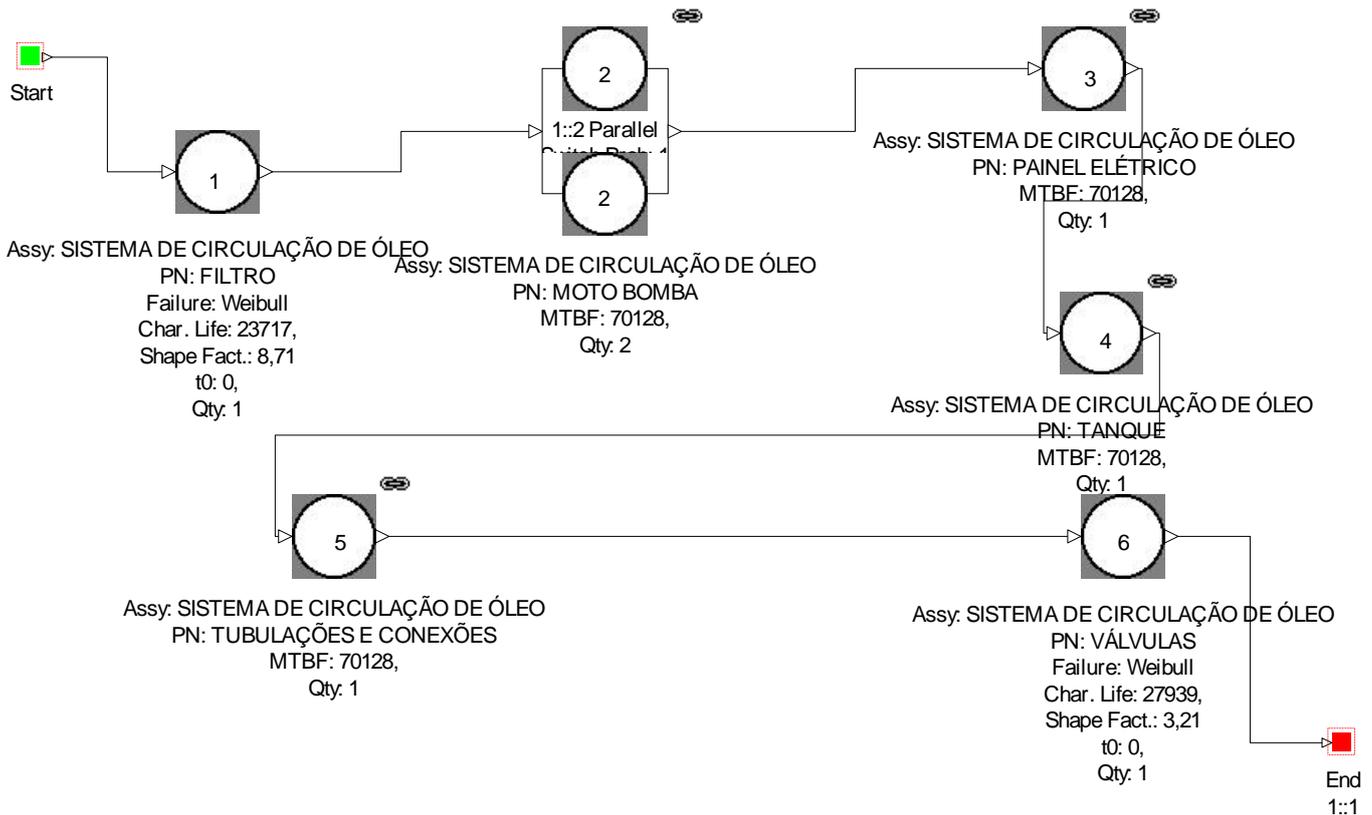
Diagrama de Blocos – Mancal combinado



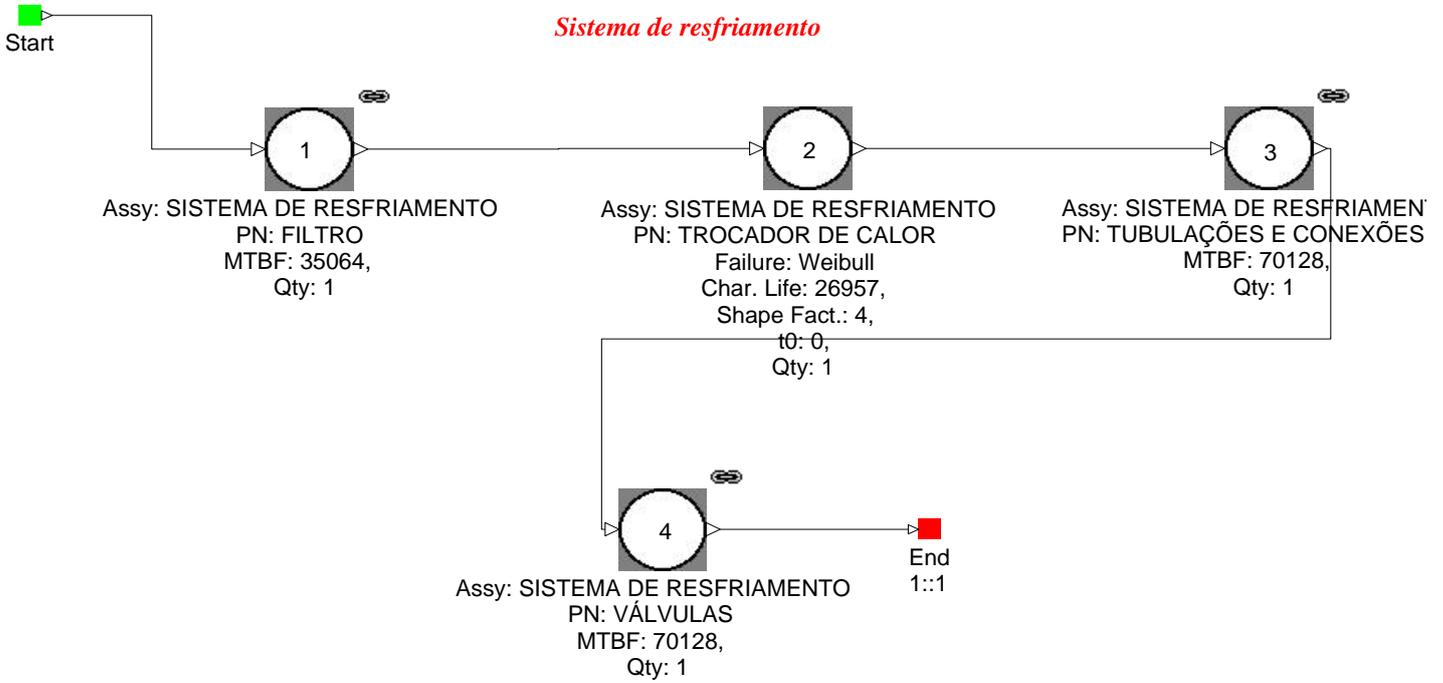
Sistema de injeção de óleo



Sistema de circulação de óleo



Sistema de resfriamento



Cuba

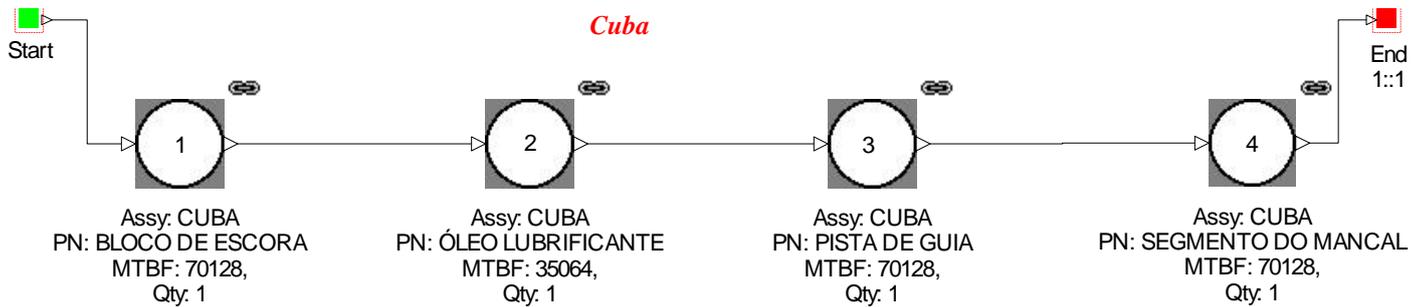
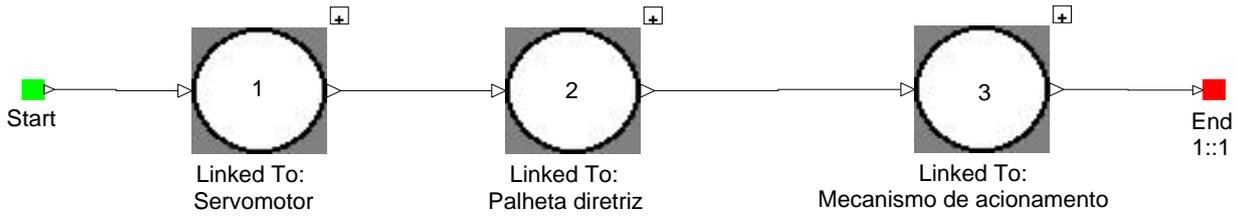


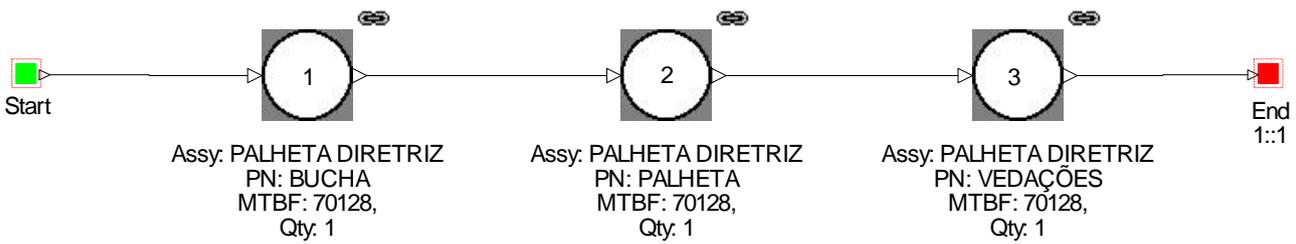
Diagrama de Blocos – Sistema do distribuidor



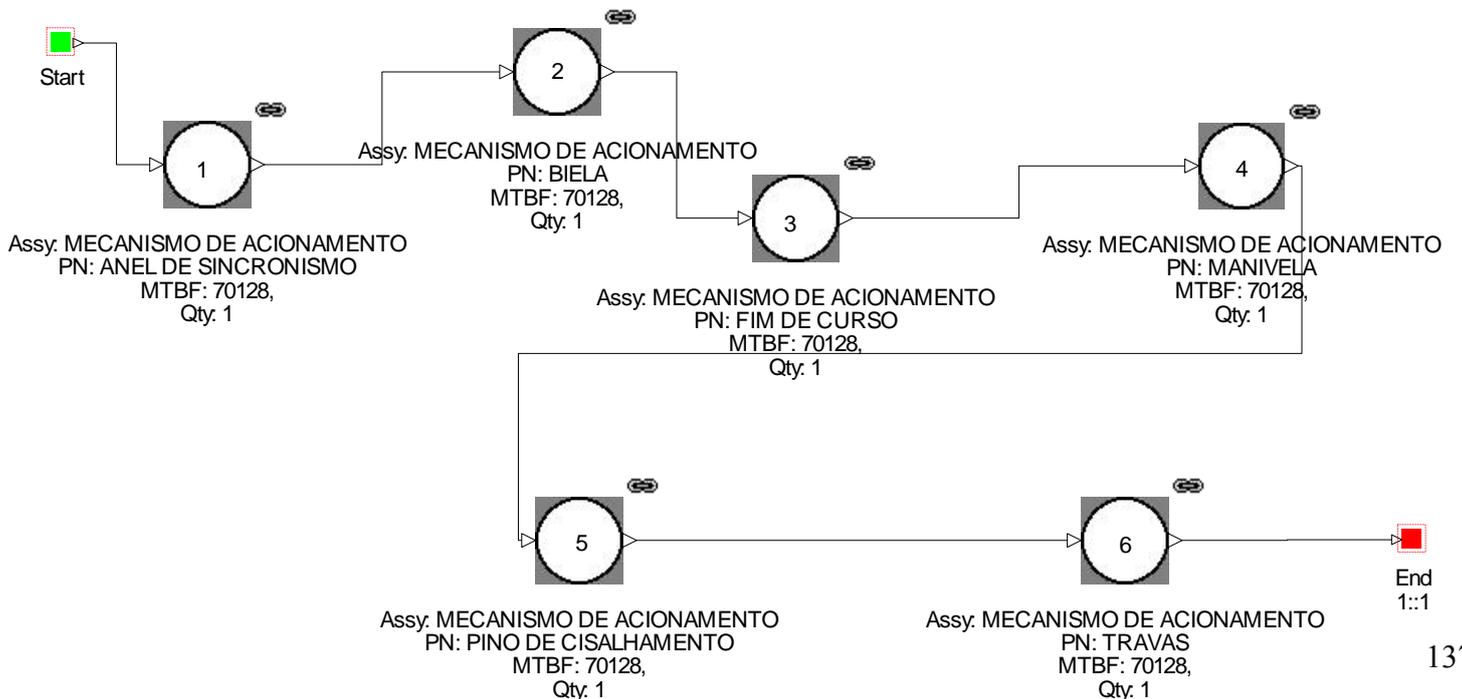
Servomotor



Palheta diretriz



Mecanismo de acionamento



ANEXO IV – FMEA RELEX



Sistema/Equipamento	Componente	TAG	Descrição	Quantidade
UNIDADE GERADORA HIDRÁULICA 01	UGH-01	UGH-01	Top-level assembly	1.00
SISTEMA DA TURBINA	SISTEMA DA TURBINA			1.00
TURBINA KAPLAN	TURBINA KAPLAN			1.00
MANCAL COMBINADO	MANCAL COMBINADO	80LP		1.00
SISTEMA DE INJEÇÃO	SISTEMA DE INJEÇÃO			1.00
SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DE ÓLEO	SISTEMA DE CIRCULAÇÃO			1.00
SISTEMA DE RESFRIAMENTO CUBA	SISTEMA DE RESFRIAMENTO CUBA	171MC		1.00
MANCAL GUIA DA TURBINA	MANCAL GUIA	80GM		1.00
SISTEMA DE INJEÇÃO DE ÓLEO	SISTEMA DE INJEÇÃO			1.00
SISTEMA DE CIRCULAÇÃO DE ÓLEO	SISTEMA DE CIRCULAÇÃO			1.00
SISTEMA DE RESFRIAMENTO CUBA	SISTEMA DE RESAFRIAMENTO CUBA	171GMO		1.00
SISTEMA DE VEDAÇÃO DO EIXO DA TURBINA	SISTEMA DE VEDAÇÃO	80MP		1.00
SISTEMA DE VEDAÇÃO	VEDAÇÃO			1.00
SISTEMA DE DRENAGEM	DRENAGEM			1.00
SISTEMA DO DISTRIBUIDOR SERVOMOTOR	SISTEMA DO DISTRIBUIDOR SERVOMOTOR	SDT		1.00
PALHETA DIRETRIZ	PALHETA DIRETRIZ			1.00
MECANISMO DE ACIONAMENTO	MECANISMO DE ACIONAMENTO			1.00
SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO	SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO			1.00



Equipamento: TURBINA KAPLAN

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Cabeçote	Isolamento acústico	Falha oculta	vibração excessiva	6 - Moderada	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de deteção	18		
Eixo	Sustentação	Condições Básicas Insatisfatórias	instabilidade na geração	6 - Moderada	desalinhamento	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de deteção	18		
Pás	Direcionar o fluxo de água. Rotacionar.	Condições Básicas Insatisfatórias		6 - Moderada	desalinhamento	2 falhas		5	90		acoplar ao gerador
Roda	Converter energia hídrica em potência de eixo	Condições Básicas Insatisfatórias	afeta a segurança e/ou o meio ambiente	7	Desgaste na gaxeta	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	35		Troca e ajuste da gaxeta
Roda				8 - Alta	Oscilação excessiva	1 falha (no período analisado)		2	32		Reparos, ajustes e aferições no sistema de estabilização
Tampa	Impedir o contato da água com o Eixo da turbina	Condições Básicas Insatisfatórias	Desgaste	1 - Pequena	Pressão Alta	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	1		
Tampa				3 - Baixa	Vazamento na tubulação do poço	1 falha (no período analisado)		3 - Alta probabilidade de deteção	18		limpeza, desobstrução, e vedação ou troca dos tubos
Roda	Converter energia hídrica em potência de eixo	Falha Oculta	afeta a segurança e/ou o meio ambiente	8 - Alta	Causa Desconhecida	1 falha (no período analisado)		2	32		Reparos, ajustes e aferições no sistema de estabilização



Equipamento: SISTEMA DE INJEÇÃO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Filtro	Filtrar o óleo	Fonte de sujeira	sobrepessão	5	Pressão Alta - Filtro de óleo obstruído	4 falhas		2	50		limpeza com óleo diesel
Motobomba	condução de fluidos	Condições Básicas insatisfatórias	atrito excessivo	1 - Pequena	Pressão alta na saída da motobomba	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	1		troca do selo mecânico
Motobomba				4	Pressão baixa na saída da motobomba				4		
Motobomba		Fonte de sujeira		5	ruído e vazamento no selo mecânico			2	10		
Painel		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	15		
Tubulações		Condições Básicas Insatisfatórias	sobrepessão	2	vazão alta de água na tubulação de saída após os trocadores	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	2		
Tubulações				4	vazão baixa de água na tubulação de saída, após os trocadores				4		
Tubulações				2	vazão alta de óleo na tubulação de saída, após os trocadores				2		
Tubulações				4	vazão baixa de óleo, na tubulação de saída após os trocadores				4		
Tubulações				6 - Moderada	tubulação obstruída com material orgânico			6	6		



Equipamento: SISTEMA DE INJEÇÃO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteccção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Tubulações				3 - Baixa	vazamento				3		
Tubulações				4	Desgaste	1 falha (no período analisado)		2	16		Substituição do anel, rolamentos e gaxetas desgastados
Válvulas		Condições Básicas Insatisfatórias	sobrepessão	5	Vazamento de água	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de detecccção	5		Substituição da válvula
Válvulas				4	Válvula de alívio danificada				0		



Equipamento: SISTEMA DE CIRCULAÇÃO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Filtro	Filtrar o óleo	Fonte de sujeira	sobrepessão	5	Pressão Alta - Filtro de óleo obstruído	3 falhas		2	40		
Motobomba		Condições Básicas insatisfatórias	atrito excessivo	1 - Pequena	Pressão alta na saída da motobomba	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	1		
Motobomba				4	Pressão baixa na saída da motobomba				4		
Motobomba		Fonte de sujeira	Pressão baixa	5	ruído e vazamento no selo mecânico	1 falha (no período analisado)		2	20		troca do selo mecânico
Painel		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	15		
Tanque		Falha oculta		1 - Pequena	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		4	4		
Tubulações		Condições Básicas Insatisfatórias	sobrepessão	2	vazão alta de água na tubulação de saída após os trocadores	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	2		
Tubulações				4	vazão baixa de água na tubulação de saída, após os trocadores				4		
Tubulações				2	vazão alta de óleo na tubulação de saída, após os trocadores				2		
Tubulações				4	vazão baixa de óleo, na tubulação de saída após os trocadores				4		



Equipamento: SISTEMA DE CIRCULAÇÃO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteccção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Tubulações				5	tubulação obstruída com material orgânico				5		decapagem na tubulação
Tubulações					vazamento	1 falha (no período analisado)		3 - Alta probabilidade de detecccção	30		
Válvulas		Condições Básicas Insatisfatórias	sobrepessão	5	Falta vedação nas valvulas	2 falhas		1 - Muito alta probabilidade de detecccção	15		Substituição das valvulas



Equipamento: SISTEMA DE RESFRIAMENTO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Filtro	Filtrar o óleo	Fonte de sujeira		5	Pressão Alta - Filtro de óleo obstruído	1 falha (no período analisado)		2	20		
Trocador		Condições Básicas Insatisfatórias		5	temperatura de óleo alta na entrada do trocador de calor	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	5		
Trocador			4	temperatura de óleo alta na saída do trocador de calor	4						
Trocador				5	contaminação do óleo através do trocador de calor	1 falha (no período analisado)		7	70		Substituição completa do trocador de calor
Trocador		Fonte de sujeira	sobrepessão		Trocador sujo	2 falhas		2	30		Limpar o trocador de calor
Tubulações		Condições Básicas Insatisfatórias	superaquecimento	5	tubulação obstruída com material orgânico	de 7 a 10 falhas		1 - Muito alta probabilidade de deteção	35		decapagem na tubulação



Equipamento: CUBA

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteccção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Bloco de escora	Suporta o peso da turbina e do gerador	Vibração excessiva		4	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de detecccção	12		
Óleo		Condições Básicas Insatisfatórias		4	Óleo saturado	Menor ou igual a 1 em 8 anos		4	16		Substituição da carga de óleo
Óleo			temperatura alta					1 - Muito alta probabilidade de detecccção	4		
Óleo				6 - Moderada	Óleo contaminado	1 falha (no período analisado)		6 - Moderada probabilidade de detecccção	72		Trocar a carga de óleo
Pista de guia		Falha oculta		5	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de detecccção	15		
Segmento do mancal		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de detecccção	9		



Equipamento: SISTEMA DE INJEÇÃO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Filtro	Filtrar o óleo	Fonte de sujeira	Sobrepessão	5	Pressão Alta - Filtro de óleo obstruído	1 falha (no período analisado)		2	20		
Moto		Condições Básicas insatisfatórias		4	Pressão alta na saída da motobomba	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	4		
Moto			3 - Baixa	Pressão baixa na saída da motobomba			3				
Moto		Fonte de sujeira		5	ruído e vazamento no selo mecânico			3 - Alta probabilidade de deteção	15		troca do selo mecânico
Painel		Falha oculta		6 - Moderada	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de deteção	18		
Tubulações		Condições Básicas Insatisfatórias		1 - Pequena	vazão alta de água na tubulação de saída após os trocadores	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	1		
Tubulações			3 - Baixa	vazão baixa de água na tubulação de saída, após os trocadores			3				
Tubulações			2	vazão alta de óleo na tubulação de saída, após os trocadores			2				
Tubulações			3 - Baixa	vazão baixa de óleo, na tubulação de saída após os trocadores			3				
Tubulações				6 - Moderada	tubulação obstruída com material orgânico			3 - Alta probabilidade de deteção	18		decapagem na tubulação



Equipamento: SISTEMA DE INJEÇÃO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Tubulações				5	vazamento			2	10		
Válvulas		Condições Básicas Insatisfatórias		4	Vazamento de água	Menor ou igual a 1 em 8 anos		2	8		



Equipamento: SISTEMA DE CIRCULAÇÃO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Filtro	Filtrar o óleo	Fonte de sujeira		5	Pressão Alta - Filtro de óleo obstruído	1 falha (no período analisado)		2	20		
Motobomba		Condições Básicas insatisfatórias							0		
Motobomba		Fonte de sujeira									
Painel		Falha oculta		4	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		2	8		
Tanque		Falha oculta		1 - Pequena	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de deteção	3		
Tubulações		Condições Básicas Insatisfatórias		2	vazão alta de água na tubulação de saída após os trocadores	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	2		
Tubulações					vazão baixa de água na tubulação de saída, após os trocadores						
Tubulações					vazão alta de óleo na tubulação de saída, após os trocadores						
Tubulações					vazão baixa de óleo, na tubulação de saída após os trocadores						
Tubulações				5	tubulação obstruída com material orgânico			3 - Alta probabilidade de deteção	15		decapagem na tubulação
Tubulações					vazamento						



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Equipamento: SISTEMA DE CIRCULAÇÃO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteccão	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Válvulas		Condições Básicas Insatisfatórias		4	Falta vedação nas válvulas	Menor ou igual a 1 em 8 anos		4	16		Substituição das válvulas



Equipamento: SISTEMA DE RESAFRIAMENTO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas									
Filtro	Filtrar o óleo	Fonte de sujeira	Vazão baixa	5	Pressão Alta - Filtro de óleo obstruído	1 falha (no período analisado)		2	20											
Trocador		Condições Básicas Insatisfatórias	Superaquecimento	4	contaminação do óleo através do trocador de calor	Menor ou igual a 1 em 8 anos		8 - Pequena probabilidade de deteção	32		Substituição completa do trocador de calor									
Trocador																				
Trocador																				
Trocador																				
Trocador		Condições Básicas Insatisfatórias			temperatura de óleo alta na saída do trocador de calor	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	4		decapagem na tubulação									
Trocador																				
Trocador																				
Trocador																				
Tubulações		Condições Básicas Insatisfatórias		6 - Moderada	tubulação obstruída com material orgânico	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	6											
Tubulações																				
Tubulações																				
Tubulações																				
Tubulações		Condições Básicas Insatisfatórias		3 - Baixa	vazão baixa de óleo, na tubulação de saída após os trocadores	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de deteção	9											
Tubulações																				
Tubulações		Condições Básicas Insatisfatórias		2	vazão alta de óleo na tubulação de saída, após os trocadores	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	2											
Tubulações																				
Tubulações		Condições Básicas Insatisfatórias		3 - Baixa	vazão baixa de água na tubulação de saída, após os trocadores	Menor ou igual a 1 em 8 anos			3											
Tubulações																				



Equipamento: SISTEMA DE RESAFRIAMENTO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteccção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Tubulações					vazão alta de água na tubulação de saída após os trocadores						
Tubulações					vazamento			3 - Alta probabilidade de detecccção	9		
Válvulas		Falha oculta	Bloqueio da circulação de óleo	6 - Moderada	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de detecccção	18		



Equipamento: CUBA

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Bloco de escora		Vibração excessiva		2	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		4	8		
Óleo		Condições Básicas Insatisfatórias		4	Óleo saturado	Menor ou igual a 1 em 8 anos		4	16		Substituição da carga de óleo
Óleo				3 - Baixa	Entrada de água no mancal guia inferior			3 - Alta probabilidade de deteção	9		
Pista de guia		Falha oculta		2	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de deteção	6		
Segmento do mancal		Falha oculta		2	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de deteção	6		



Equipamento: VEDAÇÃO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteccção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Cuba da junta de manut. Junta de vedação Pista de desgaste Sistema de resfriamento		Falha oculta	superaquecimento	3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	15		Fixação da escada
		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	15		
		Condições Básicas insatisfatórias		5	Vazamento	1 falha (no período analisado)		1 - Muito alta probabilidade de detecccção	10		
		Local Inseguro		3 - Baixa	Escada de acesso sem parafuso	Menor ou igual a 1 em 8 anos		4	12		
		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de detecccção	3		



Equipamento: DRENAGEM

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas	
Motobomba		Condições Básicas Insatisfatórias		3 - Baixa	fim da vida util rolamento	1 falha (no período analisado)		2	12		substituição dos rolamentos	
Motobomba						gaxeta danificada		3 - Alta probabilidade de deteção	18		substituição da gaxeta	
Motobomba					6 - Moderada	motor queimado		1 - Muito alta probabilidade de deteção	12		troca do motor e bomba	
Motobomba					4	Perda de escorva motob. AK/AL	Menor ou igual a 1 em 8 anos		2	8		substituição das escovas moto bombas
Motobomba					5	Válvula de isolamento e retenção danificada	1 falha (no período analisado)			20		substituição da válvula
Motobomba					3 - Baixa	pressão alta de água na descarga das motobombas	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de deteção	3		
Motobomba						pressão baixa de água na descarga das motobombas						
Painel elétrico					4	fim de vida útil	Menor ou igual a 1 em 8 anos		2	8		substituição da botoeira danificada
Painel elétrico					5	mau contato no circuito de comando			3 - Alta probabilidade de deteção	15		contato defeituoso refeito
Tubulações					3 - Baixa	Vazamento - tubulação eixo	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de deteção	9		substituição da válvula de retenção
Válvulas				6 - Moderada	corrosão na haste de acionamento	1 falha (no período analisado)		3 - Alta probabilidade de deteção	36		substituição da haste	



Equipamento: DRENAGEM

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteccção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Poço		Condições Básicas insatisfatórias		2	Nível alto	Menor ou igual a 1 em 8 anos		1 - Muito alta probabilidade de detecccção	2		
Poço			Nível baixo								



Equipamento: SERVOMOTOR

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Cilindro	Acionamento das palhetas	Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	15		
Guarnições		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	15		
Haste		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	15		



Equipamento: PALHETA DIRETRIZ

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Bucha		Condições Básicas Insatisfatórias	instabilidade na geração	3 - Baixa	vazamento	1 falha (no período analisado)		6 - Moderada probabilidade de deteção	36		
Palheta		Falha oculta	instabilidade na geração	3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	15		
Vedações		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		4	12		



Equipamento: MECANISMO DE ACIONAMENTO

Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Anel de sinc.		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		4	12		
Biela		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		4	12		
Fim de curso		Condições Básicas Insatisfatórias		4	avaria na isolação do cabo no fim de cur	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de deteção	12		refeita isolação do cabo
Manivela		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		3 - Alta probabilidade de deteção	9		
Pino de cisalhamento		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	15		
Travas		Falha oculta		3 - Baixa	Causa desconhecida	Menor ou igual a 1 em 8 anos		5	15		



Equipamento: SISTEMA DE ESTABILIZAÇÃO

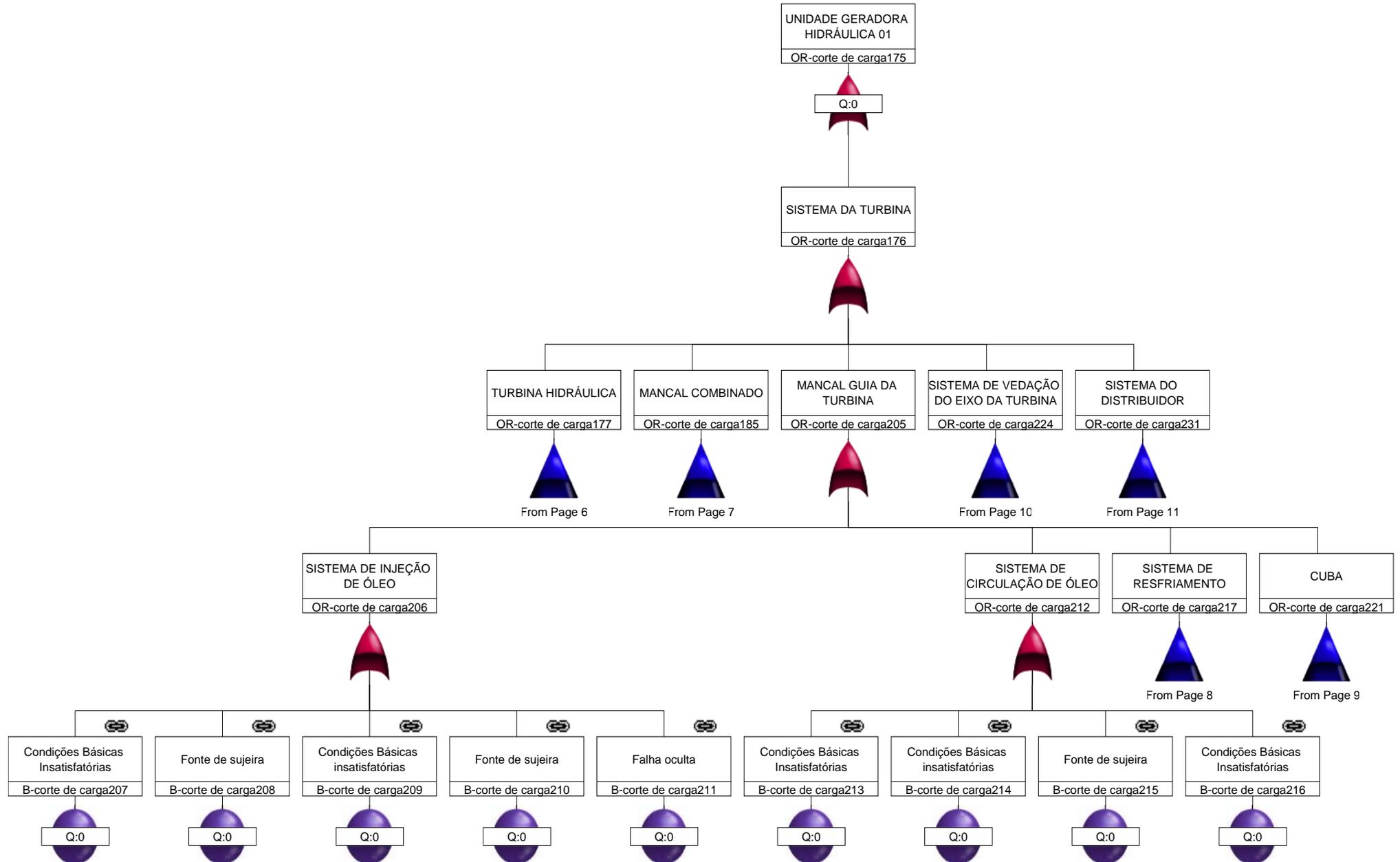
Item	Função	Modo de falha	Efeito da falha	Severidade	Causa da falha	Ocorrência	Método de controle	Deteção	Prioridade de risco	Responsabilidade	Ações Tomadas
Sistema de injeção de ar	Suprir automaticamente de ar a parte superior do rotor para aniquilar eventuais formações de vácuo	Condições Básicas Insatisfatórias		1 - Pequena	Contatos danificados	Menor ou igual a 1 em 8 anos		4	4		Substituição do interruptor
Sistema de injeção de ar				5	Vazamento na tubulação			2	10		Substituição dos tubos
Válvula de aeração	Suprir automaticamente de ar a parte superior do rotor para aniquilar eventuais formações de vácuo	Condições Básicas insatisfatórias		4	válvulas desajustadas	1 falha (no período analisado)		2	16		Ajuste das molas das válvulas, conforme tabelado
Válvula de aeração				6 - Moderada	bóias danificadas	Menor ou igual a 1 em 8 anos			12		
Válvula de aeração					ausência de lubrificação do pistão	1 falha (no período analisado)			24		desobstruir tubulação de graxa

ANEXO V - ÁRVORE DE FALHAS

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
 Efeito de Topo: OR-corte de



Indisponibilidade:
 Inviabilidade:

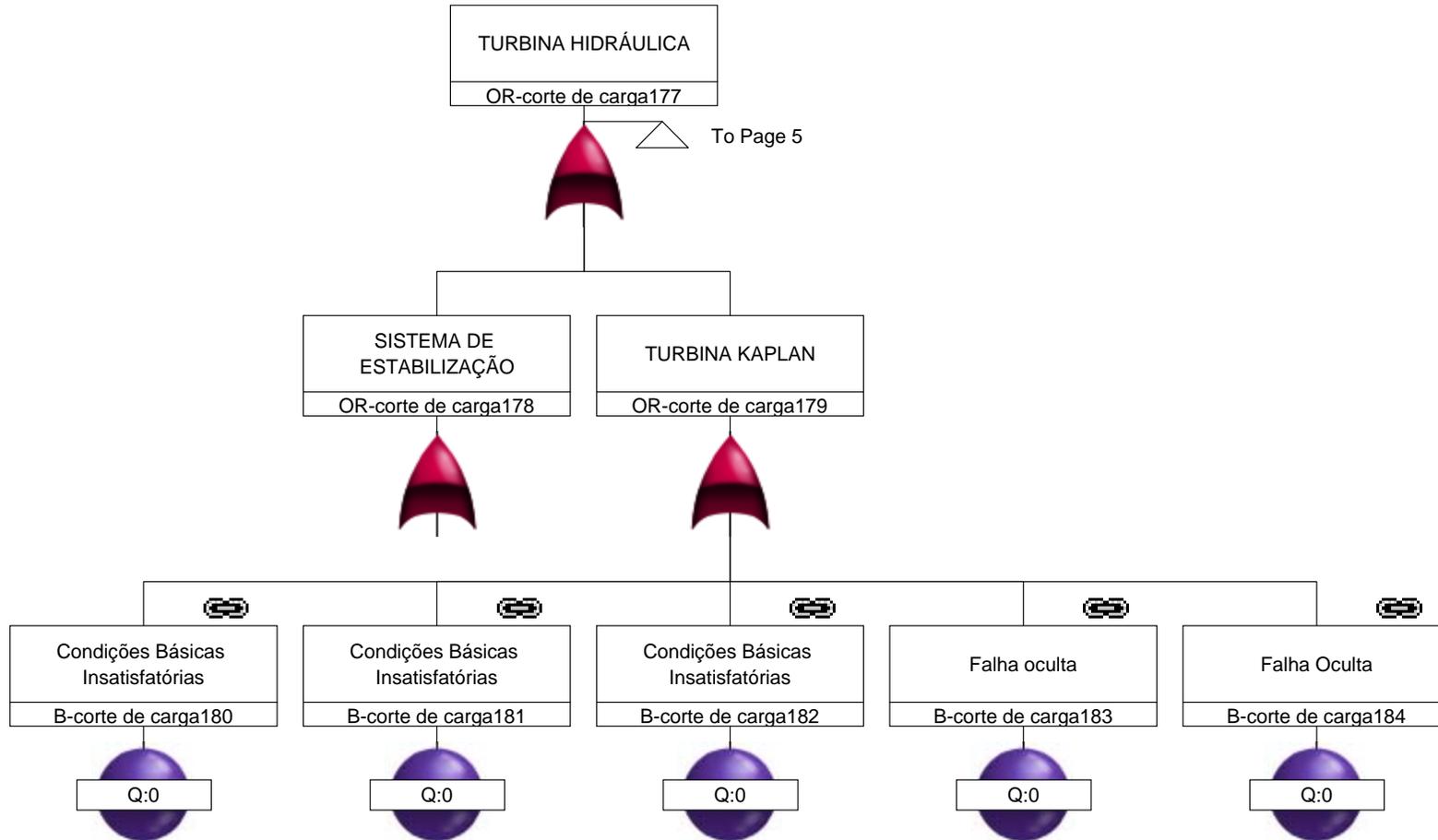


Árvore de Falhas

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Efeito de Topo: OR-corte de



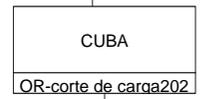
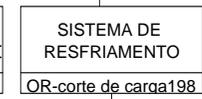
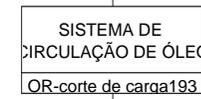
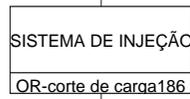
Indisponibilidade: 0.00000000
Inviabilidade:



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Efeito de Topo: OR-corte de

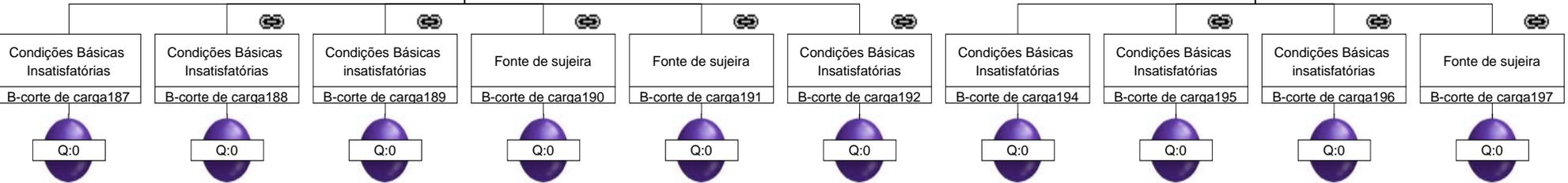


Indisponibilidade: 0.00000000
Inviabilidade:



From Page 11

From Page 11

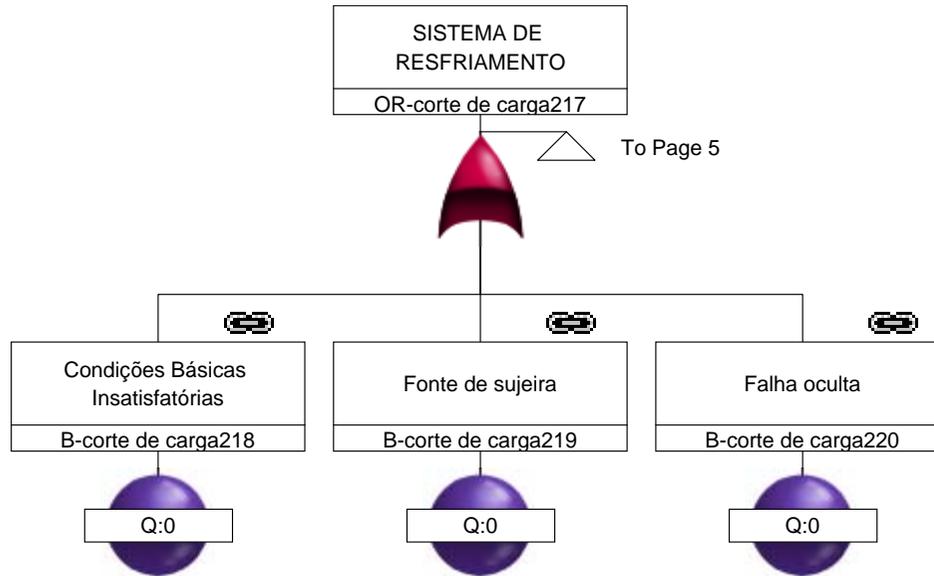


Árvore de Falhas

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Efeito de Topo: OR-corte de



Indisponibilidade: 0.00000000
Inviabilidade:

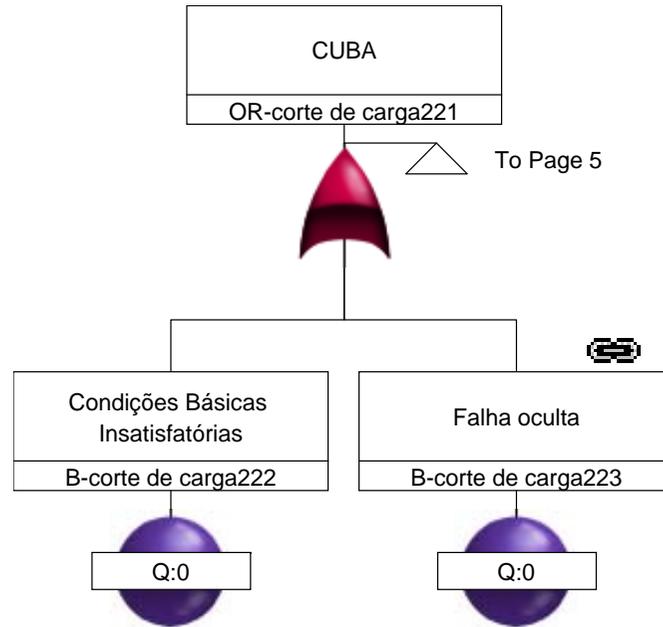


Árvore de Falhas

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Efeito de Topo: OR-corte de



Indisponibilidade: 0.00000000
Inviabilidade:

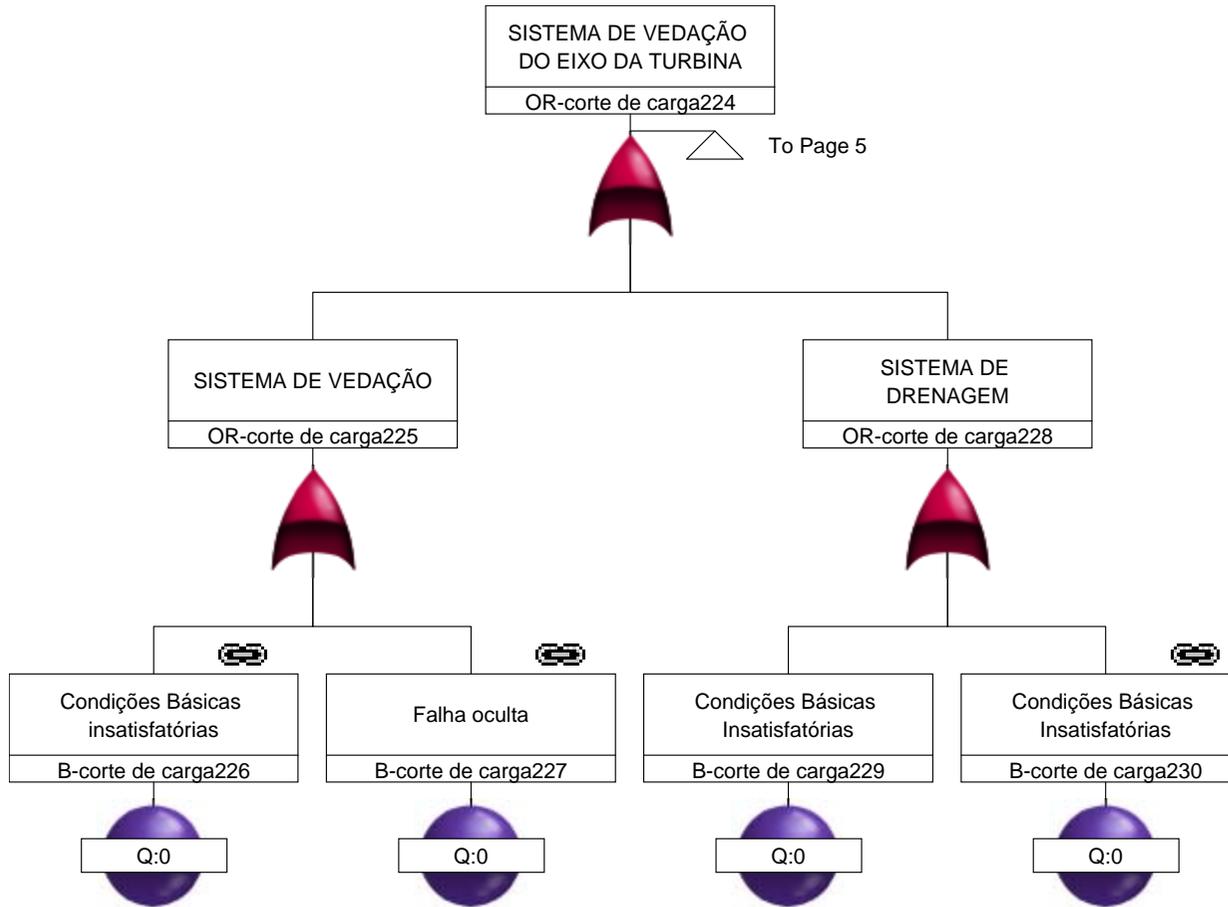


Árvore de Falhas

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Efeito de Topo: OR-corte de



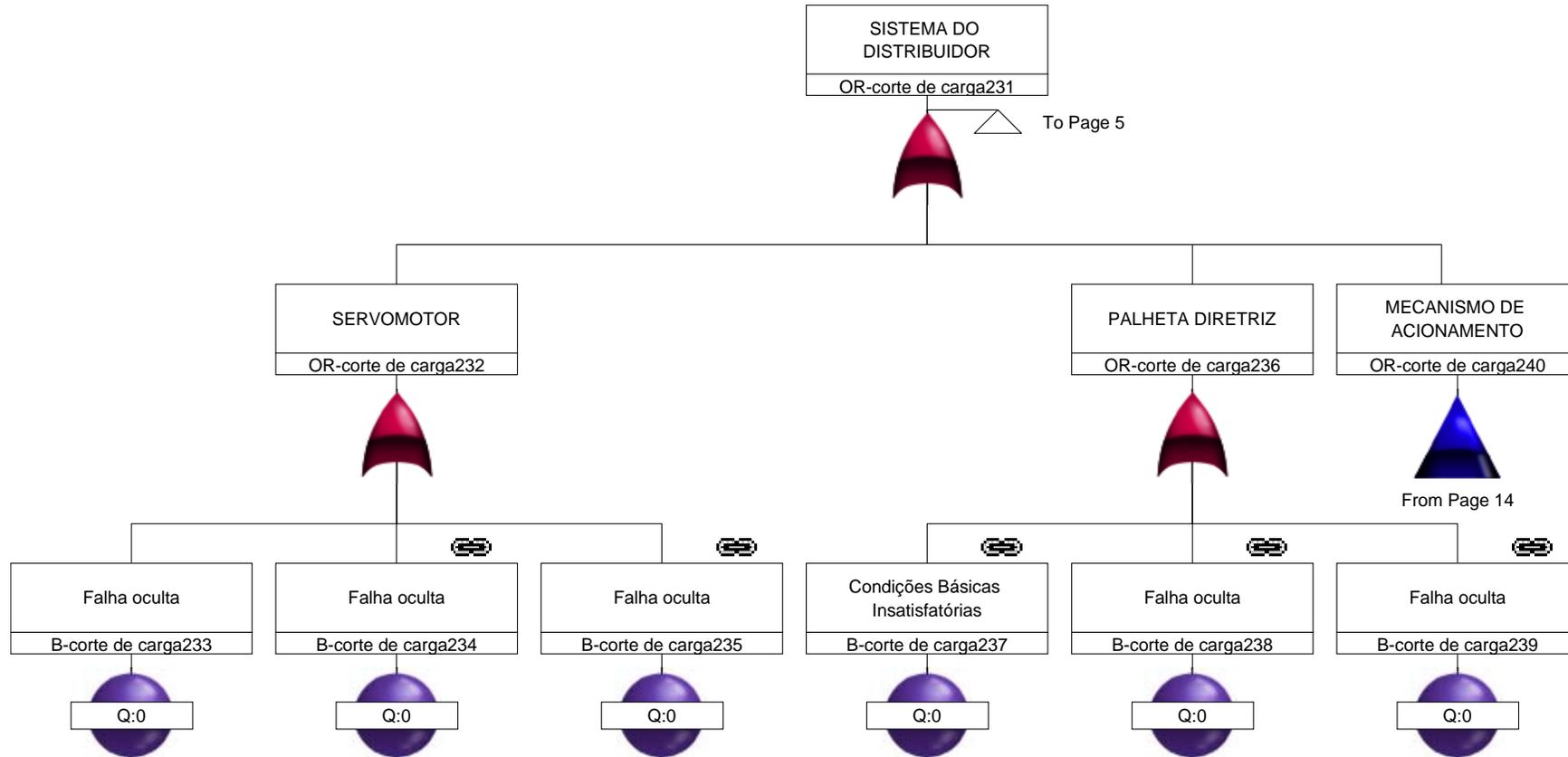
Indisponibilidade: 0.00000000
Inviabilidade:



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Efeito de Topo: OR-corte de



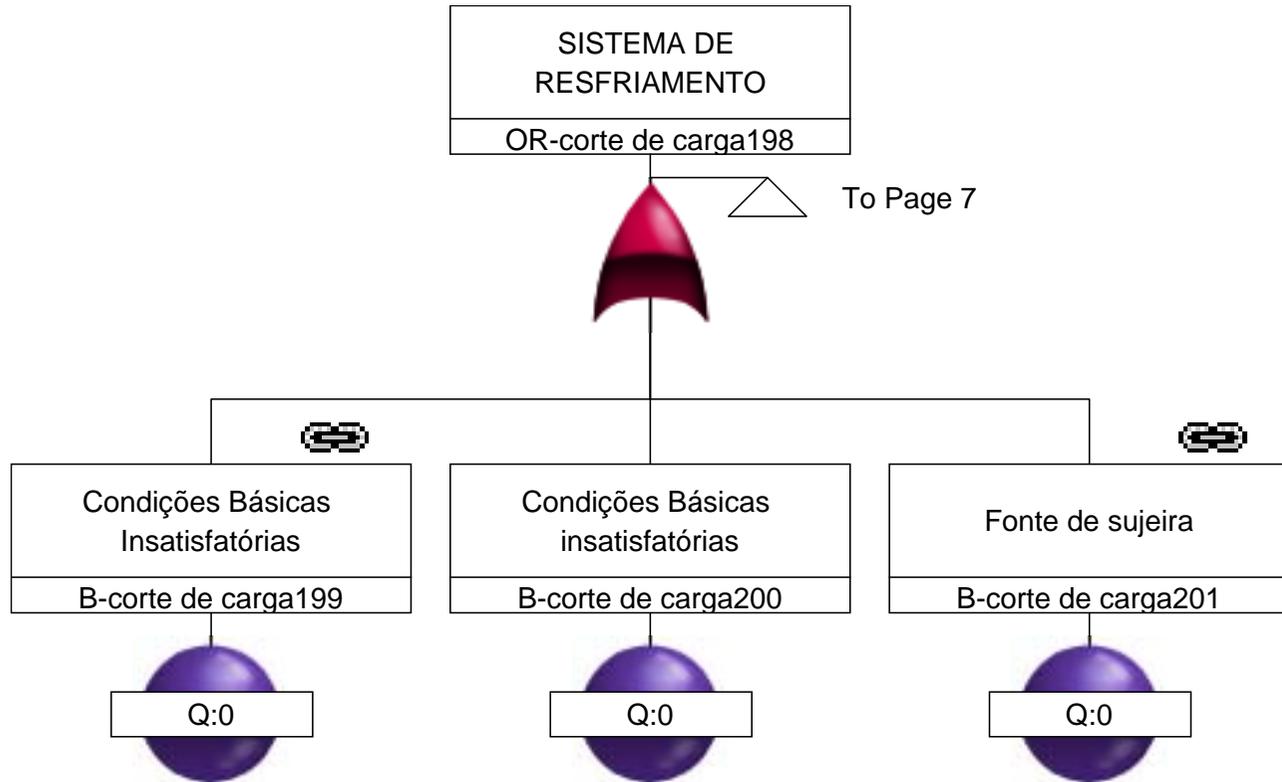
Indisponibilidade: 0.00000000
Inviabilidade:



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Efeito de Topo: OR-corte de



Indisponibilidade: 0.00000000
Inviabilidade:

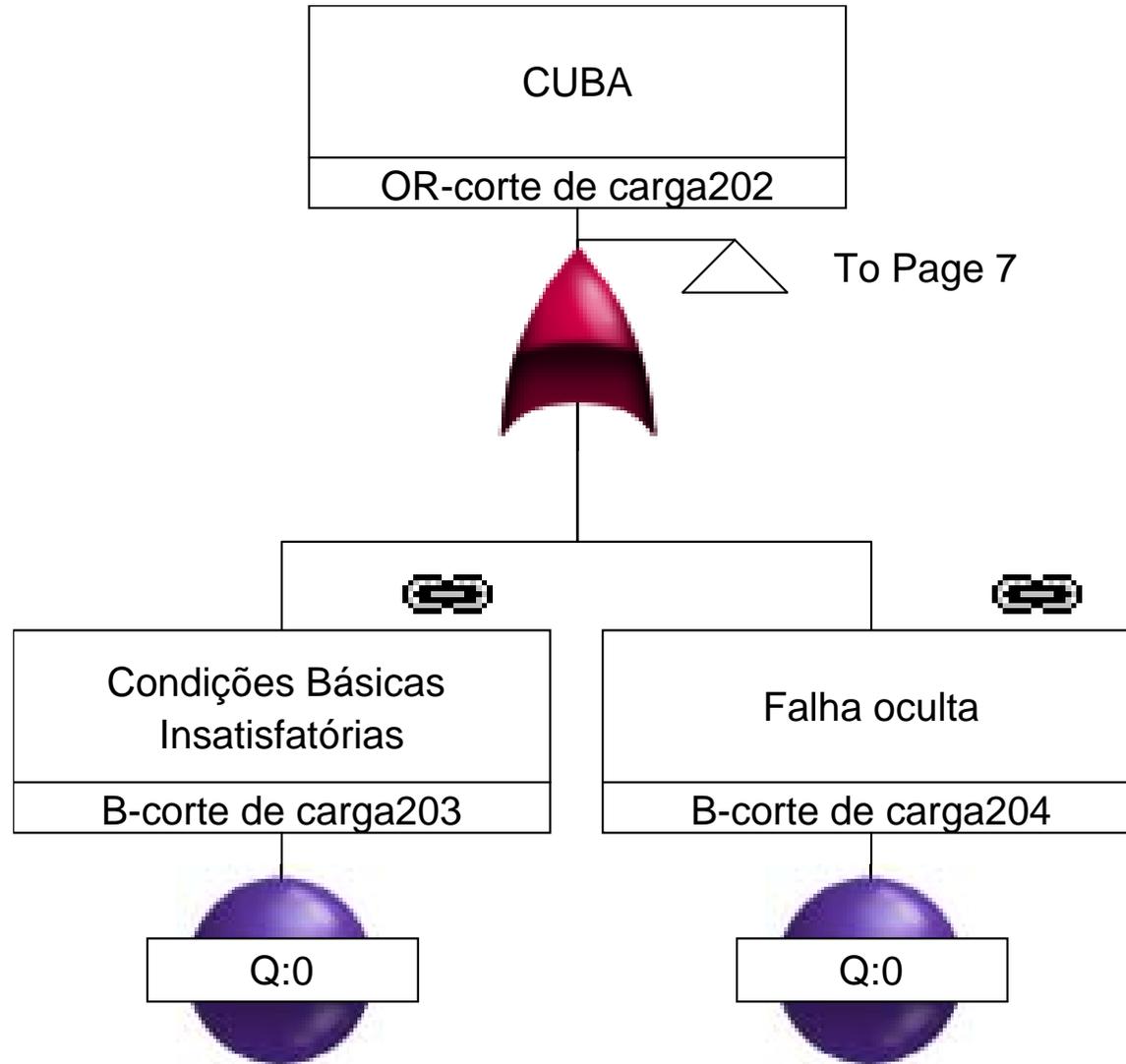


Árvore de Falhas

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Efeito de Topo: OR-corte de



Indisponibilidade: 0.00000000
Inviabilidade:

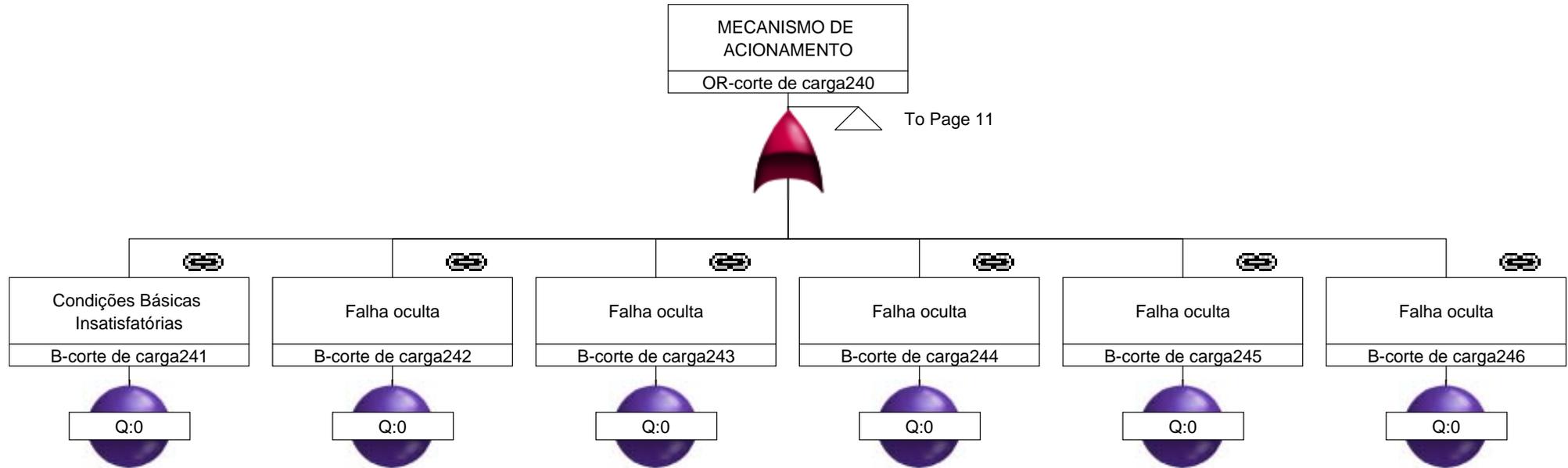


Árvore de Falhas

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturb-
Efeito de Topo: OR-corte de



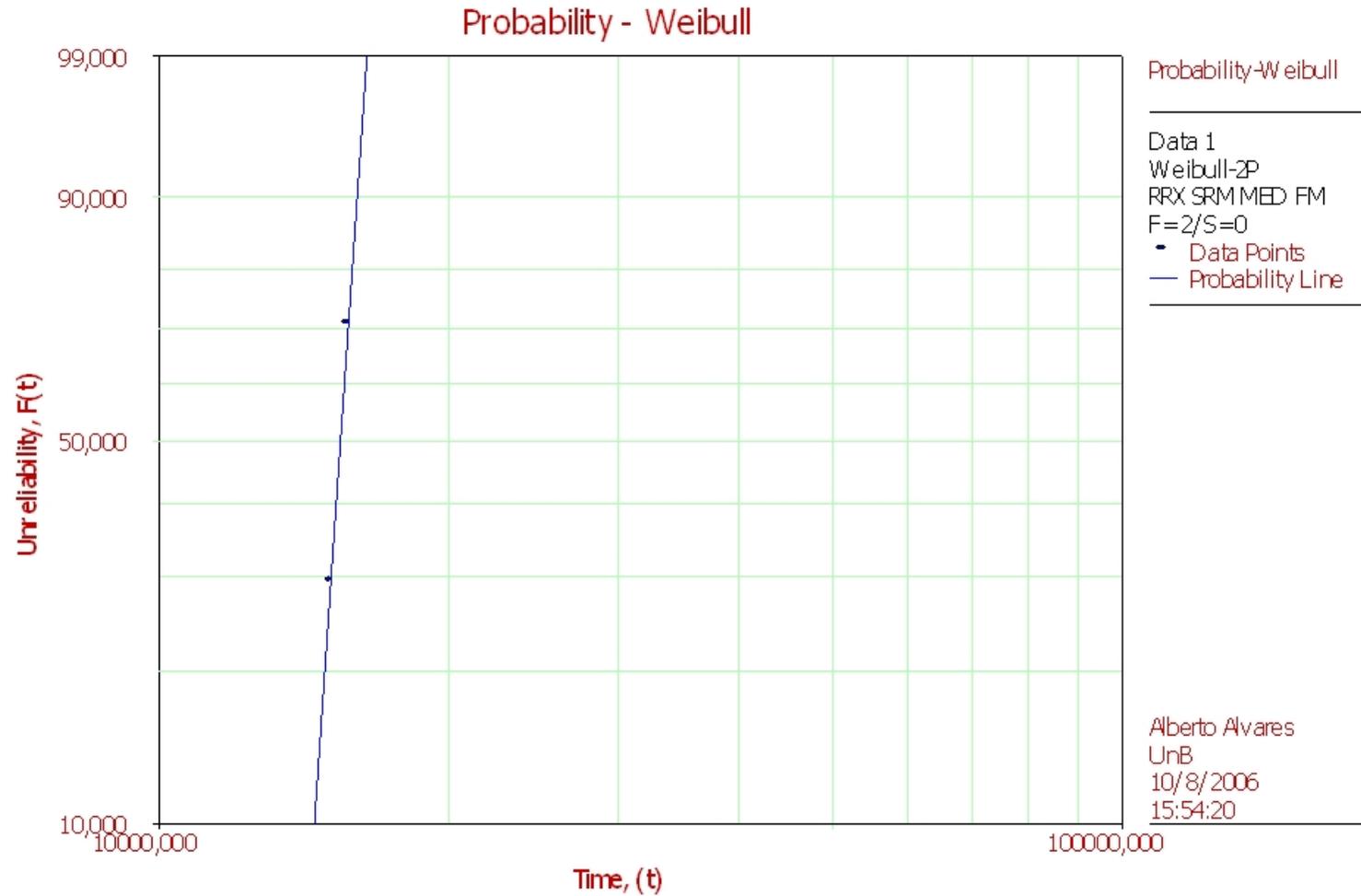
Indisponibilidade: 0.00000000
Inviabilidade:



ANEXO VI - DISTRIBUIÇÃO WEIBULL

Turbina hidráulica - Pás

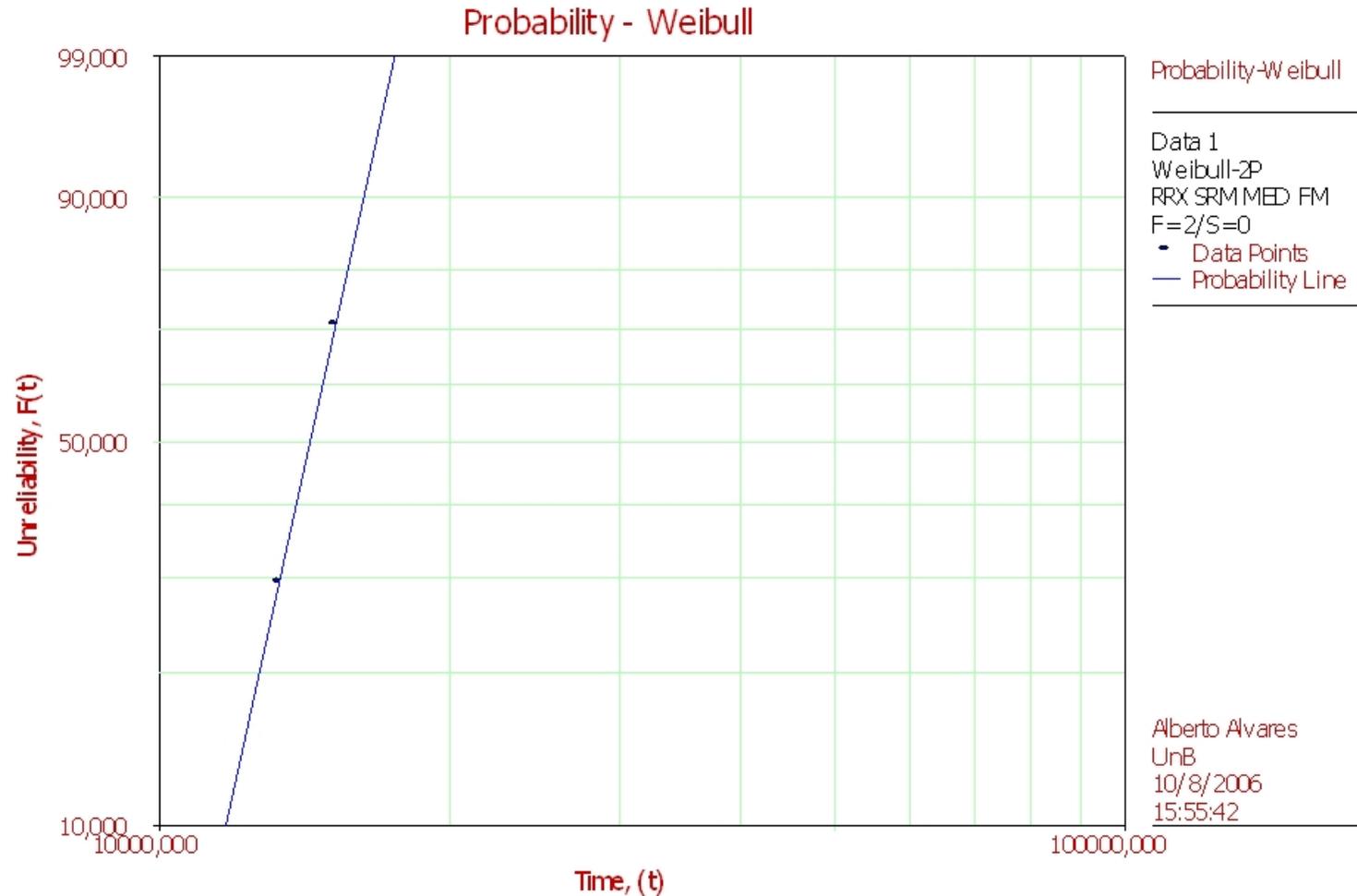
ReliaSoft Weibull++ 7 - www.ReliaSoft.com



$\beta=30,0511, \eta=1,5613E+4, \rho=1,0000$

Turbina hidráulica - Tubulações

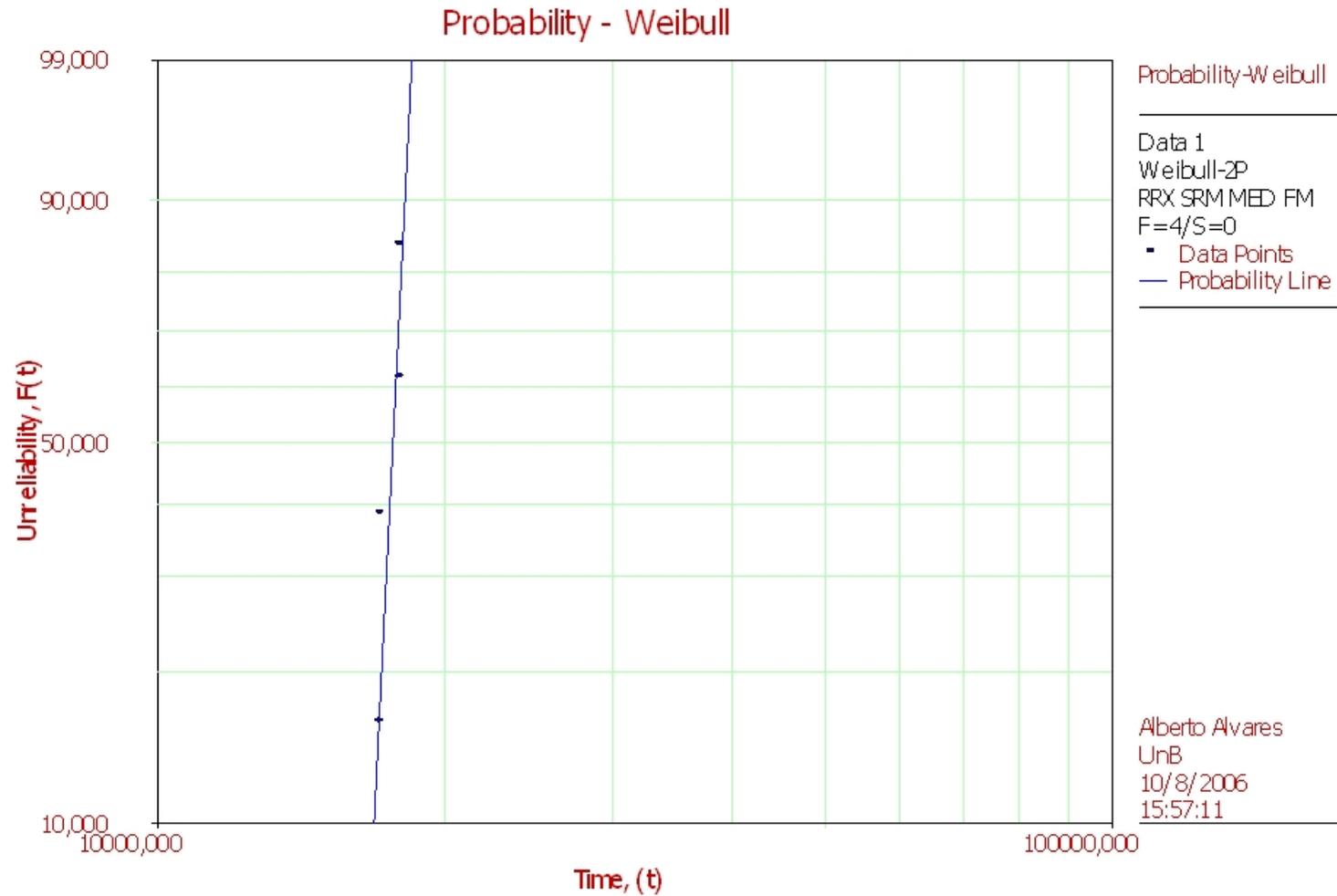
ReliaSoft Weibull++ 7 - www.ReliaSoft.com



$\beta=9,3784, \eta=1,4886E+4, \rho=1,0000$

Mancal Combinado - Sistema de injeção de óleo - Filtro

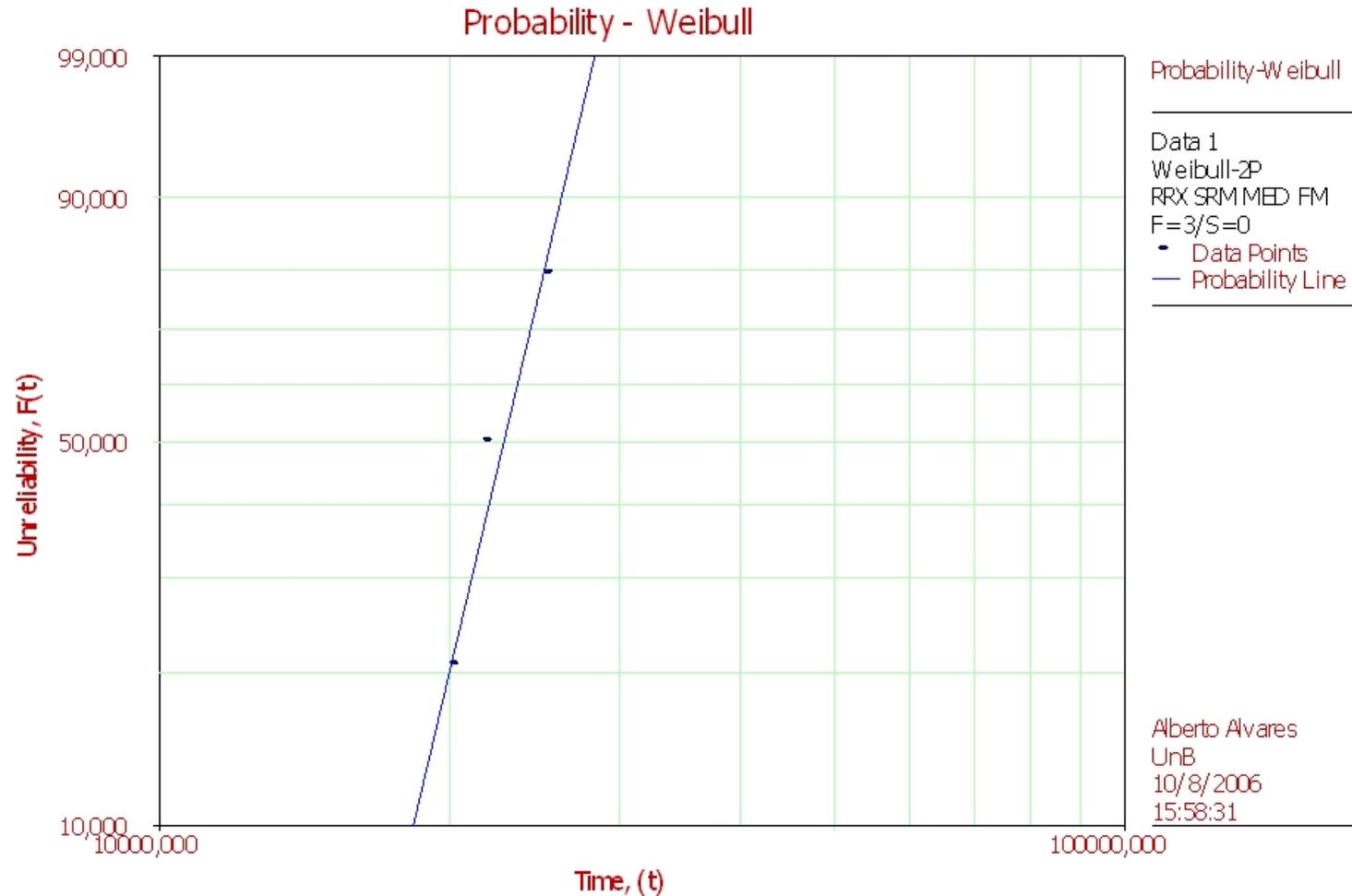
ReliaSoft Weibull++ 7 - www.ReliaSoft.com



$\beta=41,4453$, $\eta=1,7791E+4$, $\rho=0,8818$

Mancal combinado - Sistema de circulação de óleo - Filtro

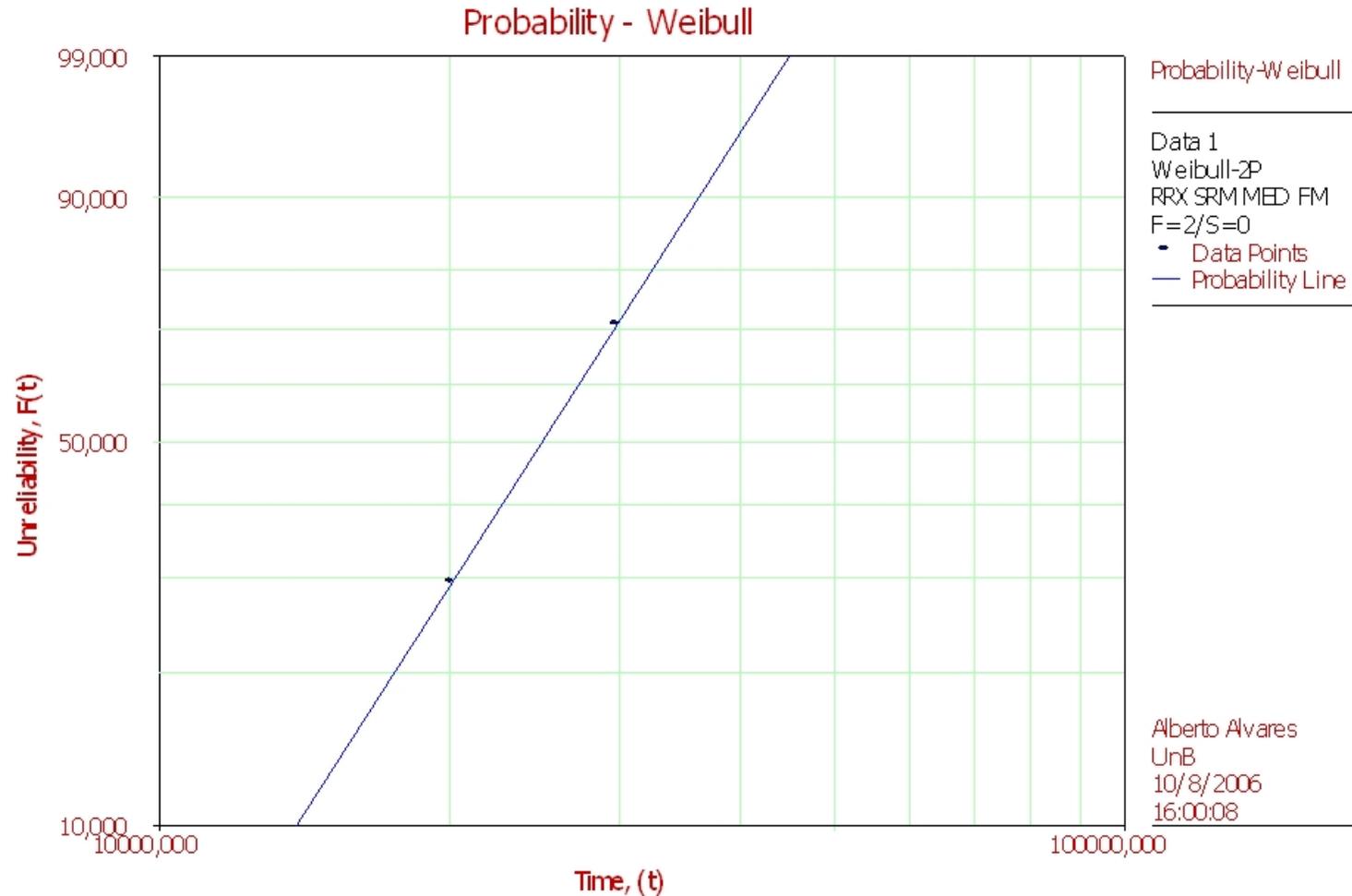
ReliaSoft Weibull++ 7 - www.ReliaSoft.com



$\beta=8,7115, \eta=2,3717E+4, \rho=0,9686$

Mancal combinado - Sistema de circulação de óleo - Válvulas

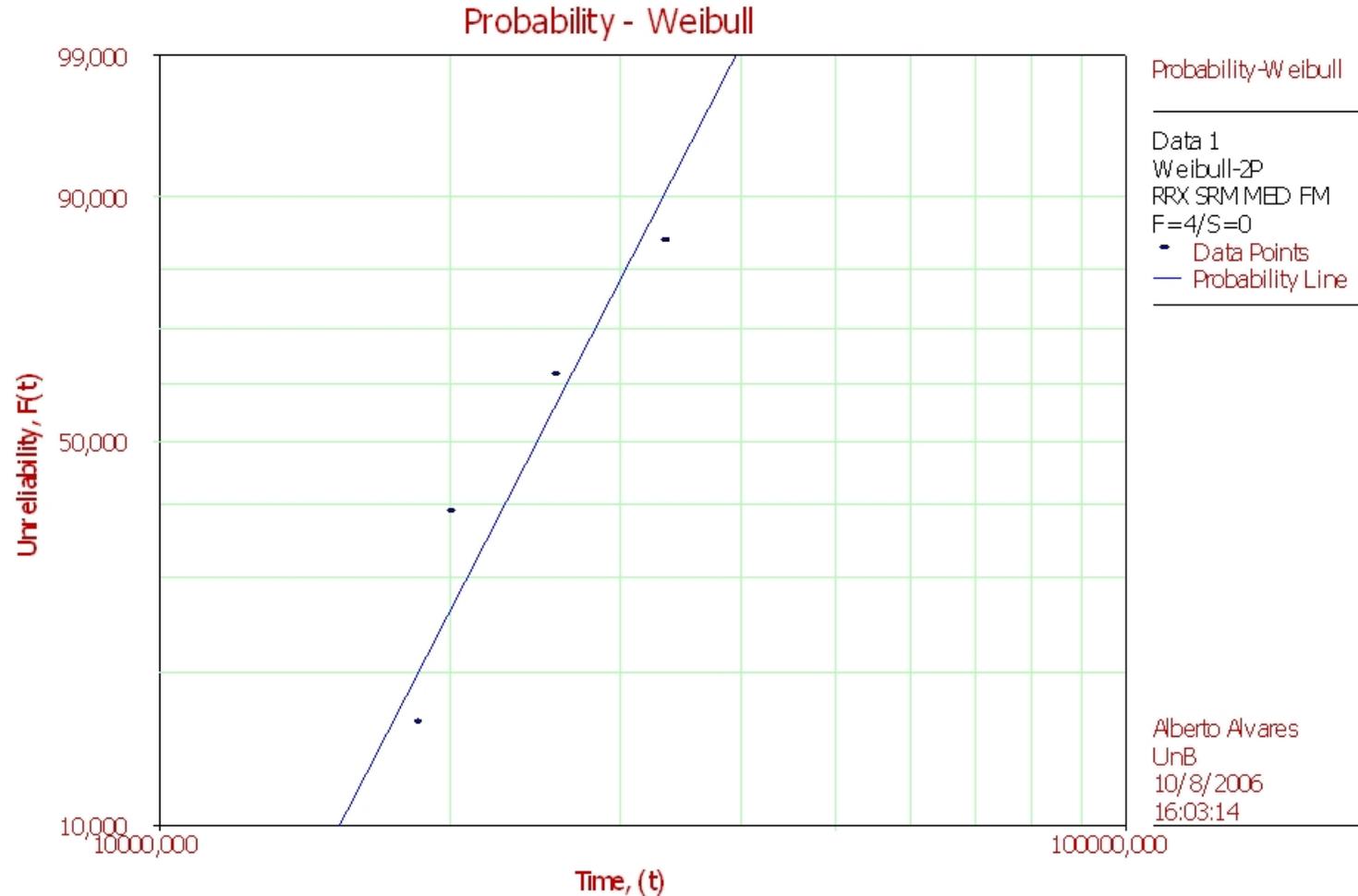
ReliaSoft Weibull++ 7 - www.ReliaSoft.com



$\beta=3,2119$, $\eta=2,7939E+4$, $\rho=1,0000$

Mancal combinado - Sistema de resfriamento - Trocador de calor

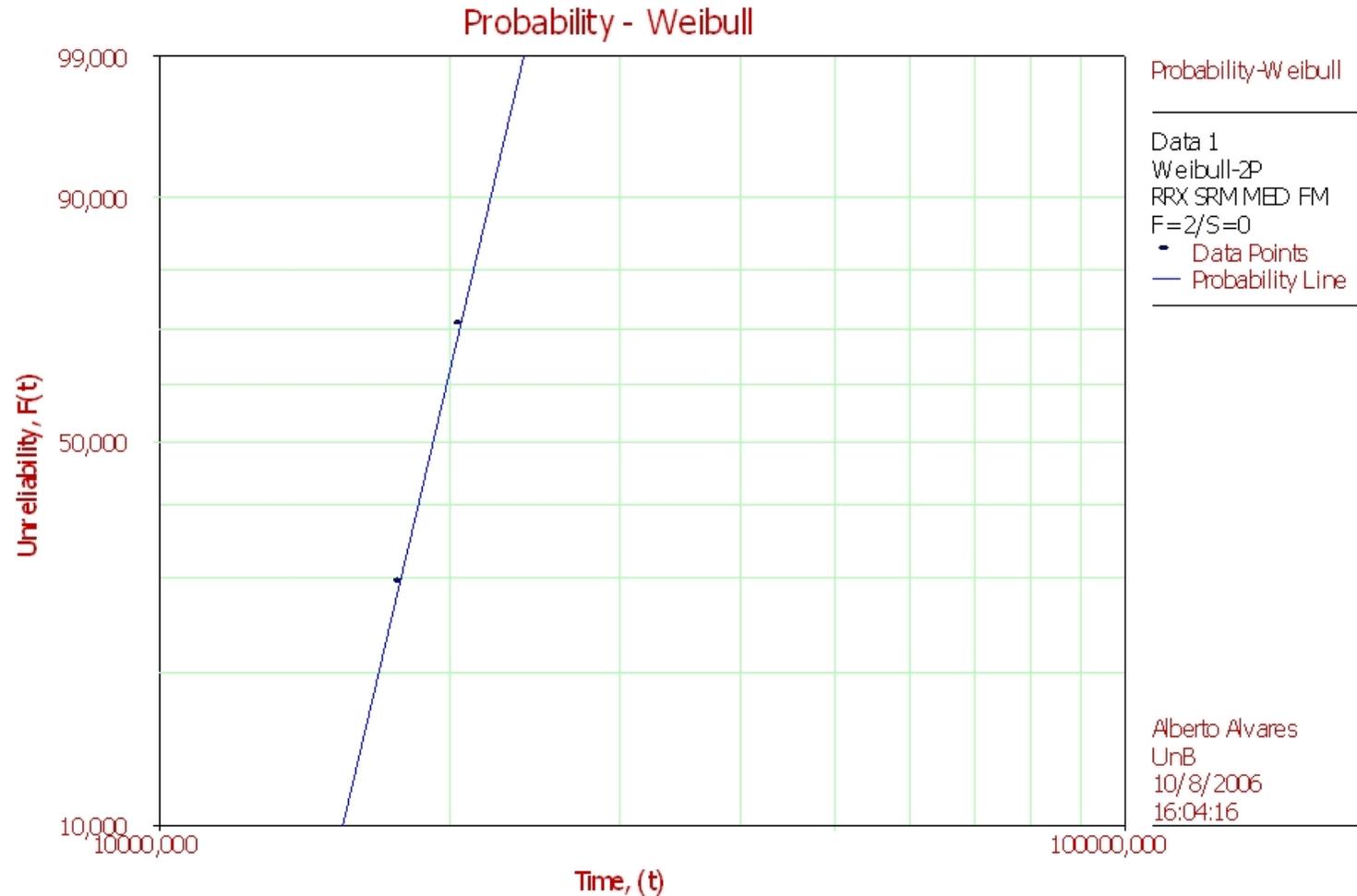
ReliaSoft Weibull++ 7 - www.ReliaSoft.com



$\beta=3,9970, \eta=2,6957E+4, \rho=0,9454$

Mancal guia - Cuba - Óleo lubrificante

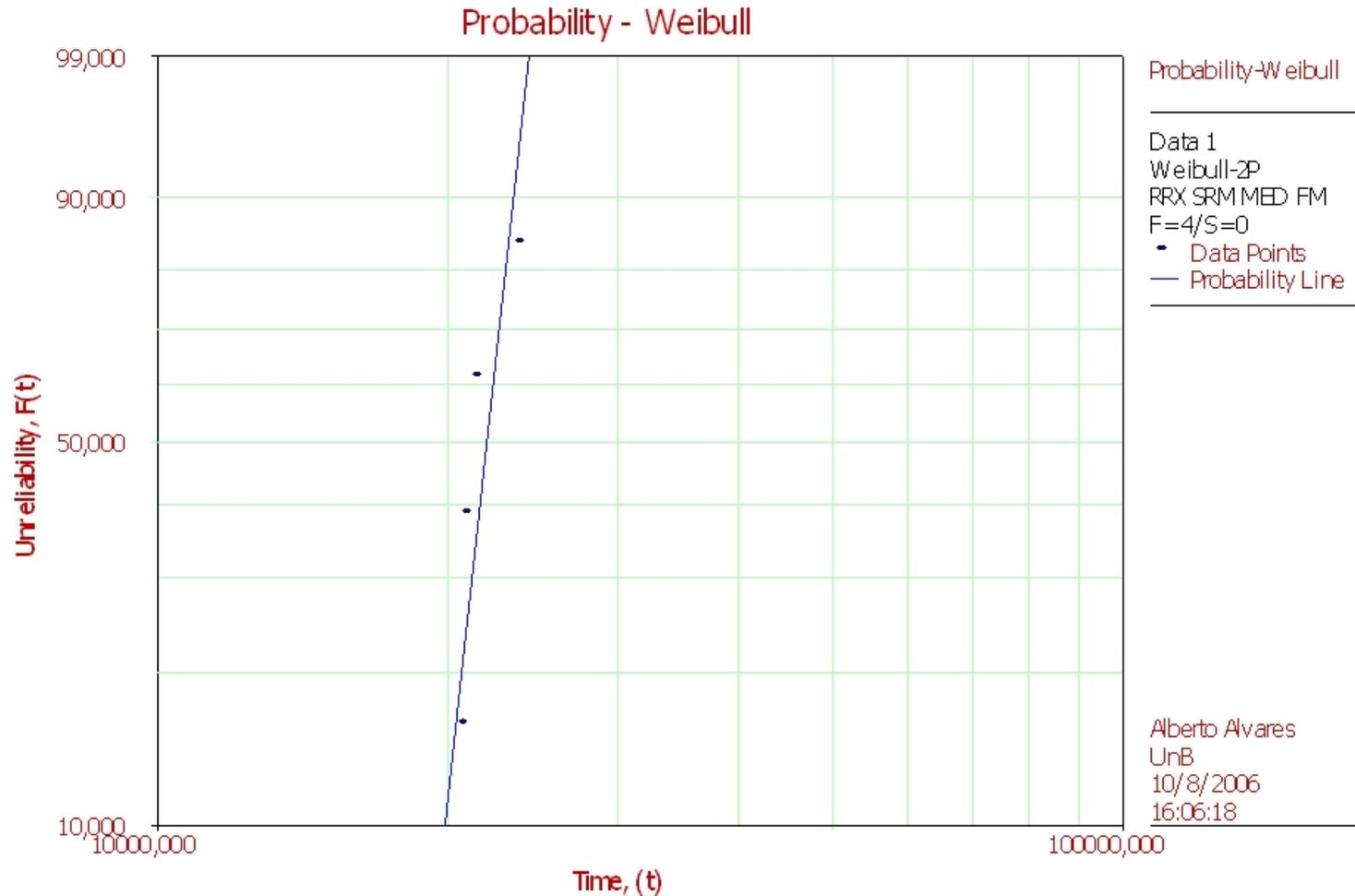
ReliaSoft Weibull++ 7 - www.ReliaSoft.com



$\beta=8,7463, \eta=2,0020E+4, \rho=1,0000$

Sistema de vedação do eixo - Sistema de drenagem - Motobomba

ReliaSoft Weibull++ 7 - www.ReliaSoft.com



$\beta=18,8366$, $\eta=2,2355E+4$, $\rho=0,8463$

ANEXO VII - SIMULAÇÃO MONTE CARLO



Simulação Monte Carlo - Confiabilidade em função do tempo

FINATEC



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ
Configuração: Sistema da Turbina
Disponibilidade em Estado Estacionário:
Disponibilidade Desejada:
Disponibilidade Obtida:
Disponibilidade Operacional:

MTTF: 1108.87
MTBF: 789.80
Resultados Após: 20000.00 h
Confiabilidade: .00
Disponibilidade: 1.00
Inconfiabilidade: 1.00
Indisponibilidade .00
Taxa de Falhas:

Tempo	Confiabilidade	Disponibilidade	Inconfiabilidade	Indisponibilidade	Taxa de Falhas
.00	1.00000000	1.00000000	0.00000000	0.00000000	.000854
200.00	0.84300000	1.00000000	0.15700000	0.00000000	.000951
400.00	0.69700000	1.00000000	0.30300000	0.00000000	.000927
600.00	0.57900000	1.00000000	0.42100000	0.00000000	.000886
800.00	0.48500000	1.00000000	0.51500000	0.00000000	.000864
1000.00	0.40800000	1.00000000	0.59200000	0.00000000	.000853
1200.00	0.34400000	1.00000000	0.65600000	0.00000000	.000941
1400.00	0.28500000	0.99900000	0.71500000	0.00100000	.000859
1600.00	0.24000000	0.99900000	0.76000000	0.00100000	.001013
1800.00	0.19600000	0.99900000	0.80400000	0.00100000	.001046
2000.00	0.15900000	1.00000000	0.84100000	0.00000000	.000745
2200.00	0.13700000	1.00000000	0.86300000	0.00000000	.000621
2400.00	0.12100000	1.00000000	0.87900000	0.00000000	.000953
2600.00	0.10000000	1.00000000	0.90000000	0.00000000	.000872
2800.00	0.08400000	0.99900000	0.91600000	0.00100000	.001131
3000.00	0.06700000	1.00000000	0.93300000	0.00000000	.001364
3200.00	0.05100000	1.00000000	0.94900000	0.00000000	.000971
3400.00	0.04200000	1.00000000	0.95800000	0.00000000	.000771
3600.00	0.03600000	1.00000000	0.96400000	0.00000000	.000748
3800.00	0.03100000	1.00000000	0.96900000	0.00000000	.001076
4000.00	0.02500000	1.00000000	0.97500000	0.00000000	.000417
4200.00	0.02300000	1.00000000	0.97700000	0.00000000	.000955
4400.00	0.01900000	1.00000000	0.98100000	0.00000000	.001182
4600.00	0.01500000	1.00000000	0.98500000	0.00000000	.000345
4800.00	0.01400000	1.00000000	0.98600000	0.00000000	.001682
5000.00	0.01000000	1.00000000	0.99000000	0.00000000	.001783
5200.00	0.00700000	1.00000000	0.99300000	0.00000000	.000000
5400.00	0.00700000	0.99900000	0.99300000	0.00100000	.000771
5600.00	0.00600000	1.00000000	0.99400000	0.00000000	.002027
5800.00	0.00400000	0.99800000	0.99600000	0.00200000	.003466
6000.00	0.00200000	1.00000000	0.99800000	0.00000000	.000000
6200.00	0.00200000	0.99900000	0.99800000	0.00100000	.000000
6400.00	0.00200000	1.00000000	0.99800000	0.00000000	.003466
6600.00	0.00100000	1.00000000	0.99900000	0.00000000	.000000
6800.00	0.00100000	1.00000000	0.99900000	0.00000000	.000000
7000.00	0.00000000	1.00000000	1.00000000	0.00000000	.00000000
7200.00	0.00000000	1.00000000	1.00000000	0.00000000	.00000000
7400.00	0.00000000	1.00000000	1.00000000	0.00000000	.00000000
7600.00	0.00000000	0.99900000	1.00000000	0.00100000	.00000000
7800.00	0.00000000	1.00000000	1.00000000	0.00000000	.00000000



Simulação Monte Carlo - Confiabilidade em função do tempo

FINATEC



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ
Configuração: Turbina hidráulica
Disponibilidade em Estado Estacionário:
Disponibilidade Desejada:
Disponibilidade Obtida:
Disponibilidade Operacional:

MTTF: 7512.98
MTBF: 7466.27
Resultados Após: 20000.00 h
Confiabilidade: .00
Disponibilidade: 1.00
Inconfiabilidade: 1.00
Indisponibilidade: .00
Taxa de Falhas:

Tempo	Confiabilidade	Disponibilidade	Inconfiabilidade	Indisponibilidade	Taxa de Falhas
.00	1.00000000	1.00000000	0.00000000	0.00000000	.000093
400.00	0.96330000	1.00000000	0.03670000	0.00000000	.000094
800.00	0.92770000	1.00000000	0.07230000	0.00000000	.000101
1200.00	0.89080000	1.00000000	0.10920000	0.00000000	.000101
1600.00	0.85570000	1.00000000	0.14430000	0.00000000	.000107
2000.00	0.81980000	1.00000000	0.18020000	0.00000000	.000104
2400.00	0.78640000	1.00000000	0.21360000	0.00000000	.000100
2800.00	0.75570000	1.00000000	0.24430000	0.00000000	.000094
3200.00	0.72790000	1.00000000	0.27210000	0.00000000	.000106
3600.00	0.69780000	1.00000000	0.30220000	0.00000000	.000102
4000.00	0.66980000	1.00000000	0.33020000	0.00000000	.000092
4400.00	0.64560000	1.00000000	0.35440000	0.00000000	.000091
4800.00	0.62260000	1.00000000	0.37740000	0.00000000	.000108
5200.00	0.59630000	1.00000000	0.40370000	0.00000000	.000102
5600.00	0.57250000	1.00000000	0.42750000	0.00000000	.000102
6000.00	0.54960000	1.00000000	0.45040000	0.00000000	.000090
6400.00	0.53020000	1.00000000	0.46980000	0.00000000	.000089
6800.00	0.51170000	1.00000000	0.48830000	0.00000000	.000111
7200.00	0.48940000	1.00000000	0.51060000	0.00000000	.000100
7600.00	0.47030000	1.00000000	0.52970000	0.00000000	.000102
8000.00	0.45150000	1.00000000	0.54850000	0.00000000	.000107
8400.00	0.43260000	1.00000000	0.56740000	0.00000000	.000107
8800.00	0.41450000	1.00000000	0.58550000	0.00000000	.000101
9200.00	0.39810000	1.00000000	0.60190000	0.00000000	.000118
9600.00	0.37980000	1.00000000	0.62020000	0.00000000	.000113
10000.00	0.36300000	1.00000000	0.63700000	0.00000000	.000129
10400.00	0.34470000	1.00000000	0.65530000	0.00000000	.000165
10800.00	0.32270000	1.00000000	0.67730000	0.00000000	.000135
11200.00	0.30570000	1.00000000	0.69430000	0.00000000	.000165
11600.00	0.28620000	1.00000000	0.71380000	0.00000000	.000161
12000.00	0.26830000	1.00000000	0.73170000	0.00000000	.000202
12400.00	0.24750000	1.00000000	0.75250000	0.00000000	.000247
12800.00	0.22420000	1.00000000	0.77580000	0.00000000	.000316
13200.00	0.19760000	1.00000000	0.80240000	0.00000000	.000360
13600.00	0.17110000	1.00000000	0.82890000	0.00000000	.000480
14000.00	0.14120000	1.00000000	0.85880000	0.00000000	.000661
14400.00	0.10840000	1.00000000	0.89160000	0.00000000	.000855
14800.00	0.07700000	1.00000000	0.92300000	0.00000000	.001337
15200.00	0.04510000	1.00000000	0.95490000	0.00000000	.002454
15600.00	0.01690000	1.00000000	0.98310000	0.00000000	.003603



Simulação Monte Carlo - Confiabilidade em função do tempo

FINATEC



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ
Configuração: Mancal Combinado
Disponibilidade em Estado Estacionário:
Disponibilidade Desejada:
Disponibilidade Obtida:
Disponibilidade Operacional:

MTTF: 4586.48
MTBF: 4439.99
Resultados Após: 20000.00 h
Confiabilidade: .00
Disponibilidade: 1.00
Inconfiabilidade: 1.00
Indisponibilidade: .00
Taxa de Falhas:

Tempo	Confiabilidade	Disponibilidade	Inconfiabilidade	Indisponibilidade	Taxa de Falhas
.00	1.00000000	1.00000000	0.00000000	0.00000000	.000206
400.00	0.92100000	1.00000000	0.07900000	0.00000000	.000195
800.00	0.85200000	1.00000000	0.14800000	0.00000000	.000221
1200.00	0.78000000	1.00000000	0.22000000	0.00000000	.000218
1600.00	0.71500000	1.00000000	0.28500000	0.00000000	.000246
2000.00	0.64800000	1.00000000	0.35200000	0.00000000	.000151
2400.00	0.61000000	1.00000000	0.39000000	0.00000000	.000174
2800.00	0.56900000	1.00000000	0.43100000	0.00000000	.000259
3200.00	0.51300000	1.00000000	0.48700000	0.00000000	.000182
3600.00	0.47700000	1.00000000	0.52300000	0.00000000	.000225
4000.00	0.43600000	1.00000000	0.56400000	0.00000000	.000203
4400.00	0.40200000	1.00000000	0.59800000	0.00000000	.000194
4800.00	0.37200000	1.00000000	0.62800000	0.00000000	.000210
5200.00	0.34200000	1.00000000	0.65800000	0.00000000	.000238
5600.00	0.31100000	1.00000000	0.68900000	0.00000000	.000149
6000.00	0.29300000	1.00000000	0.70700000	0.00000000	.000337
6400.00	0.25600000	1.00000000	0.74400000	0.00000000	.000214
6800.00	0.23500000	1.00000000	0.76500000	0.00000000	.000188
7200.00	0.21800000	1.00000000	0.78200000	0.00000000	.000154
7600.00	0.20500000	1.00000000	0.79500000	0.00000000	.000230
8000.00	0.18700000	1.00000000	0.81300000	0.00000000	.000268
8400.00	0.16800000	1.00000000	0.83200000	0.00000000	.000250
8800.00	0.15200000	1.00000000	0.84800000	0.00000000	.000260
9200.00	0.13700000	1.00000000	0.86300000	0.00000000	.000209
9600.00	0.12600000	1.00000000	0.87400000	0.00000000	.000143
10000.00	0.11900000	1.00000000	0.88100000	0.00000000	.000219
10400.00	0.10900000	1.00000000	0.89100000	0.00000000	.000292
10800.00	0.09700000	1.00000000	0.90300000	0.00000000	.000243
11200.00	0.08800000	1.00000000	0.91200000	0.00000000	.000334
11600.00	0.07700000	1.00000000	0.92300000	0.00000000	.000099
12000.00	0.07400000	1.00000000	0.92600000	0.00000000	.000286
12400.00	0.06600000	1.00000000	0.93400000	0.00000000	.000323
12800.00	0.05800000	1.00000000	0.94200000	0.00000000	.000371
13200.00	0.05000000	1.00000000	0.95000000	0.00000000	.000320
13600.00	0.04400000	1.00000000	0.95600000	0.00000000	.000057
14000.00	0.04300000	1.00000000	0.95700000	0.00000000	.000244
14400.00	0.03900000	1.00000000	0.96100000	0.00000000	.000132
14800.00	0.03700000	1.00000000	0.96300000	0.00000000	.000286
15200.00	0.03300000	1.00000000	0.96700000	0.00000000	.000238
15600.00	0.03000000	1.00000000	0.97000000	0.00000000	.000456



Simulação Monte Carlo - Confiabilidade em função do tempo

FINATEC



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ
Configuração: Mancal Guia
Disponibilidade em Estado Estacionário:
Disponibilidade Desejada:
Disponibilidade Obtida:
Disponibilidade Operacional:

MTTF: 3797.59
MTBF: 1204.72
Resultados Após: 20000.00 h
Confiabilidade: 1,60e-003
Disponibilidade: 1.00
Inconfiabilidade: 1.00
Indisponibilidade: 2,00e-004
Taxa de Falhas: 6,80e-004

Tempo	Confiabilidade	Disponibilidade	Inconfiabilidade	Indisponibilidade	Taxa de Falhas
.00	1.00000000	1.00000000	0.00000000	0.00000000	.000250
400.00	0.90490000	0.99990000	0.09510000	0.00010000	.000263
800.00	0.81470000	0.99990000	0.18530000	0.00010000	.000257
1200.00	0.73500000	1.00000000	0.26500000	0.00000000	.000247
1600.00	0.66580000	0.99990000	0.33420000	0.00010000	.000271
2000.00	0.59730000	0.99990000	0.40270000	0.00010000	.000256
2400.00	0.53920000	1.00000000	0.46080000	0.00000000	.000264
2800.00	0.48520000	0.99980000	0.51480000	0.00020000	.000285
3200.00	0.43290000	0.99990000	0.56710000	0.00010000	.000241
3600.00	0.39310000	1.00000000	0.60690000	0.00000000	.000262
4000.00	0.35400000	0.99960000	0.64600000	0.00040000	.000277
4400.00	0.31690000	0.99990000	0.68310000	0.00010000	.000265
4800.00	0.28500000	0.99970000	0.71500000	0.00030000	.000271
5200.00	0.25570000	0.99990000	0.74430000	0.00010000	.000265
5600.00	0.23000000	1.00000000	0.77000000	0.00000000	.000223
6000.00	0.21040000	0.99990000	0.78960000	0.00010000	.000275
6400.00	0.18850000	0.99990000	0.81150000	0.00010000	.000289
6800.00	0.16790000	0.99980000	0.83210000	0.00020000	.000289
7200.00	0.14960000	1.00000000	0.85040000	0.00000000	.000285
7600.00	0.13350000	1.00000000	0.86650000	0.00000000	.000246
8000.00	0.12100000	0.99980000	0.87900000	0.00020000	.000259
8400.00	0.10910000	0.99970000	0.89090000	0.00030000	.000268
8800.00	0.09800000	1.00000000	0.90200000	0.00000000	.000207
9200.00	0.09020000	1.00000000	0.90980000	0.00000000	.000260
9600.00	0.08130000	1.00000000	0.91870000	0.00000000	.000252
10000.00	0.07350000	0.99990000	0.92650000	0.00010000	.000217
10400.00	0.06740000	1.00000000	0.93260000	0.00000000	.000307
10800.00	0.05960000	1.00000000	0.94040000	0.00000000	.000265
11200.00	0.05360000	0.99970000	0.94640000	0.00030000	.000302
11600.00	0.04750000	0.99990000	0.95250000	0.00010000	.000290
12000.00	0.04230000	0.99960000	0.95770000	0.00040000	.000242
12400.00	0.03840000	1.00000000	0.96160000	0.00000000	.000218
12800.00	0.03520000	0.99990000	0.96480000	0.00010000	.000342
13200.00	0.03070000	0.99980000	0.96930000	0.00020000	.000396
13600.00	0.02620000	1.00000000	0.97380000	0.00000000	.000315
14000.00	0.02310000	0.99990000	0.97690000	0.00010000	.000226
14400.00	0.02110000	0.99990000	0.97890000	0.00010000	.000249
14800.00	0.01910000	0.99970000	0.98090000	0.00030000	.000351
15200.00	0.01660000	0.99990000	0.98340000	0.00010000	.000373
15600.00	0.01430000	0.99990000	0.98570000	0.00010000	.000277



Simulação Monte Carlo - Confiabilidade em função do tempo

FINATEC



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ
Configuração: Sistema de Vedação do Eixo
Disponibilidade em Estado Estacionário:
Disponibilidade Desejada:
Disponibilidade Obtida:
Disponibilidade Operacional:

MTTF: 6087.72
MTBF: 1322.29
Resultados Após: 10000.00 h
Confiabilidade: .22
Disponibilidade: 1.00
Inconfiabilidade: .79
Indisponibilidade: .00
Taxa de Falhas: 1,38e-004

Tempo	Confiabilidade	Disponibilidade	Inconfiabilidade	Indisponibilidade	Taxa de Falhas
.00	1.00000000	1.00000000	0.00000000	0.00000000	.000157
200.00	0.96900000	1.00000000	0.03100000	0.00000000	.000141
400.00	0.94200000	1.00000000	0.05800000	0.00000000	.000178
600.00	0.90900000	1.00000000	0.09100000	0.00000000	.000123
800.00	0.88700000	1.00000000	0.11300000	0.00000000	.000160
1000.00	0.85900000	1.00000000	0.14100000	0.00000000	.000154
1200.00	0.83300000	1.00000000	0.16700000	0.00000000	.000165
1400.00	0.80600000	1.00000000	0.19400000	0.00000000	.000164
1600.00	0.78000000	1.00000000	0.22000000	0.00000000	.000150
1800.00	0.75700000	0.99800000	0.24300000	0.00200000	.000154
2000.00	0.73400000	1.00000000	0.26600000	0.00000000	.000117
2200.00	0.71700000	1.00000000	0.28300000	0.00000000	.000113
2400.00	0.70100000	1.00000000	0.29900000	0.00000000	.000167
2600.00	0.67800000	1.00000000	0.32200000	0.00000000	.000157
2800.00	0.65700000	1.00000000	0.34300000	0.00000000	.000147
3000.00	0.63800000	1.00000000	0.36200000	0.00000000	.000159
3200.00	0.61800000	1.00000000	0.38200000	0.00000000	.000181
3400.00	0.59600000	1.00000000	0.40400000	0.00000000	.000241
3600.00	0.56800000	1.00000000	0.43200000	0.00000000	.000170
3800.00	0.54900000	1.00000000	0.45100000	0.00000000	.000148
4000.00	0.53300000	0.99900000	0.46700000	0.00100000	.000211
4200.00	0.51100000	1.00000000	0.48900000	0.00000000	.000179
4400.00	0.49300000	1.00000000	0.50700000	0.00000000	.000154
4600.00	0.47800000	0.99900000	0.52200000	0.00100000	.000106
4800.00	0.46800000	1.00000000	0.53200000	0.00000000	.000130
5000.00	0.45600000	0.99800000	0.54400000	0.00200000	.000224
5200.00	0.43600000	1.00000000	0.56400000	0.00000000	.000116
5400.00	0.42600000	1.00000000	0.57400000	0.00000000	.000155
5600.00	0.41300000	0.99900000	0.58700000	0.00100000	.000185
5800.00	0.39800000	1.00000000	0.60200000	0.00000000	.000127
6000.00	0.38800000	1.00000000	0.61200000	0.00000000	.000131
6200.00	0.37800000	1.00000000	0.62200000	0.00000000	.000161
6400.00	0.36600000	1.00000000	0.63400000	0.00000000	.000153
6600.00	0.35500000	1.00000000	0.64500000	0.00000000	.000143
6800.00	0.34500000	0.99900000	0.65500000	0.00100000	.000132
7000.00	0.33600000	0.99900000	0.66400000	0.00100000	.000120
7200.00	0.32800000	0.99900000	0.67200000	0.00100000	.000123
7400.00	0.32000000	1.00000000	0.68000000	0.00000000	.000207
7600.00	0.30700000	1.00000000	0.69300000	0.00000000	.000166
7800.00	0.29700000	0.99900000	0.70300000	0.00100000	.000068



Simulação Monte Carlo - Confiabilidade em função do tempo

FINATEC



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ
Configuração: Sistema de Vedação do Eixo
Disponibilidade em Estado Estacionário:
Disponibilidade Desejada:
Disponibilidade Obtida:
Disponibilidade Operacional:

MTTF: 6087.72
MTBF: 1322.29
Resultados Após: 10000.00 h
Confiabilidade: .22
Disponibilidade: 1.00
Inconfiabilidade: .79
Indisponibilidade: .00
Taxa de Falhas: 1,38e-004

Tempo	Confiabilidade	Disponibilidade	Inconfiabilidade	Indisponibilidade	Taxa de Falhas
8000.00	0.29300000	1.00000000	0.70700000	0.00000000	.000191
8200.00	0.28200000	1.00000000	0.71800000	0.00000000	.000144
8400.00	0.27400000	1.00000000	0.72600000	0.00000000	.000129
8600.00	0.26700000	1.00000000	0.73300000	0.00000000	.000191
8800.00	0.25700000	1.00000000	0.74300000	0.00000000	.000118
9000.00	0.25100000	0.99900000	0.74900000	0.00100000	.000162
9200.00	0.24300000	1.00000000	0.75700000	0.00000000	.000167
9400.00	0.23500000	1.00000000	0.76500000	0.00000000	.000129
9600.00	0.22900000	1.00000000	0.77100000	0.00000000	.000178
9800.00	0.22100000	1.00000000	0.77900000	0.00000000	.000138
10000.00	0.21500000	1.00000000	0.78500000	0.00000000	



Simulação Monte Carlo - Confiabilidade em função do tempo

FINATEC



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ
Configuração: Sistema do distribuidor
Disponibilidade em Estado Estacionário:
Disponibilidade Desejada:
Disponibilidade Obtida:
Disponibilidade Operacional:

MTTF: 6033.75
MTBF: 5838.72
Resultados Após: 20000.00 h
Confiabilidade: .04
Disponibilidade: 1.00
Inconfiabilidade: .96
Indisponibilidade: .00
Taxa de Falhas: 1,32e-004

Tempo	Confiabilidade	Disponibilidade	Inconfiabilidade	Indisponibilidade	Taxa de Falhas
.00	1.00000000	1.00000000	0.00000000	0.00000000	.000149
400.00	0.94200000	1.00000000	0.05800000	0.00000000	.000165
800.00	0.88200000	1.00000000	0.11800000	0.00000000	.000158
1200.00	0.82800000	1.00000000	0.17200000	0.00000000	.000169
1600.00	0.77400000	1.00000000	0.22600000	0.00000000	.000188
2000.00	0.71800000	1.00000000	0.28200000	0.00000000	.000129
2400.00	0.68200000	1.00000000	0.31800000	0.00000000	.000147
2800.00	0.64300000	1.00000000	0.35700000	0.00000000	.000152
3200.00	0.60500000	1.00000000	0.39500000	0.00000000	.000162
3600.00	0.56700000	1.00000000	0.43300000	0.00000000	.000197
4000.00	0.52400000	1.00000000	0.47600000	0.00000000	.000183
4400.00	0.48700000	1.00000000	0.51300000	0.00000000	.000153
4800.00	0.45800000	1.00000000	0.54200000	0.00000000	.000164
5200.00	0.42900000	1.00000000	0.57100000	0.00000000	.000206
5600.00	0.39500000	1.00000000	0.60500000	0.00000000	.000130
6000.00	0.37500000	1.00000000	0.62500000	0.00000000	.000201
6400.00	0.34600000	1.00000000	0.65400000	0.00000000	.000187
6800.00	0.32100000	1.00000000	0.67900000	0.00000000	.000177
7200.00	0.29900000	1.00000000	0.70100000	0.00000000	.000164
7600.00	0.28000000	1.00000000	0.72000000	0.00000000	.000166
8000.00	0.26200000	1.00000000	0.73800000	0.00000000	.000188
8400.00	0.24300000	1.00000000	0.75700000	0.00000000	.000170
8800.00	0.22700000	1.00000000	0.77300000	0.00000000	.000113
9200.00	0.21700000	1.00000000	0.78300000	0.00000000	.000167
9600.00	0.20300000	1.00000000	0.79700000	0.00000000	.000179
10000.00	0.18900000	1.00000000	0.81100000	0.00000000	.000150
10400.00	0.17800000	1.00000000	0.82200000	0.00000000	.000159
10800.00	0.16700000	1.00000000	0.83300000	0.00000000	.000123
11200.00	0.15900000	1.00000000	0.84100000	0.00000000	.000129
11600.00	0.15100000	1.00000000	0.84900000	0.00000000	.000225
12000.00	0.13800000	1.00000000	0.86200000	0.00000000	.000111
12400.00	0.13200000	1.00000000	0.86800000	0.00000000	.000177
12800.00	0.12300000	1.00000000	0.87700000	0.00000000	.000190
13200.00	0.11400000	1.00000000	0.88600000	0.00000000	.000206
13600.00	0.10500000	1.00000000	0.89500000	0.00000000	.000172
14000.00	0.09800000	1.00000000	0.90200000	0.00000000	.000131
14400.00	0.09300000	1.00000000	0.90700000	0.00000000	.000138
14800.00	0.08800000	1.00000000	0.91200000	0.00000000	.000270
15200.00	0.07900000	1.00000000	0.92100000	0.00000000	.000130
15600.00	0.07500000	1.00000000	0.92500000	0.00000000	.000102



Simulação Monte Carlo - Confiabilidade em função do tempo

FINATEC



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ
Configuração: Sistema de estabilização
Disponibilidade em Estado Estacionário:
Disponibilidade Desejada:
Disponibilidade Obtida:
Disponibilidade Operacional:

MTTF: 35971.62
MTBF: 37736.94
Resultados Após: 20000.00 h
Confiabilidade: .57
Disponibilidade: 1.00
Inconfiabilidade: .43
Indisponibilidade: .00
Taxa de Falhas: 3,88e-005

Tempo	Confiabilidade	Disponibilidade	Inconfiabilidade	Indisponibilidade	Taxa de Falhas
.00	1.00000000	1.00000000	0.00000000	0.00000000	.000045
400.00	0.98200000	1.00000000	0.01800000	0.00000000	.000033
800.00	0.96900000	1.00000000	0.03100000	0.00000000	.000023
1200.00	0.96000000	1.00000000	0.04000000	0.00000000	.000013
1600.00	0.95500000	1.00000000	0.04500000	0.00000000	.000037
2000.00	0.94100000	1.00000000	0.05900000	0.00000000	.000029
2400.00	0.93000000	1.00000000	0.07000000	0.00000000	.000030
2800.00	0.91900000	1.00000000	0.08100000	0.00000000	.000016
3200.00	0.91300000	1.00000000	0.08700000	0.00000000	.000028
3600.00	0.90300000	1.00000000	0.09700000	0.00000000	.000022
4000.00	0.89500000	1.00000000	0.10500000	0.00000000	.000054
4400.00	0.87600000	1.00000000	0.12400000	0.00000000	.000040
4800.00	0.86200000	1.00000000	0.13800000	0.00000000	.000032
5200.00	0.85100000	1.00000000	0.14900000	0.00000000	.000033
5600.00	0.84000000	1.00000000	0.16000000	0.00000000	.000024
6000.00	0.83200000	1.00000000	0.16800000	0.00000000	.000024
6400.00	0.82400000	1.00000000	0.17600000	0.00000000	.000024
6800.00	0.81600000	1.00000000	0.18400000	0.00000000	.000015
7200.00	0.81100000	1.00000000	0.18900000	0.00000000	.000025
7600.00	0.80300000	1.00000000	0.19700000	0.00000000	.000025
8000.00	0.79500000	1.00000000	0.20500000	0.00000000	.000022
8400.00	0.78800000	1.00000000	0.21200000	0.00000000	.000038
8800.00	0.77600000	1.00000000	0.22400000	0.00000000	.000039
9200.00	0.76400000	1.00000000	0.23600000	0.00000000	.000020
9600.00	0.75800000	1.00000000	0.24200000	0.00000000	.000027
10000.00	0.75000000	1.00000000	0.25000000	0.00000000	.000020
10400.00	0.74400000	1.00000000	0.25600000	0.00000000	.000010
10800.00	0.74100000	1.00000000	0.25900000	0.00000000	.000031
11200.00	0.73200000	1.00000000	0.26800000	0.00000000	.000024
11600.00	0.72500000	1.00000000	0.27500000	0.00000000	.000038
12000.00	0.71400000	1.00000000	0.28600000	0.00000000	.000018
12400.00	0.70900000	1.00000000	0.29100000	0.00000000	.000039
12800.00	0.69800000	1.00000000	0.30200000	0.00000000	.000025
13200.00	0.69100000	1.00000000	0.30900000	0.00000000	.000022
13600.00	0.68500000	1.00000000	0.31500000	0.00000000	.000026
14000.00	0.67800000	1.00000000	0.32200000	0.00000000	.000052
14400.00	0.66400000	1.00000000	0.33600000	0.00000000	.000026
14800.00	0.65700000	1.00000000	0.34300000	0.00000000	.000031
15200.00	0.64900000	1.00000000	0.35100000	0.00000000	.000023
15600.00	0.64300000	1.00000000	0.35700000	0.00000000	.000004



Simulação Monte Carlo - Confiabilidade em função do tempo

FINATEC



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ
Configuração: Sistema de estabilização
Disponibilidade em Estado Estacionário:
Disponibilidade Desejada:
Disponibilidade Obtida:
Disponibilidade Operacional:

MTTF: 35971.62
MTBF: 37736.94
Resultados Após: 20000.00 h
Confiabilidade: .57
Disponibilidade: 1.00
Inconfiabilidade: .43
Indisponibilidade: .00
Taxa de Falhas: 3,88e-005

Tempo	Confiabilidade	Disponibilidade	Inconfiabilidade	Indisponibilidade	Taxa de Falhas
16000.00	0.64200000	1.00000000	0.35800000	0.00000000	.000027
16400.00	0.63500000	1.00000000	0.36500000	0.00000000	.000028
16800.00	0.62800000	1.00000000	0.37200000	0.00000000	.000016
17200.00	0.62400000	1.00000000	0.37600000	0.00000000	.000028
17600.00	0.61700000	1.00000000	0.38300000	0.00000000	.000024
18000.00	0.61100000	1.00000000	0.38900000	0.00000000	.000029
18400.00	0.60400000	1.00000000	0.39600000	0.00000000	.000021
18800.00	0.59900000	1.00000000	0.40100000	0.00000000	.000034
19200.00	0.59100000	1.00000000	0.40900000	0.00000000	.000030
19600.00	0.58400000	1.00000000	0.41600000	0.00000000	.000039
20000.00	0.57500000	1.00000000	0.42500000	0.00000000	

ANEXO VIII - CADEIA DE MARKOV

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Sistema da Turbina

MTBF: 422.46

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
.00	1.00000000	.00000000	.00000000	.00093000
400.00	.99567991	.94290036	.93851736	.00154265
800.00	.99567991	1.88974187	1.88535886	.00154265
1200.00	.99567991	2.83658338	2.83220037	.00154265
1600.00	.99567991	3.78342489	3.77904188	.00154265
2000.00	.99567991	4.73026640	4.72588339	.00154265
2400.00	.99567991	5.67710791	5.67272490	.00154265
2800.00	.99567991	6.62394942	6.61956641	.00154265
3200.00	.99567991	7.57079093	7.56640792	.00154265
3600.00	.99567991	8.51763243	8.51324943	.00154265
4000.00	.99567991	9.46447394	9.46009093	.00154265
4400.00	.99567991	10.41131545	10.40693244	.00154265
4800.00	.99567991	11.35815696	11.35377395	.00154265
5200.00	.99567991	12.30499847	12.30061546	.00154265
5600.00	.99567991	13.25183998	13.24745697	.00154265
6000.00	.99567991	14.19868149	14.19429848	.00154265
6400.00	.99567991	15.14552300	15.14113999	.00154265
6800.00	.99567991	16.09236450	16.08798150	.00154265
7200.00	.99567991	17.03920601	17.03482300	.00154265
7600.00	.99567991	17.98604752	17.98166451	.00154265
8000.00	.99567991	18.93288903	18.92850602	.00154265
8400.00	.99567991	19.87973054	19.87534753	.00154265
8800.00	.99567991	20.82657205	20.82218904	.00154265
9200.00	.99567991	21.77341356	21.76903055	.00154265
9600.00	.99567991	22.72025507	22.71587206	.00154265
10000.00	.99567991	23.66709657	23.66271357	.00154265
10400.00	.99567991	24.61393808	24.60955507	.00154265
10800.00	.99567991	25.56077959	25.55639658	.00154265
11200.00	.99567991	26.50762110	26.50323809	.00154265
11600.00	.99567991	27.45446261	27.45007960	.00154265
12000.00	.99567991	28.40130412	28.39692111	.00154265
12400.00	.99567991	29.34814563	29.34376262	.00154265
12800.00	.99567991	30.29498714	30.29060413	.00154265
13200.00	.99567991	31.24182864	31.23744564	.00154265
13600.00	.99567991	32.18867015	32.18428714	.00154265
14000.00	.99567991	33.13551166	33.13112865	.00154265
14400.00	.99567991	34.08235317	34.07797016	.00154265
14800.00	.99567991	35.02919468	35.02481167	.00154265
15200.00	.99567991	35.97603619	35.97165318	.00154264
15600.00	.99567991	36.92287770	36.91849469	.00154265
16000.00	.99567991	37.86971921	37.86533620	.00154265

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



FUNDAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS
CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Sistema da Turbina

MTBF: 422.46

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
16400.00	.99567991	38.81656071	38.81217771	.00154267
16800.00	.99567991	39.76340222	39.75901921	.00154263
17200.00	.99567991	40.71024373	40.70586072	.00154261
17600.00	.99567991	41.65708524	41.65270223	.00154261
18000.00	.99567991	42.60392675	42.59954374	.00154269
18400.00	.99567991	43.55076826	43.54638525	.00154305
18800.00	.99567991	44.49760977	44.49322676	.00154222
19200.00	.99567991	45.44445128	45.44006827	.00154369
19600.00	.99567991	46.39129279	46.38690978	.00154538
20000.00	.99567991	47.33813429	47.33375129	.00154429

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

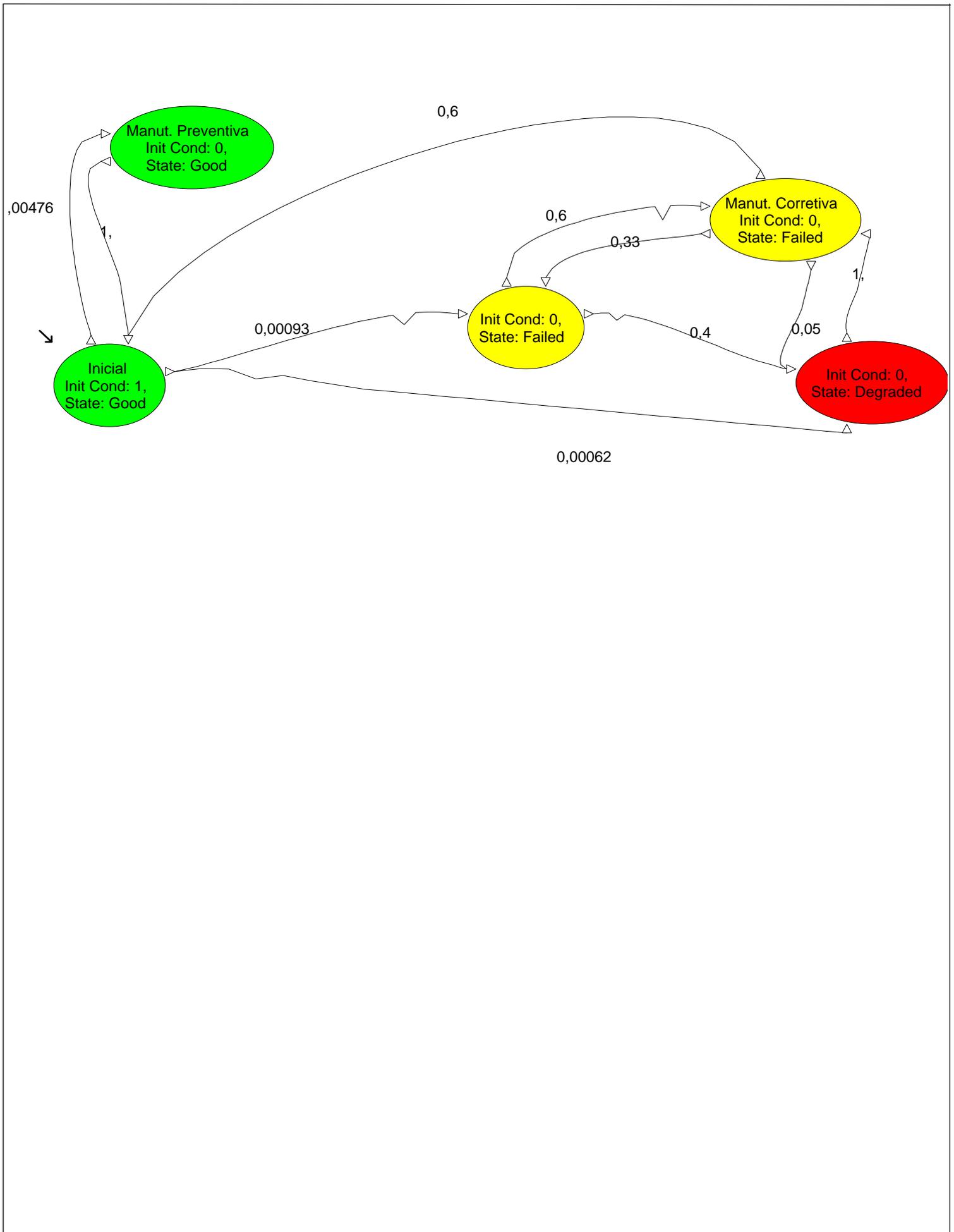


Tempo inicial .00 h
Tempo final 20000.00 h

Nome do arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbin-
Configuração: Sistema da Turbina

ID da Figura	Estado Atual	Condição Inicial	Descrição	Próximo Estado	Taxa de Mudança de Estado	Tempo gasto no estado
1	Inicial	1.00	Good	;Manut.	;4,76e-003;9,30e-004;6,-	;0;396;792;1187;1583;1979-
2	Manut.	.00	Good	;Inicial	;1.00	;0;2;4;6;8;9;11;13;15;17;19-
3	Manut. Corretiva	.00	Failed	::;Inicial	;.05;.33;.60	;0;1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;1-
4		.00	Degraded	;Manut.	;1.00	;0;6e-001;1;2;2;3;3;4;5;5;6;-
5		.00	Failed	::;Manut.	;.40;.60	;0;7e-001;1;2;3;4;4;5;6;6;7;-

Diagrama de Estados de Markov



Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Turbina Kaplan

MTBF: 2750.98

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
.00	1.00000000	.00000000	.00000000	.00014154
400.00	.99933657	.14477401	.14409438	.00023573
800.00	.99933657	.29017664	.28949701	.00023573
1200.00	.99933657	.43557927	.43489964	.00023573
1600.00	.99933657	.58098190	.58030226	.00023573
2000.00	.99933657	.72638452	.72570489	.00023573
2400.00	.99933657	.87178715	.87110752	.00023573
2800.00	.99933657	1.01718978	1.01651015	.00023573
3200.00	.99933657	1.16259241	1.16191278	.00023573
3600.00	.99933657	1.30799504	1.30731541	.00023573
4000.00	.99933657	1.45339767	1.45271804	.00023573
4400.00	.99933657	1.59880030	1.59812067	.00023573
4800.00	.99933657	1.74420293	1.74352329	.00023573
5200.00	.99933657	1.88960555	1.88892592	.00023573
5600.00	.99933657	2.03500818	2.03432855	.00023573
6000.00	.99933657	2.18041081	2.17973118	.00023573
6400.00	.99933657	2.32581344	2.32513381	.00023573
6800.00	.99933657	2.47121607	2.47053644	.00023573
7200.00	.99933657	2.61661870	2.61593907	.00023573
7600.00	.99933657	2.76202133	2.76134170	.00023573
8000.00	.99933657	2.90742396	2.90674432	.00023573
8400.00	.99933657	3.05282658	3.05214695	.00023573
8800.00	.99933657	3.19822921	3.19754958	.00023573
9200.00	.99933657	3.34363184	3.34295221	.00023573
9600.00	.99933657	3.48903447	3.48835484	.00023573
10000.00	.99933657	3.63443710	3.63375747	.00023573
10400.00	.99933657	3.77983973	3.77916010	.00023573
10800.00	.99933657	3.92524236	3.92456273	.00023573
11200.00	.99933657	4.07064499	4.06996535	.00023573
11600.00	.99933657	4.21604761	4.21536798	.00023573
12000.00	.99933657	4.36145024	4.36077061	.00023573
12400.00	.99933657	4.50685287	4.50617324	.00023573
12800.00	.99933657	4.65225550	4.65157587	.00023573
13200.00	.99933657	4.79765813	4.79697850	.00023573
13600.00	.99933657	4.94306076	4.94238113	.00023573
14000.00	.99933657	5.08846339	5.08778376	.00023573
14400.00	.99933657	5.23386601	5.23318638	.00023573
14800.00	.99933657	5.37926864	5.37858901	.00023573
15200.00	.99933657	5.52467127	5.52399164	.00023573
15600.00	.99933657	5.67007390	5.66939427	.00023573
16000.00	.99933657	5.81547653	5.81479690	.00023573

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



FUNDAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS
CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Turbina Kaplan

MTBF: 2750.98

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
16400.00	.99933657	5.96087916	5.96019953	.00023573
16800.00	.99933657	6.10628179	6.10560216	.00023573
17200.00	.99933657	6.25168442	6.25100479	.00023573
17600.00	.99933657	6.39708704	6.39640741	.00023573
18000.00	.99933657	6.54248967	6.54181004	.00023573
18400.00	.99933657	6.68789230	6.68721267	.00023573
18800.00	.99933657	6.83329493	6.83261530	.00023573
19200.00	.99933657	6.97869756	6.97801793	.00023573
19600.00	.99933657	7.12410019	7.12342056	.00023573
20000.00	.99933657	7.26950282	7.26882319	.00023573

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

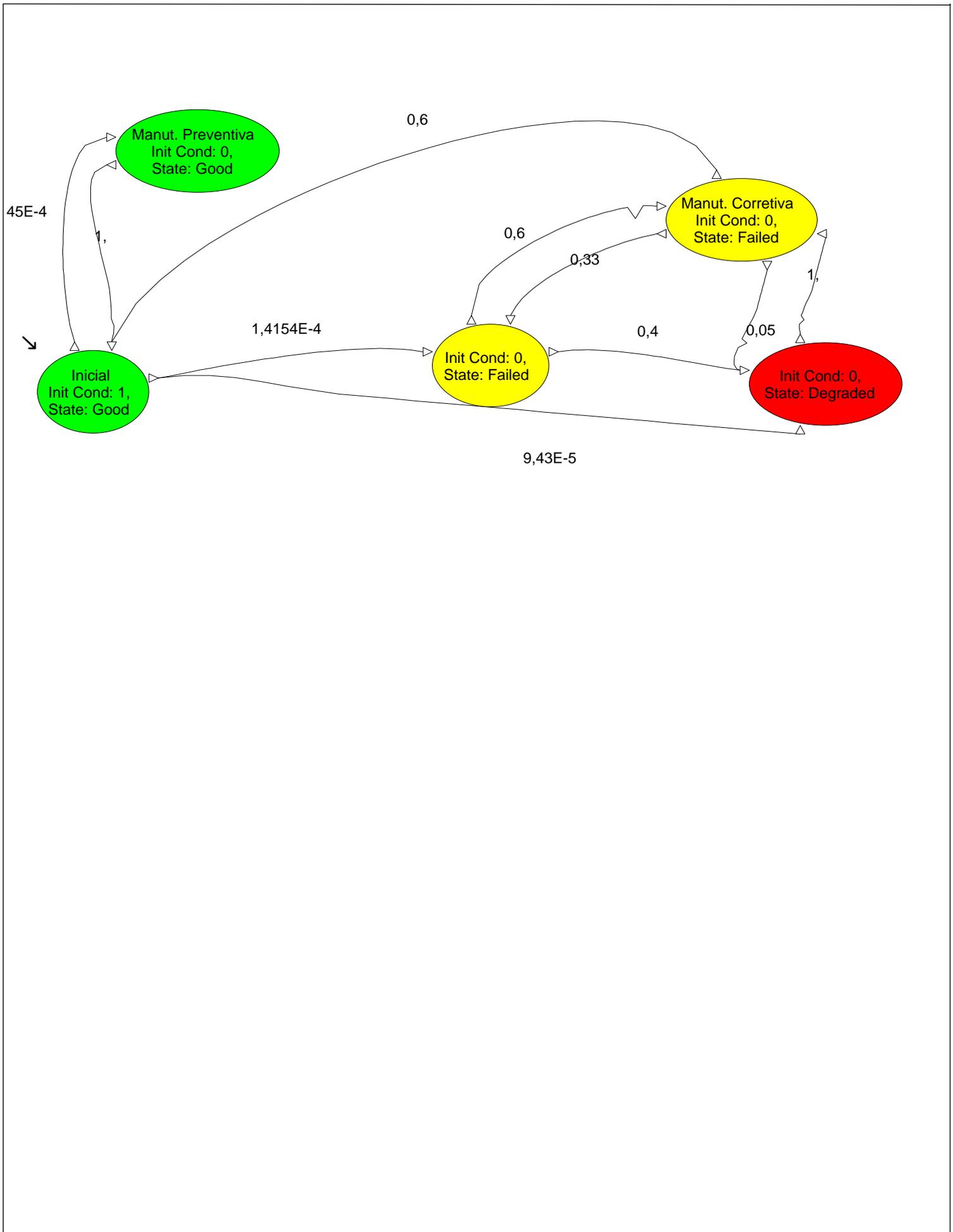


Tempo inicial .00 h
Tempo final 20000.00 h

Nome do arquivo: Balbina UGH01 Sistemadaturbin-
Configuração: Turbina Kaplan

ID da Figura	Estado Atual	Condição Inicial	Descrição	Próximo Estado	Taxa de Mudança de Estado	Tempo gasto no estado
1	Inicial	1.00	Good	;Manut.	;4,54e-004;1,42e-004;9,-	;0;399;799;1198;1598;1997-
2	Manut.	.00	Good	;Inicial	;1.00	;0;2e-001;4e-001;5e-001;7-
3	Manut. Corretiva	.00	Failed	::;Inicial	;.05;.33;.60	;0;2e-001;3e-001;5e-001;6-
4		.00	Degraded	;Manut.	;1.00	;0;9e-002;2e-001;3e-001;4-
5		.00	Failed	::;Manut.	;.40;.60	;0;1e-001;2e-001;3e-001;4-

Diagrama de Estados de Markov



Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Mancal Combinado

MTBF: 1432.64

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
.00	1.00000000	.00000000	.00000000	.00027204
400.00	.99872609	.27801058	.27670952	.00045305
800.00	.99872609	.55721547	.55591441	.00045305
1200.00	.99872609	.83642036	.83511930	.00045305
1600.00	.99872609	1.11562525	1.11432419	.00045305
2000.00	.99872609	1.39483014	1.39352908	.00045305
2400.00	.99872609	1.67403503	1.67273397	.00045305
2800.00	.99872609	1.95323992	1.95193886	.00045305
3200.00	.99872609	2.23244481	2.23114375	.00045305
3600.00	.99872609	2.51164970	2.51034864	.00045305
4000.00	.99872609	2.79085459	2.78955353	.00045305
4400.00	.99872609	3.07005948	3.06875842	.00045305
4800.00	.99872609	3.34926437	3.34796331	.00045305
5200.00	.99872609	3.62846926	3.62716820	.00045305
5600.00	.99872609	3.90767415	3.90637309	.00045305
6000.00	.99872609	4.18687904	4.18557798	.00045305
6400.00	.99872609	4.46608393	4.46478287	.00045305
6800.00	.99872609	4.74528882	4.74398776	.00045305
7200.00	.99872609	5.02449371	5.02319265	.00045305
7600.00	.99872609	5.30369860	5.30239754	.00045305
8000.00	.99872609	5.58290349	5.58160243	.00045305
8400.00	.99872609	5.86210838	5.86080732	.00045305
8800.00	.99872609	6.14131327	6.14001221	.00045305
9200.00	.99872609	6.42051816	6.41921710	.00045305
9600.00	.99872609	6.69972305	6.69842199	.00045305
10000.00	.99872609	6.97892794	6.97762689	.00045305
10400.00	.99872609	7.25813283	7.25683178	.00045305
10800.00	.99872609	7.53733772	7.53603667	.00045305
11200.00	.99872609	7.81654261	7.81524156	.00045305
11600.00	.99872609	8.09574750	8.09444645	.00045305
12000.00	.99872609	8.37495239	8.37365134	.00045305
12400.00	.99872609	8.65415728	8.65285623	.00045305
12800.00	.99872609	8.93336217	8.93206112	.00045305
13200.00	.99872609	9.21256707	9.21126601	.00045305
13600.00	.99872609	9.49177196	9.49047090	.00045305
14000.00	.99872609	9.77097685	9.76967579	.00045305
14400.00	.99872609	10.05018174	10.04888068	.00045305
14800.00	.99872609	10.32938663	10.32808557	.00045305
15200.00	.99872609	10.60859152	10.60729046	.00045305
15600.00	.99872609	10.88779641	10.88649535	.00045305
16000.00	.99872609	11.16700130	11.16570024	.00045305

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



FUNDAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS
CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Mancal Combinado

MTBF: 1432.64

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
16400.00	.99872609	11.44620619	11.44490513	.00045305
16800.00	.99872609	11.72541108	11.72411002	.00045305
17200.00	.99872609	12.00461597	12.00331491	.00045305
17600.00	.99872609	12.28382086	12.28251980	.00045305
18000.00	.99872609	12.56302575	12.56172469	.00045305
18400.00	.99872609	12.84223064	12.84092958	.00045305
18800.00	.99872609	13.12143553	13.12013447	.00045305
19200.00	.99872609	13.40064042	13.39933936	.00045305
19600.00	.99872609	13.67984531	13.67854425	.00045305
20000.00	.99872609	13.95905020	13.95774914	.00045305

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

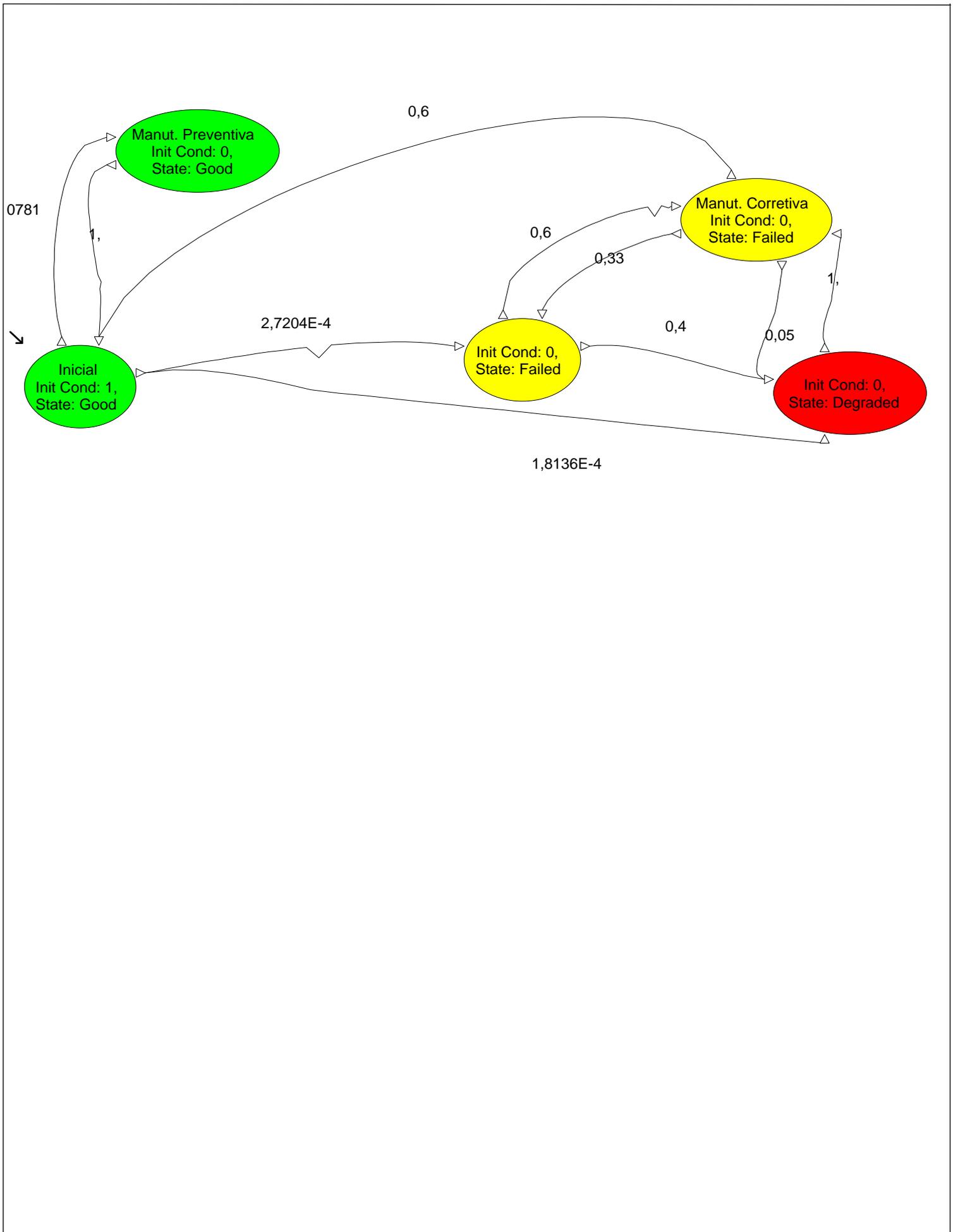


Tempo inicial .00 h
Tempo final 20000.00 h

Nome do arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbin-
Configuração: Mancal Combinado

ID da Figura	Estado Atual	Condição Inicial	Descrição	Próximo Estado	Taxa de Mudança de Estado	Tempo gasto no estado
1	Inicial	1.00	Good	;Manut.	;7,81e-004;2,72e-004;1,-	;0;399;798;1197;1596;1995-
2	Manut.	.00	Good	;Inicial	;1.00	;0;3e-001;6e-001;9e-001;1-
3	Manut. Corretiva	.00	Failed	::;Inicial	;05;.33;.60	;0;3e-001;6e-001;9e-001;1-
4		.00	Degraded	;Manut.	;1.00	;0;2e-001;3e-001;5e-001;7-
5		.00	Failed	::;Manut.	;.40;.60	;0;2e-001;4e-001;6e-001;8-

Diagrama de Estados de Markov



Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



FUNDAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS
CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Mancal Guia

MTBF: 1772.45

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
.00	1.00000000	.00000000	.00000000	.00021990
400.00	.99897032	.22471266	.22366144	.00036607
800.00	.99897032	.45038894	.44933772	.00036607
1200.00	.99897032	.67606522	.67501400	.00036607
1600.00	.99897032	.90174150	.90069028	.00036607
2000.00	.99897032	1.12741778	1.12636656	.00036607
2400.00	.99897032	1.35309406	1.35204284	.00036607
2800.00	.99897032	1.57877034	1.57771912	.00036607
3200.00	.99897032	1.80444662	1.80339540	.00036607
3600.00	.99897032	2.03012290	2.02907168	.00036607
4000.00	.99897032	2.25579918	2.25474796	.00036607
4400.00	.99897032	2.48147546	2.48042424	.00036607
4800.00	.99897032	2.70715174	2.70610052	.00036607
5200.00	.99897032	2.93282802	2.93177680	.00036607
5600.00	.99897032	3.15850430	3.15745308	.00036607
6000.00	.99897032	3.38418059	3.38312936	.00036607
6400.00	.99897032	3.60985687	3.60880564	.00036607
6800.00	.99897032	3.83553315	3.83448192	.00036607
7200.00	.99897032	4.06120943	4.06015820	.00036607
7600.00	.99897032	4.28688571	4.28583448	.00036607
8000.00	.99897032	4.51256199	4.51151076	.00036607
8400.00	.99897032	4.73823827	4.73718704	.00036607
8800.00	.99897032	4.96391455	4.96286333	.00036607
9200.00	.99897032	5.18959083	5.18853961	.00036607
9600.00	.99897032	5.41526711	5.41421589	.00036607
10000.00	.99897032	5.64094339	5.63989217	.00036607
10400.00	.99897032	5.86661967	5.86556845	.00036607
10800.00	.99897032	6.09229595	6.09124473	.00036607
11200.00	.99897032	6.31797223	6.31692101	.00036607
11600.00	.99897032	6.54364851	6.54259729	.00036607
12000.00	.99897032	6.76932479	6.76827357	.00036607
12400.00	.99897032	6.99500107	6.99394985	.00036607
12800.00	.99897032	7.22067735	7.21962613	.00036607
13200.00	.99897032	7.44635363	7.44530241	.00036607
13600.00	.99897032	7.67202991	7.67097869	.00036607
14000.00	.99897032	7.89770619	7.89665497	.00036607
14400.00	.99897032	8.12338247	8.12233125	.00036607
14800.00	.99897032	8.34905875	8.34800753	.00036607
15200.00	.99897032	8.57473504	8.57368381	.00036607
15600.00	.99897032	8.80041132	8.79936009	.00036607
16000.00	.99897032	9.02608760	9.02503637	.00036607

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



FUNDAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS
CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Mancal Guia

MTBF: 1772.45

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
16400.00	.99897032	9.25176388	9.25071265	.00036607
16800.00	.99897032	9.47744016	9.47638893	.00036607
17200.00	.99897032	9.70311644	9.70206521	.00036607
17600.00	.99897032	9.92879272	9.92774149	.00036607
18000.00	.99897032	10.15446900	10.15341777	.00036607
18400.00	.99897032	10.38014528	10.37909406	.00036607
18800.00	.99897032	10.60582156	10.60477034	.00036607
19200.00	.99897032	10.83149784	10.83044662	.00036607
19600.00	.99897032	11.05717412	11.05612290	.00036607
20000.00	.99897032	11.28285040	11.28179918	.00036607

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

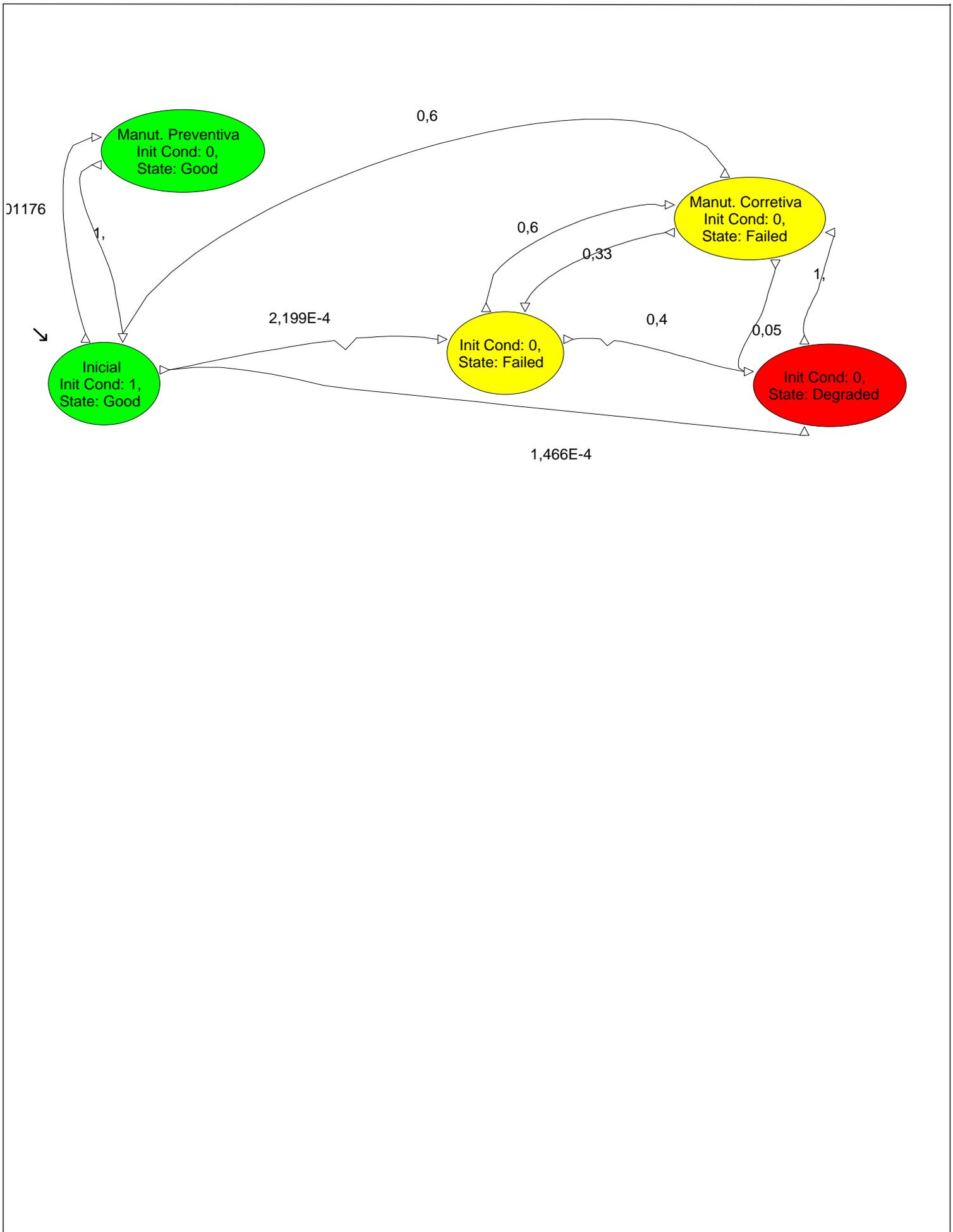


Tempo inicial .00 h
Tempo final 20000.00 h

Nome do arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbin-
Configuração: Mancal Guia

ID da Figura	Estado Atual	Condição Inicial	Descrição	Próximo Estado	Taxa de Mudança de Estado	Tempo gasto no estado
1	Inicial	1.00	Good	;Manut.	;1,18e-003;2,20e-004;1,-	;0;399;798;1197;1596;1995-
2	Manut.	.00	Good	;Inicial	;1.00	;0;5e-001;9e-001;1;2;2;3;3;-
3	Manut. Corretiva	.00	Failed	::;Inicial	;05;.33;.60	;0;2e-001;5e-001;7e-001;1-
4		.00	Degraded	;Manut.	;1.00	;0;1e-001;3e-001;4e-001;6-
5		.00	Failed	::;Manut.	;.40;.60	;0;2e-001;3e-001;5e-001;7-

Diagrama de Estados de Markov



Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Sistema de Vedação do eixo

MTBF: 2201.18

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
.00	1.00000000	.00000000	.00000000	.00017694
400.00	.99917088	.18093945	.18009145	.00029469
800.00	.99917088	.36265975	.36181175	.00029469
1200.00	.99917088	.54438005	.54353205	.00029469
1600.00	.99917088	.72610035	.72525236	.00029469
2000.00	.99917088	.90782065	.90697266	.00029469
2400.00	.99917088	1.08954095	1.08869296	.00029469
2800.00	.99917088	1.27126125	1.27041326	.00029469
3200.00	.99917088	1.45298156	1.45213356	.00029469
3600.00	.99917088	1.63470186	1.63385386	.00029469
4000.00	.99917088	1.81642216	1.81557416	.00029469
4400.00	.99917088	1.99814246	1.99729447	.00029469
4800.00	.99917088	2.17986276	2.17901477	.00029469
5200.00	.99917088	2.36158306	2.36073507	.00029469
5600.00	.99917088	2.54330336	2.54245537	.00029469
6000.00	.99917088	2.72502366	2.72417567	.00029469
6400.00	.99917088	2.90674397	2.90589597	.00029469
6800.00	.99917088	3.08846427	3.08761627	.00029469
7200.00	.99917088	3.27018457	3.26933658	.00029469
7600.00	.99917088	3.45190487	3.45105688	.00029469
8000.00	.99917088	3.63362517	3.63277718	.00029469
8400.00	.99917088	3.81534547	3.81449748	.00029469
8800.00	.99917088	3.99706577	3.99621778	.00029469
9200.00	.99917088	4.17878608	4.17793808	.00029469
9600.00	.99917088	4.36050638	4.35965838	.00029469
10000.00	.99917088	4.54222668	4.54137868	.00029469
10400.00	.99917088	4.72394698	4.72309899	.00029469
10800.00	.99917088	4.90566728	4.90481929	.00029469
11200.00	.99917088	5.08738758	5.08653959	.00029469
11600.00	.99917088	5.26910788	5.26825989	.00029469
12000.00	.99917088	5.45082818	5.44998019	.00029469
12400.00	.99917088	5.63254849	5.63170049	.00029469
12800.00	.99917088	5.81426879	5.81342079	.00029469
13200.00	.99917088	5.99598909	5.99514110	.00029469
13600.00	.99917088	6.17770939	6.17686140	.00029469
14000.00	.99917088	6.35942969	6.35858170	.00029469
14400.00	.99917088	6.54114999	6.54030200	.00029469
14800.00	.99917088	6.72287029	6.72202230	.00029469
15200.00	.99917088	6.90459060	6.90374260	.00029469
15600.00	.99917088	7.08631090	7.08546290	.00029469
16000.00	.99917088	7.26803120	7.26718321	.00029469

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



FUNDAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS
CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Sistema de Vedação do eixo

MTBF: 2201.18

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
16400.00	.99917088	7.44975150	7.44890351	.00029469
16800.00	.99917088	7.63147180	7.63062381	.00029469
17200.00	.99917088	7.81319210	7.81234411	.00029469
17600.00	.99917088	7.99491240	7.99406441	.00029469
18000.00	.99917088	8.17663271	8.17578471	.00029469
18400.00	.99917088	8.35835301	8.35750501	.00029469
18800.00	.99917088	8.54007331	8.53922531	.00029469
19200.00	.99917088	8.72179361	8.72094562	.00029469
19600.00	.99917088	8.90351391	8.90266592	.00029469
20000.00	.99917088	9.08523421	9.08438622	.00029469

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

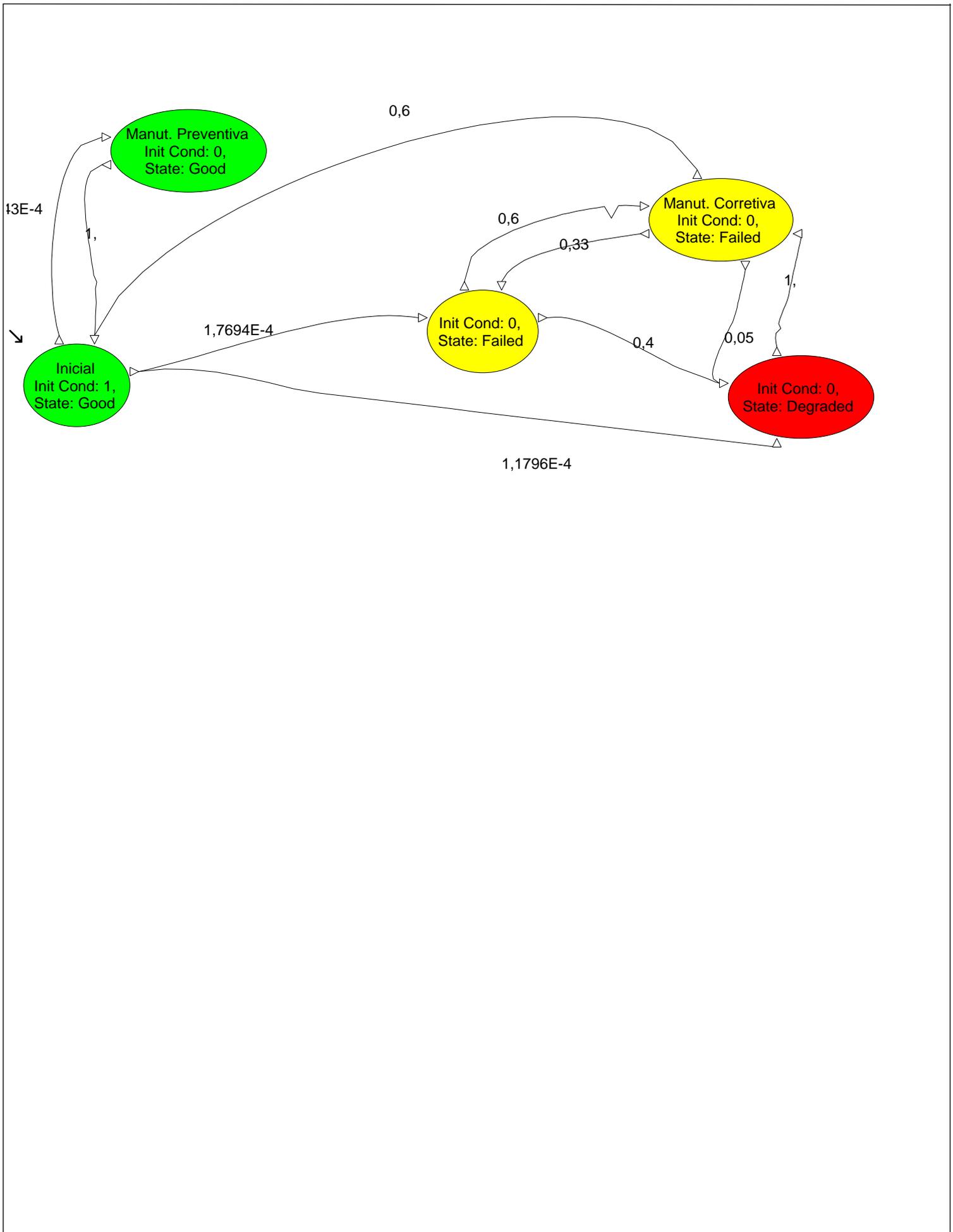


Tempo inicial .00 h
Tempo final 20000.00 h

Nome do arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbin-
Configuração: Sistema de Vedação do eixo

ID da Figura	Estado Atual	Condição Inicial	Descrição	Próximo Estado	Taxa de Mudança de Estado	Tempo gasto no estado
1	Inicial	1.00	Good	;Manut.	;7,14e-004;1,77e-004;1,-	;0;399;799;1198;1597;1996-
2	Manut.	.00	Good	;Inicial	;1.00	;0;3e-001;6e-001;9e-001;1-
3	Manut. Corretiva	.00	Failed	::;Inicial	;05;.33;.60	;0;2e-001;4e-001;6e-001;8-
4		.00	Degraded	;Manut.	;1.00	;0;1e-001;2e-001;3e-001;4-
5		.00	Failed	::;Manut.	;.40;.60	;0;1e-001;3e-001;4e-001;5-

Diagrama de Estados de Markov



Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Sistema do Distribuidor

MTBF: 3792.10

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
.00	1.00000000	.00000000	.00000000	.00010266
400.00	.99951872	.10502753	.10453453	.00017098
800.00	.99951872	.21051005	.21001706	.00017098
1200.00	.99951872	.31599258	.31549958	.00017098
1600.00	.99951872	.42147511	.42098211	.00017098
2000.00	.99951872	.52695763	.52646464	.00017098
2400.00	.99951872	.63244016	.63194716	.00017098
2800.00	.99951872	.73792269	.73742969	.00017098
3200.00	.99951872	.84340521	.84291222	.00017098
3600.00	.99951872	.94888774	.94839474	.00017098
4000.00	.99951872	1.05437027	1.05387727	.00017098
4400.00	.99951872	1.15985279	1.15935980	.00017098
4800.00	.99951872	1.26533532	1.26484232	.00017098
5200.00	.99951872	1.37081785	1.37032485	.00017098
5600.00	.99951872	1.47630037	1.47580738	.00017098
6000.00	.99951872	1.58178290	1.58128990	.00017098
6400.00	.99951872	1.68726543	1.68677243	.00017098
6800.00	.99951872	1.79274795	1.79225496	.00017098
7200.00	.99951872	1.89823048	1.89773748	.00017098
7600.00	.99951872	2.00371300	2.00322001	.00017098
8000.00	.99951872	2.10919553	2.10870253	.00017098
8400.00	.99951872	2.21467806	2.21418506	.00017098
8800.00	.99951872	2.32016058	2.31966759	.00017098
9200.00	.99951872	2.42564311	2.42515011	.00017098
9600.00	.99951872	2.53112564	2.53063264	.00017098
10000.00	.99951872	2.63660816	2.63611517	.00017098
10400.00	.99951872	2.74209069	2.74159769	.00017098
10800.00	.99951872	2.84757322	2.84708022	.00017098
11200.00	.99951872	2.95305574	2.95256275	.00017098
11600.00	.99951872	3.05853827	3.05804527	.00017098
12000.00	.99951872	3.16402080	3.16352780	.00017098
12400.00	.99951872	3.26950332	3.26901033	.00017098
12800.00	.99951872	3.37498585	3.37449285	.00017098
13200.00	.99951872	3.48046838	3.47997538	.00017098
13600.00	.99951872	3.58595090	3.58545790	.00017098
14000.00	.99951872	3.69143343	3.69094043	.00017098
14400.00	.99951872	3.79691595	3.79642296	.00017098
14800.00	.99951872	3.90239848	3.90190548	.00017098
15200.00	.99951872	4.00788101	4.00738801	.00017098
15600.00	.99951872	4.11336353	4.11287054	.00017098
16000.00	.99951872	4.21884606	4.21835306	.00017098

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Sistema do Distribuidor

MTBF: 3792.10

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
16400.00	.99951872	4.32432859	4.32383559	.00017098
16800.00	.99951872	4.42981111	4.42931812	.00017098
17200.00	.99951872	4.53529364	4.53480064	.00017098
17600.00	.99951872	4.64077617	4.64028317	.00017098
18000.00	.99951872	4.74625869	4.74576570	.00017098
18400.00	.99951872	4.85174122	4.85124822	.00017098
18800.00	.99951872	4.95722375	4.95673075	.00017098
19200.00	.99951872	5.06270627	5.06221328	.00017098
19600.00	.99951872	5.16818880	5.16769580	.00017098
20000.00	.99951872	5.27367132	5.27317833	.00017098

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

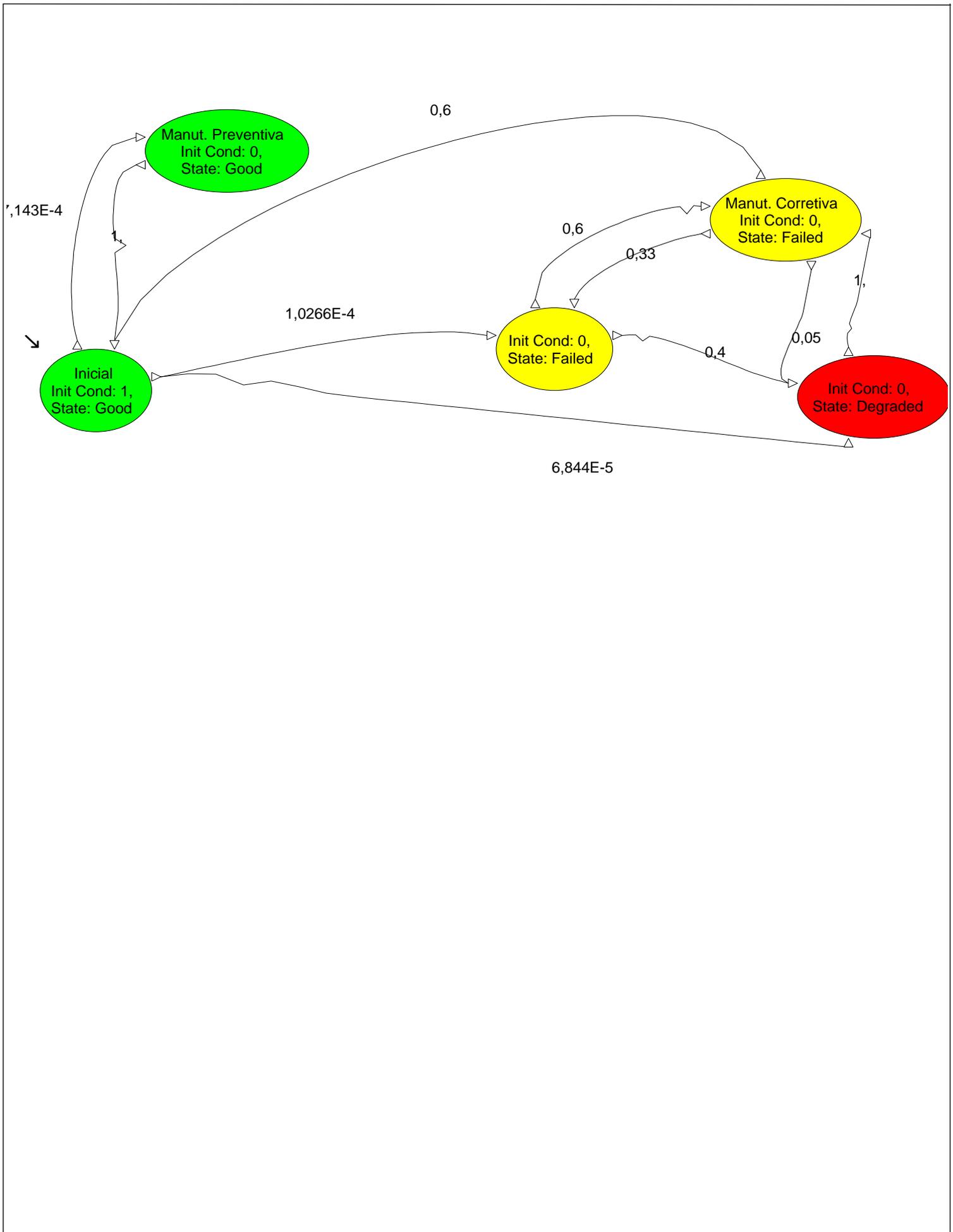


Tempo inicial .00 h
Tempo final 20000.00 h

Nome do arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbin-
Configuração: Sistema do Distribuidor

ID da Figura	Estado Atual	Condição Inicial	Descrição	Próximo Estado	Taxa de Mudança de Estado	Tempo gasto no estado
1	Inicial	1.00	Good	;Manut.	;7,14e-004;1,03e-004;6,-	;0;399;799;1198;1598;1997-
2	Manut.	.00	Good	;Inicial	;1.00	;0;3e-001;6e-001;9e-001;1-
3	Manut. Corretiva	.00	Failed	::;Inicial	;.05;.33;.60	;0;1e-001;2e-001;3e-001;5-
4		.00	Degraded	;Manut.	;1.00	;0;6e-002;1e-001;2e-001;3-
5		.00	Failed	::;Manut.	;.40;.60	;0;8e-002;2e-001;2e-001;3-

Diagrama de Estados de Markov



Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Sistema de Estabilização

MTBF: 22726.19

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
.00	1.00000000	.00000000	.00000000	.00001711
400.00	.99991969	.01752206	.01743909	.00002851
800.00	.99991969	.03512290	.03503993	.00002851
1200.00	.99991969	.05272374	.05264077	.00002851
1600.00	.99991969	.07032458	.07024161	.00002851
2000.00	.99991969	.08792542	.08784245	.00002851
2400.00	.99991969	.10552626	.10544329	.00002851
2800.00	.99991969	.12312710	.12304413	.00002851
3200.00	.99991969	.14072794	.14064497	.00002851
3600.00	.99991969	.15832878	.15824581	.00002851
4000.00	.99991969	.17592962	.17584665	.00002851
4400.00	.99991969	.19353046	.19344749	.00002851
4800.00	.99991969	.21113130	.21104833	.00002851
5200.00	.99991969	.22873214	.22864917	.00002851
5600.00	.99991969	.24633298	.24625001	.00002851
6000.00	.99991969	.26393382	.26385085	.00002851
6400.00	.99991969	.28153466	.28145169	.00002851
6800.00	.99991969	.29913550	.29905253	.00002851
7200.00	.99991969	.31673634	.31665337	.00002851
7600.00	.99991969	.33433718	.33425421	.00002851
8000.00	.99991969	.35193802	.35185505	.00002851
8400.00	.99991969	.36953886	.36945589	.00002851
8800.00	.99991969	.38713970	.38705673	.00002851
9200.00	.99991969	.40474054	.40465757	.00002851
9600.00	.99991969	.42234138	.42225841	.00002851
10000.00	.99991969	.43994222	.43985925	.00002851
10400.00	.99991969	.45754306	.45746009	.00002851
10800.00	.99991969	.47514390	.47506093	.00002851
11200.00	.99991969	.49274474	.49266177	.00002851
11600.00	.99991969	.51034558	.51026262	.00002851
12000.00	.99991969	.52794642	.52786346	.00002851
12400.00	.99991969	.54554726	.54546430	.00002851
12800.00	.99991969	.56314811	.56306514	.00002851
13200.00	.99991969	.58074895	.58066598	.00002851
13600.00	.99991969	.59834979	.59826682	.00002851
14000.00	.99991969	.61595063	.61586766	.00002851
14400.00	.99991969	.63355147	.63346850	.00002851
14800.00	.99991969	.65115231	.65106934	.00002851
15200.00	.99991969	.66875315	.66867018	.00002851
15600.00	.99991969	.68635399	.68627102	.00002851
16000.00	.99991969	.70395483	.70387186	.00002851

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA



FUNDAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS
CIENTÍFICOS E TECNOLÓGICOS

Nome do Arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbina.RPJ

Configuração: Sistema de Estabilização

MTBF: 22726.19

MTTF:

MTTR:

Tempo	Disponibilidade	Número de falhas	Número de reparos	Frequência de Falhas
16400.00	.99991969	.72155567	.72147270	.00002851
16800.00	.99991969	.73915651	.73907354	.00002851
17200.00	.99991969	.75675735	.75667438	.00002851
17600.00	.99991969	.77435819	.77427522	.00002851
18000.00	.99991969	.79195903	.79187606	.00002851
18400.00	.99991969	.80955987	.80947690	.00002851
18800.00	.99991969	.82716071	.82707774	.00002851
19200.00	.99991969	.84476155	.84467858	.00002851
19600.00	.99991969	.86236239	.86227942	.00002851
20000.00	.99991969	.87996323	.87988026	.00002851

Resultados dos cálculos baseados em cadeia de Markov



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

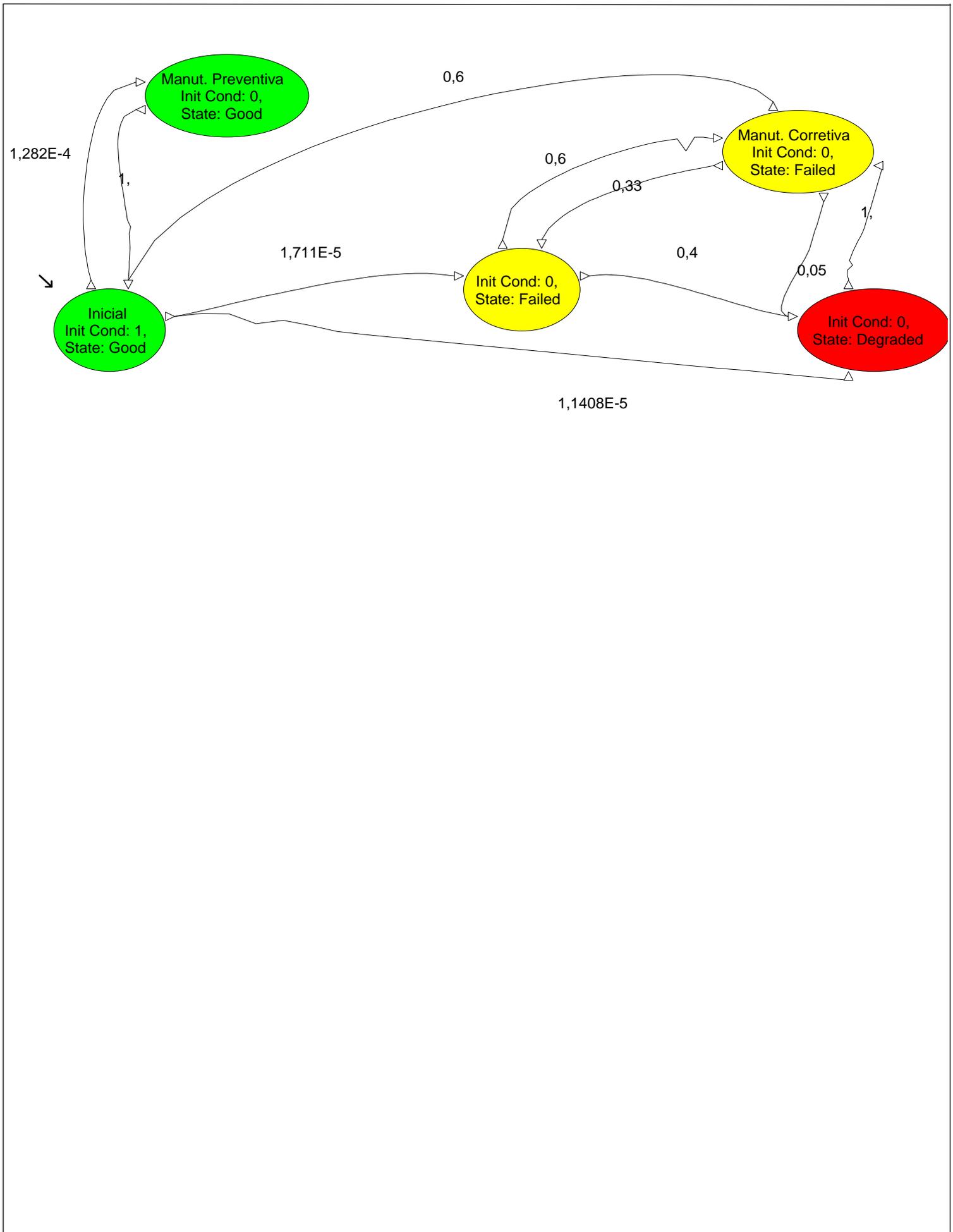


Tempo inicial .00 h
Tempo final 20000.00 h

Nome do arquivo: BalbinaUGH01Sistemadaturbin-
Configuração: Sistema de Estabilização

ID da Figura	Estado Atual	Condição Inicial	Descrição	Próximo Estado	Taxa de Mudança de Estado	Tempo gasto no estado
5	Inicial	1.00	Good	;Manut.	;1,28e-004;1,71e-005;1,-	;0;400;800;1200;1600;2000-
6	Manut.	.00	Good	;Inicial	;1.00	;0;5e-002;1e-001;2e-001;2-
7	Manut. Corretiva	.00	Failed	::;Inicial	;.05;.33;.60	;0;2e-002;4e-002;6e-002;8-
8		.00	Degraded	;Manut.	;1.00	;0;1e-002;2e-002;3e-002;4-
9		.00	Failed	::;Manut.	;.40;.60	;0;1e-002;3e-002;4e-002;5-

Diagrama de Estados de Markov



**ANEXO IX - PRIMEIRO RELATÓRIO DE
PRODUTOS, GERADO DE FORMA
PRELIMINAR: MAIO/JUNHO DE 2006**



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:

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

RELATÓRIO DE PRODUTOS GERADOS: ETAPA 1 e ETAPA 2 - Ano 1 & ETAPA 4 – Ano2

**ETAPA 1 – ANO 1: ESPECIFICAÇÃO DO SISTEMA INTELIGENTE DE MANUTENÇÃO
(SIMPREGAL: METODOLOGIA DO SISTEMA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA DA
USINA DE BALBINA BASEADO NOS DADOS MONITORADOS DO SISTEMA DE
SUPERVISÃO E CONTROLE SMAR E ROCKWEL)**

**ETAPA 2 – ANO2: BASE DE CASOS DE CENÁRIOS DE CONTINGÊNCIA (PRODUTO
PRELIMINAR)**

**ETAPA 4 – ANO2: TREINAMENTO DE RECURSOS HUMANOS ASSOCIADO À
MONTAGEM PLANTA DIDÁTICA FIELDBUS SMAR**



1. INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta a metodologia desenvolvida no contexto do projeto Modernização da Área de Automação de Processos das Usinas Hidroelétricas de Balbina e Samuel associada ao produto das etapas 1 e 2 (ano 1); onde o objetivo é o desenvolvimento da metodologia do sistema inteligente de manutenção preditiva da usina de Balbina. Esta metodologia é denominada de SIMPREBAL (Sistema Inteligente de Manutenção Preditiva de Balbina), bem como apresenta a montagem e instalação da Planta Didática FieldBus da Smar, associado à etapa 4 do ano 2.

A metodologia SIMPREBAL é baseada em conceitos de manutenção centrada em confiabilidade, sendo utilizada para analisar os modos e efeitos de falhas das Unidades Geradoras Hidráulicas de Balbina a partir das grandezas monitoradas pelo sistema de supervisão e controle da Usina, focando a sua análise no sistema da turbina. O Conjunto Turbina Gerador tem as seguintes especificações:

- ✓ Turbinas: Tipo Kaplan; Número de Unidades 5; Capacidade Instalada é 250MW e Queda Líquida de 21,85m
- ✓ Geradores: Tipo Umbrella, Número de Unidades 5; Capacidade Nominal é 55,5MVA e Tensão Nominal é 13,8kV

Atualmente a Usina de Balbina está em processo de modernização sendo implantado solução de monitoração e supervisão dos seus sistemas baseado no uso de tecnologias FieldBus Foundation e DeviceNet, sendo instaladas as soluções das empresas Smar e Rockwell Automation.

O objetivo principal deste relatório é apresentar a metodologia concebida para o desenvolvimento do sistema de manutenção preditiva da Usina de Balbina baseado nos dados monitorados do sistema de supervisão e controle Smar e Rockwell associadas as grandezas monitoradas das unidades geradoras hidráulicas, no caso focado no sistema da turbina.

O produto gerado pela ETAPA 1 – ANO 1 está associado a metodologia concebida para desenvolvimento a especificação do sistema inteligente de manutenção, que no caso é baseada em conceitos associados a manutenção centrada em confiabilidade.

O produto gerado para a ETAPA 2 – ANO 1, apresentado de forma parcial neste relatório, está associado a construção de base de casos de cenários de contingência associadas a manuteção. Os dados foram levantados a partir do SAP-R3 e do Info_opr, relativos às Usinas de Balbina e Samuel. A partir destes dados foi aplicada a metodologia de manutenção baseada em confiabilidade, gerando o FMEA, árvore de falhas, diagrama de Markov e diagramas de blocos de uma Unidade Geradora Hidráulica de Balbina.

O produto gerado para a ETAPA 4 – ANO 2 está associado a montagem da planta didática da SMAR e treinamento de recursos humanos (Treinamento de recursos Humanos). A planta já está instalada no Graco e o primeiro treinamento ocorrerá de 19 a 23 de Junho de 2005, com a participação de técnicos da Eletronorte.

A metodologia proposta é genérica, podendo ser utilizada também no sistema do Gerador. Como o projeto focou no sistema Turbina, este será analisado exaustivamente, tendo por objetivo levantar o FMEA associado aos componentes, equipamentos e sistemas que o constituem. Como apoio à metodologia será utilizado duas ferramentas computacionais, o softwares Relex e Reliasoft, onde conseguiu-se licenças educacionais para uso neste projeto de pesquisa.

O projeto tem por objetivo conceber uma metodologia denominada de SIMPREBAL para coleta e análise de dados monitorados nas unidades geradoras da usina de Balbina e a implementação de um sistema computacional com vistas à produção de diagnósticos de estados de funcionamento e de dados que auxiliem a tomada de decisão quanto a ações operacionais e de manutenção das máquinas visando o

aumento da disponibilidade dos equipamentos. Sob o escopo delineado na frase anterior podem-se listar os seguintes objetivos principais:

- ✓ Desenvolver metodologia de coleta e armazenamento dos dados disponibilizados pela rede Fieldbus;
- ✓ Desenvolver metodologia de redução e análise dos dados utilizando técnicas estatísticas;
- ✓ Desenvolver metodologia de interpretação dos dados utilizando técnicas de análise de correlação, de fusão de sensores e de inteligência artificial;
- ✓ Desenvolver uma base de dados relacional contendo informações históricas e presentes referentes aos estados de funcionamento das unidades geradoras da Usina de Balbina;
- ✓ Desenvolver modelos sistêmicos que mapeiem as relações entre variáveis monitoradas e estados observados nas unidades geradoras;
- ✓ Integrar as metodologias desenvolvidas em um sistema especialista de coleta e interpretação de dados, capaz de produzir diagnósticos que auxiliem a tomada de decisões operacionais e de manutenção preditiva e pró-ativa;
- ✓ Implementação do software a partir da metodologia proposta.
- ✓ Montagem de uma planta didática da Smar para possibilitar treinamento presencial e a distância (laboratório remoto), bem como possibilitar o desenvolvimento do software para o sistema inteligente de manutenção em laboratório e ambiente controlado (*Objetivo já concluído, antecipando a geração do produto em sete meses*).
- ✓ Treinamento e reciclagem de recursos humanos.

Serão utilizados dados históricos disponibilizados pelos sistemas computacionais Info_opr (Balbina e Samuel) e SAP/R3 associados aos registros de manutenção da Usina de Samuel. Os dados de manutenção da Usina de Balbina não estão disponíveis. Devido a este fato serão utilizados os dados de Samuel, que podem ser acessados via SAP/R3, para realizar a análise de modos e efeitos de falhas (FMEA), associado a metodologia concebida.

O capítulo dois apresenta os conceitos associados à Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) e a metodologia utilizada no projeto para o desenvolvimento do sistema de manutenção preditiva (Produto ETAPA 1 ANO1). O capítulo três apresenta a especificação da instrumentação utilizada em Balbina. O capítulo quatro detalhe os programas de manutenção planejada para o sistema da turbina e para medição de vibração utilizada pela Eletronorte. O capítulo cinco apresenta a árvore de falhas da unidade geradora hidráulica de Samuel, semelhante à Balbina. O capítulo oito apresenta as CA's para a Usina de Samuel de 2000 a 2005. O capítulo sete apresenta as taxas de falhas de Balbina e Samuel levantadas até 2006. O capítulo oito apresenta aspectos relativos à informatização da manutenção, em especial a utilização de ferramentas computacionais para apoiar a aplicação de MCC. O capítulo nove apresenta o FMEA em desenvolvimento para a UGH de Balbina, baseada nos dados de Samuel (Produto ETAPA 2 ANO 1). O Capítulo dez apresenta a montagem da planta didática III Fieldbus da Smar, sendo esta etapa associada a um produto finalizado previsto como etapa 4 ano 2 no cronograma de projeto (Produto ETAPA 4 ANO2).

2. MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

O campo da gerência da manutenção é na atualidade um dos mais dinâmicos em mudanças. Dunn (2001), em seu trabalho “Reinventing the Maintenance Process”, analisa esta dinâmica sob a ótica proposta por Moubray (1997, p.02-06) em Reability-Centered Maintenance. Descreve as mudanças como sendo em três áreas principais:

- ✓ crescimento das expectativas de manutenção,
- ✓ melhor entendimento de como os equipamentos falham,
- ✓ uma escala sempre crescente de técnicas de gerenciamento de manutenção, e considera, também estas mudanças acontecendo em três “gerações” como delineadas.

A Figura 2.1 permite verificar o aumento na demanda pelos sistemas de manutenção com relação às exigências organizacionais. Da primeira à terceira geração dos SM, substituiu-se o antigo conceito de substituição após avaria (anos 40-50) por um conjunto de requisitos que incluem desde a disponibilidade e confiabilidade de maquinário ao cuidado com o impacto no meio-ambiente (aos 80-2000). As escalas crescentes de exigência também impactam em maior demanda pelo conhecimento na atividade de manutenção.

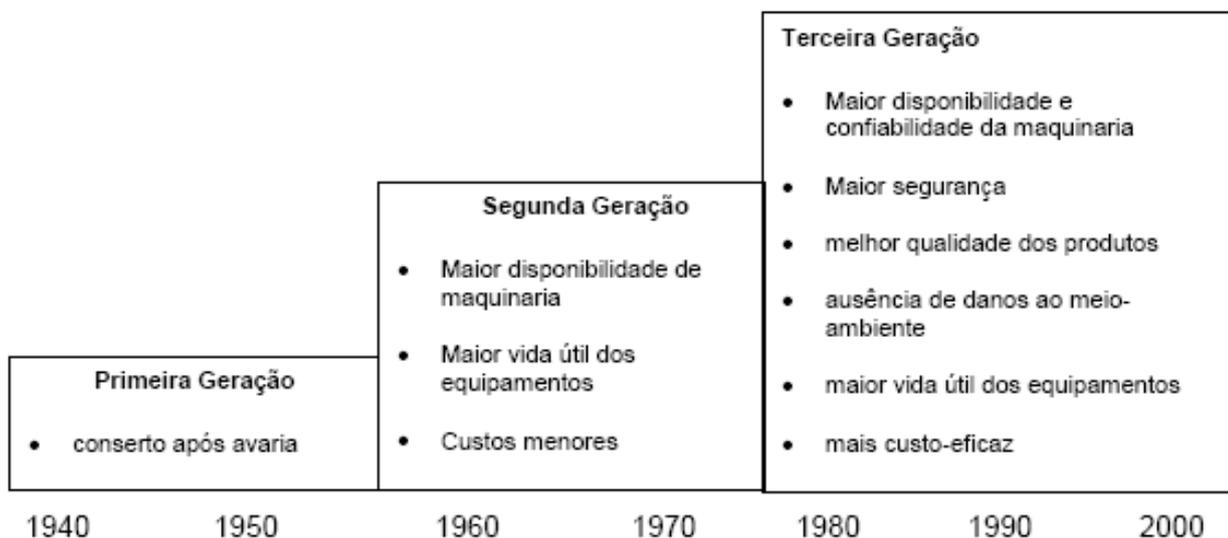


Figura 2.1 - Crescimento das expectativas de manutenção (Moubary, 1997).

A Figura 2.2 representa este fato, com o aumento no número de indicadores e análise referentes à atividade de manutenção. Mostra, também, conforme análise de Moubray (1997, p.04), como a concepção mais antiga de falha era simplesmente de que os itens mais velhos, tinham mais probabilidade de falhar. Uma crescente conscientização de “mortalidade infantil” levou a crença generalizada da Segunda Geração na curva “da banheira”. Entretanto, a pesquisa da Terceira Geração revelou que não apenas um ou dois, porém seis padrões de falha ocorrem realmente na prática.

II – Melhor entendimento de como os equipamentos falham

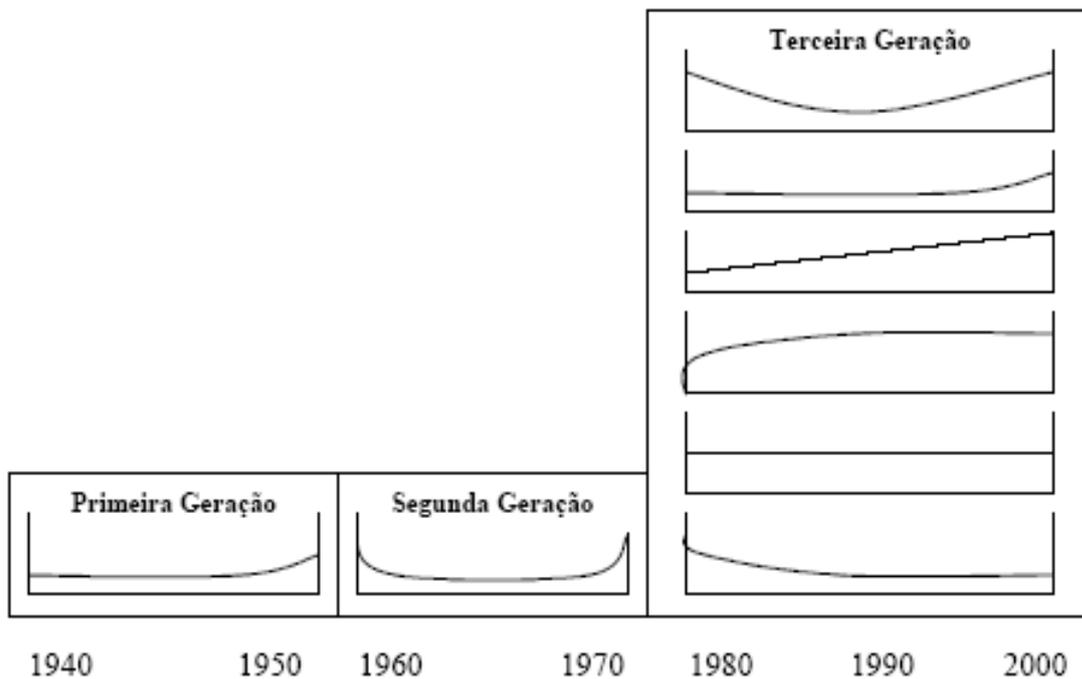


Figura 2.2 – Mudanças de visão na falha do equipamento (Moubray, 1977).

A Figura 2.3 destaca o impacto das demandas nas políticas de manutenção. A terceira geração inclui monitoração de condições, análise de risco, emprego intensivo da tecnologia da informação e de profissionais versáteis, todos fatores de impacto ao emprego de conhecimento intensivo. A figura 2.4 apresenta a evolução da manutenção até os dias atuais.



Figura 2.3 – Mudança das técnicas de manutenção (Moubray, 1997).

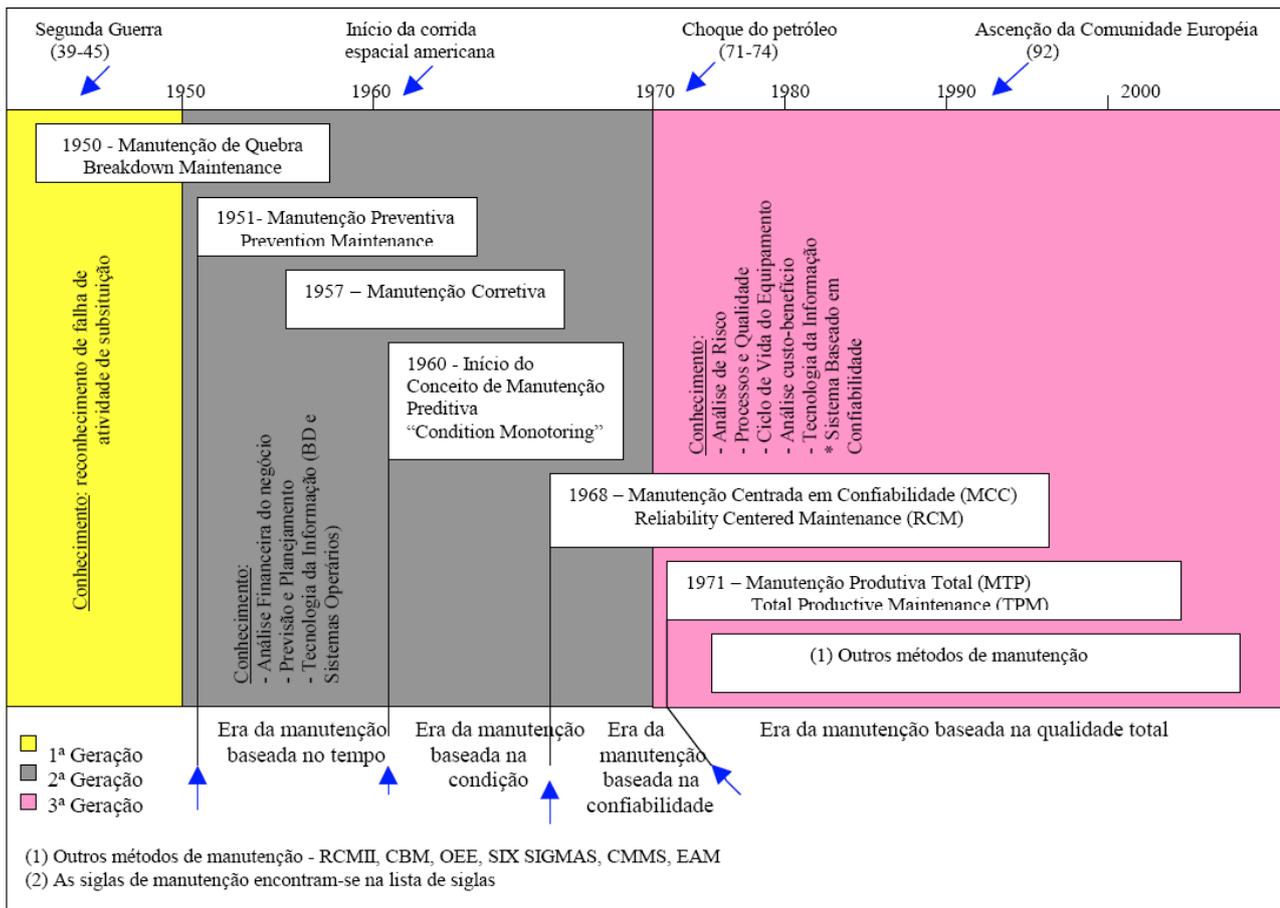


Figura 2.4 – Evolução da manutenção.

2.1 FORMAS DE MANUTENÇÃO

Um grande número de variações na terminologia sobre as formas de manutenção tem surgido na literatura corrente. Mesmo esta diversidade de denominações não traz maiores dificuldades para a comunidade da manutenção nos diversos segmentos industriais, seja na área elétrica, petroquímica, indústrias de transformação, dentre outras. Normalmente, estas áreas mantêm entre si razoável padronização e a terminologia adotada, não apresentando diferenças conceituais relevantes.

Segundo GCOI-SCM (1998), apresentam-se as seguintes definições básicas para a sistemática de manutenção dos equipamentos, indicadas na tabela 1.

Tabela 2.1: Diferenciação entre Falha e Defeito.

Função Requerida	Conjunto de condições de funcionamento para o qual o equipamento foi projetado, fabricado ou instalado.
Falha	É toda alteração física ou química no estado de funcionamento do equipamento que impede o desempenho de sua função requerida e o leva invariavelmente à indisponibilidade.
Defeito	É toda alteração física ou química no estado de funcionamento de um equipamento que não o impede de desempenhar sua função requerida, podendo o mesmo operar com restrições.

Conforme o Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade (Branco Filho, 1996, p.43), “uma falha é o término da capacidade de um equipamento desempenhar a função requerida e um defeito não torna o equipamento indisponível”. Cabe comentar que, embora a falha e o defeito sejam também encontrados na literatura como sinônimos, esses termos são considerados de modo diferenciado pelas empresas do Setor Elétrico Brasileiro, como Itaipu, Chesf, Cemig, Eletronorte, Copel, dentre outras. Observa-se que também a norma NBR-5462 (1994), já citada, apresenta essa diferenciação. Neste sentido, caracteriza-se a manutenção corretiva quando se apresentam situações de estado de falha e, manutenção preventiva, quando se apresentam situações de defeito.

A manutenção corretiva (figura 2.5) pode ser entendida como todo trabalho de manutenção realizado após a falha do equipamento, visando restabelecê-lo à sua função requerida, eliminando o estado de falha. Associado a essa concepção, a manutenção corretiva pode ser subdividida em dois tipos: paliativa, que compreende as intervenções corretivas executadas provisoriamente, a fim de colocar o equipamento em funcionamento, para, a seguir, executar o reparo definitivo); e, curativa, que compreende as intervenções típicas de reparo em caráter definitivo, a fim de restabelecer o equipamento à fruição requerida.

A manutenção preventiva (figura 2.5), por sua vez, é definida para a situação em que não se caracterizou um estado de falha. Sendo assim, essa forma de manutenção é aquela realizada em um equipamento com a intenção de reduzir a probabilidade de ocorrência da falha. É uma intervenção de manutenção prevista, preparada ou programada antes da data provável do aparecimento da falha.

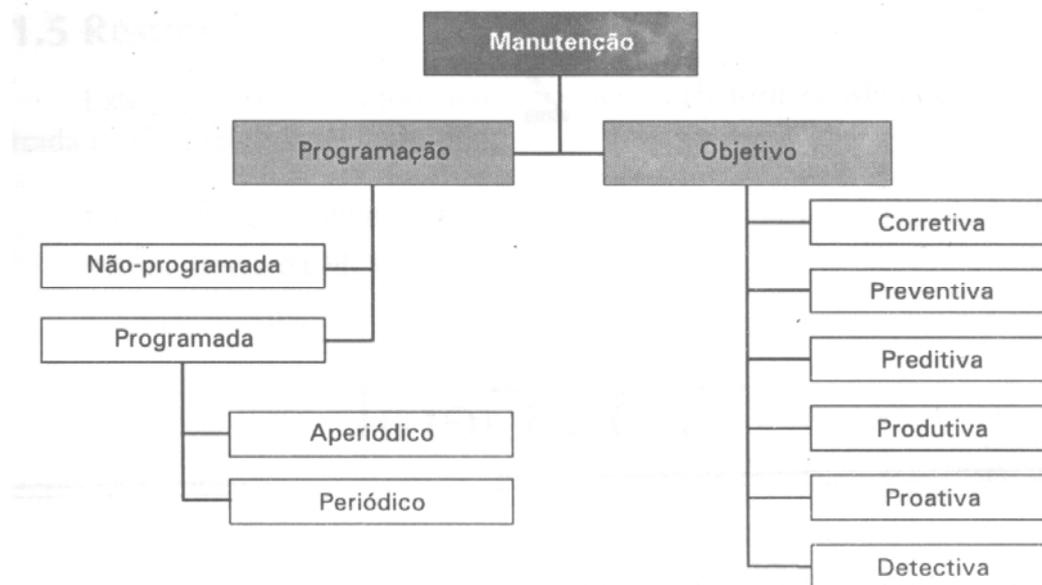


Figura 2.5 - Classificação da manutenção (Siqueira, 2005).

A atividade de manutenção preventiva sistemática é aplicada quando a lei de degradação é conhecida. Essa lei diz respeito ao conhecimento sobre a evolução do desgaste do equipamento, à medida em que é utilizado. Esse processo ocorre de modo mais acelerado se o equipamento for operado inadequadamente.

Por outro lado, caso a lei de degradação seja desconhecida, a manutenção preventiva definida na condição e no tempo, se subdivide respectivamente em preditiva ou por acompanhamento. A manutenção preventiva preditiva ocorre quando se aplica supervisão contínua dos parâmetros de controle. Para Nepomuceno (1989, p.41), “manutenção preditiva ou monitoramento sob condição é a manutenção executada no momento adequado e antes que se processe o rompimento ou falha do componente”. Já a manutenção preventiva ‘por acompanhamento’ é definida quando se utilizam inspeções ou rondas periódicas.

Na literatura técnica, também encontra-se a denominação de técnicas preditivas e não de manutenção preditiva, por se entender que esta forma de atuação estaria englobada pela manutenção preventiva. Este é

o caso das empresas do Setor Elétrico Brasileiro, conforme GCOI-SCM (1998), no seu Manual do Usuário do Sistema Estatístico da Manutenção. Esta forma de manutenção não apenas seria aplicada em situações de supervisão contínua, mas também no acompanhamento da performance do equipamento em operação (medições de vibração, temperatura, e outros), e mesmo para o acompanhamento dos parâmetros de controle obtidos a intervalos regulares (análise físico-química de óleo isolante e lubrificante, por exemplo).

Geralmente, a manutenção corretiva é aplicada como complemento residual à manutenção preventiva, pois qualquer que seja a natureza ou nível de prevenção executado, sempre existirá um grupo de falhas residuais que necessariamente irão exigir uma ação corretiva. Esta avaliação também deve considerar o aspecto de custo envolvido, quando reparar corretivamente pode ser mais econômico que intervenções do tipo preventivas.

Para melhor ilustrar as formas de manutenção Monchy (1989,p.35) apresenta um diagrama, estruturado como um fluxo, onde com base em cada situação se define a forma de manutenção a ser adotada, conforme a Figura 2.6.

Outras variações de denominação existem, mas todas elas de alguma maneira estão associadas ao que já foi apresentado. As mais freqüentes, encontradas nos dicionários de termos técnicos são, para manutenção corretiva – manutenção forçada, manutenção por falha, manutenção por quebra e manutenção de melhoria. Para manutenção preventiva – manutenção planejada e manutenção programada, e, para a manutenção preditiva, além da variação para técnicas preditivas, como já comentado, tem-se manutenção preventiva não sistemática ou manutenção preventiva por estado.

Sobre este último conceito, Moubrey (2000) propõe a definição de uma outra forma de manutenção, denominada manutenção detectiva. Esta forma de manutenção compreende verificações funcionais ou tarefas de busca de falhas, que são atividades desenvolvidas para checar ou testar se algum equipamento ainda funciona. Todavia, considerando os conceitos já apresentados, esta atividade poderia ser classificada como manutenção preventiva.

Com menor ocorrência, são encontradas: manutenção por oportunidade (tarefa de manutenção preventiva, na maioria das vezes, aproveitando a disponibilidade operativa do equipamento), e manutenção em funcionamento ou manutenção permitindo o funcionamento (tarefa de manutenção preventiva sem indisponibilidade do equipamento).

Para definir a melhor estratégia a ser adotada em um plano de manutenção, considerando-se as várias formas de manutenção, é necessário desenvolver uma análise de custo-benefício. Em vista disso, utiliza-se concomitantemente, em uma instalação, as diferentes formas de manutenção, avaliando a função desempenhada pelo equipamento, sua importância no contexto operacional e as conseqüências das possíveis falhas, que o equipamento possa gerar ao falhar.

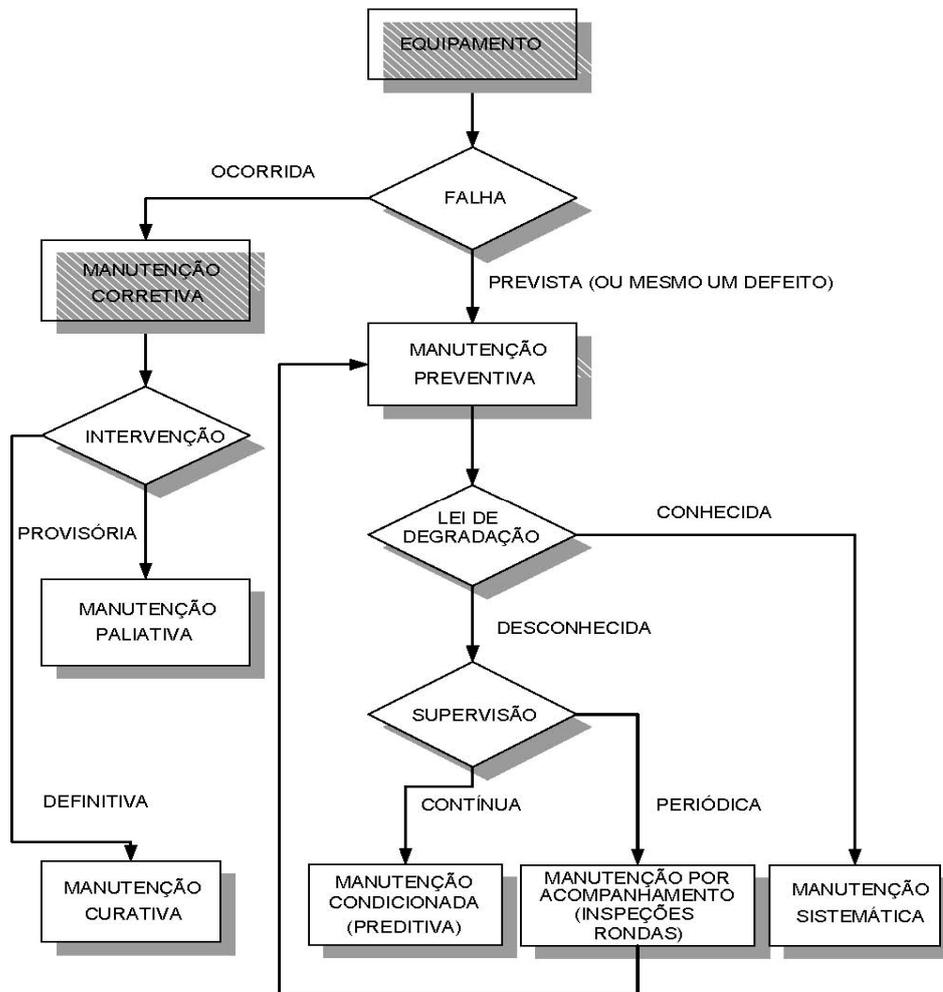


Figura 2.6 - Formas de Manutenção - Fonte: adaptado de Monchy (1989).

De maneira mais abrangente, como uma filosofia de manutenção, também pode ser citada a Manutenção Produtiva Total (em inglês é Total Productive Maintenance -TPM), desenvolvida no Japão. Conforme Nakajima (1989), primordialmente, esta filosofia busca maximizar a eficiência do equipamento através do envolvimento e participação de gerentes, de profissionais de manutenção e operação, e de clientes, utilizando-se das formas de manutenção, já anteriormente citadas. A este respeito, Moore e Rath (2001) enfatizam que, devido a sua origem japonesa, esta metodologia estabelece um alto valor para a equipe de trabalho, com base no consenso e melhoria contínua. Esta filosofia de manutenção é adotada pela Eletronorte.

Novas metodologias têm surgido, mais recentemente, com o intuito de otimizar os processos de execução da manutenção e da performance operacional dos equipamentos. Uma delas é a Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC. Este método, apresentado no item a seguir, foi desenvolvida inicialmente para a área aeronáutica, e migrou mais tarde para outros segmentos industriais, conforme comentam Dias e Santos (1999).

2.2 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – MCC

2.2.1 ORIGEM E CONCEITOS BÁSICOS DA MCC

No final dos anos 50, a indústria de aviação comercial americana estava particularmente preocupada com a falta de uma metodologia para otimizar sua manutenção preventiva, conforme afirma Moss (1985). Com relação a essa questão, Netherton (2001) comenta que, naquela época, a aviação comercial ao redor do mundo sofria mais de 60 acidentes por milhão de decolagem, sendo dois terços desses acidentes causados

por falha de equipamento. Esta estatística representaria, para os dias de hoje, dois acidentes de avião de 100 assentos ou mais, diariamente.

Moubray (2000), por exemplo, observa que, em 1960, a Federal Aviation Agency (FAA) constituiu uma força tarefa, denominada Maintenance Steering Group (MSG), com a participação das companhias aéreas americanas, para estudar os planos de manutenção até então utilizados. O primeiro resultado foi alcançado em 1965, e posteriormente apresentado em 1967, durante o Encontro Internacional sobre Operação e Projetos de Aeronaves Comerciais. O documento elaborado recebeu a denominação de MSG-1, cujo conteúdo foi utilizado na manutenção do Boeing 747.

Cerca de dois anos mais tarde, uma outra versão foi elaborada, com a denominação de MSG-2, e aplicada no desenvolvimento dos programas de manutenção dos aviões Lockheed 1011, S-3 e P-3, Douglas DC 10 e McDonnell F4J. Cabe comentar também que, com base nesses estudos, a indústria europeia emitiu documento similar aplicado nos programas de manutenção do Airbus A300 e do Concorde.

A partir dos documentos MSG-1 e MSG-2, Nowlan e Heap (1978) desenvolveram um outro estudo mais detalhado, encomendado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, para a determinação de normas e procedimentos de manutenção, com base numa ampla análise estatística. Os autores denominaram o documento de Reliability Centered Maintenance (RCM), que foi traduzido para Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Este documento, conhecido como MSG-3, tornou-se o marco para a manutenção da indústria aeronáutica. Por exemplo, para se ter autorização para voar no espaço aéreo americano, os projetos devem ter seu plano de manutenção embasado nesse documento.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade é conhecida na Europa como Otimização da Manutenção pela Confiabilidade (OMC), conforme Azevedo (1998). No Brasil, outra denominação utilizada é Manutenção Baseada em Confiabilidade (MBC).

A busca por melhorias nos processos de manutenção possibilitou novas perspectivas, segundo Mata Filho et al. (1998), dentre as quais destaca-se que revisões preventivas programadas afetam muito pouco o nível de confiabilidade do equipamento, a menos que um item possua um modo predominante e característico de falha, e, em consequência, pode se afirmar que não existe manutenção preventiva eficaz aplicável a determinados itens.

No setor elétrico mundial, especificamente, existem referências de aplicações da MCC no segmento da geração nuclear, na França, pela Electricité De France (EDF), primeiro produtor mundial de energia nuclear civil; e, em San Diego, nos Estados Unidos, pelo Electric Power Research Institute (EPRI), além da utilização em algumas usinas nucleares no mundo, como citam Moubray (2000) e Smith (1992). Outros exemplos de aplicação são encontrados em Vizzoni (1998) e Aupied et al. (1997), respectivamente, na Florida Power and Light (FP&L) e na EDF, em um bay de uma subestação de 400 kV.

Azevedo (1998) observa que existe um número crescente de projetos de aplicação da MCC, por exemplo, em 18 centrais nucleares da EDF, e em centrais térmicas a óleo combustível e carvão, na Companhia Portuguesa de Produção de Eletricidade (CPPE). O autor cita também trabalhos desenvolvidos no setor automobilístico – na Renault; e, no setor de petróleo – na Exxon Chemical e na Elf Production Exploration, para as plataformas off-shore do Mar do Norte e do Golfo de Guiné.

Já no setor elétrico brasileiro, são conhecidas aplicações da MCC na área de subestações, em Furnas Centrais Elétricas (VIZZONI, 1998); na área de geração hidráulica e transmissão, na Companhia Paranaense de Energia (Copel), como apresentam Souza e Márquez (1998); e na área de geração hidrelétrica na Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig), conforme Sarmento (2001).

A literatura aponta a MCC como uma ferramenta de manutenção, que visa racionalizar e sistematizar a determinação das tarefas adequadas a serem adotadas no plano de manutenção, bem como garantir a confiabilidade e a segurança operacional dos equipamentos e instalações ao menor custo. Nesses termos, para Branco Filho (2000, p.41), a MCC “com sua ênfase em otimização, documentação, rastreabilidade e continuidade está sintonizada com as mudanças gerenciais que vêm se processando ultimamente na indústria em geral”.

De acordo com Smith (1992), a MCC tem o propósito de "preservar as funções do sistema, identificar os modos de falha que afetam essas funções, determinar a importância das falhas funcionais [...] e selecionar as tarefas aplicáveis e efetivas na prevenção das falhas" (p.51). Valendo-se das diferentes formas de manutenção, a MCC pretende resguardar a função do equipamento, em seu contexto operacional, a partir da determinação das necessidades de manutenção de cada equipamento.

A definição do contexto operacional tem por base, segundo Moubray (2000), a consideração de certos fatores, tais como: o tipo de processo industrial (se existem redundâncias ou equipamentos em stand-by), o nível de exigência a ser atendido pela produção, os riscos de segurança operacional a serem assumidos, os padrões de meio ambiente; o ciclo operativo dos equipamentos, a logística de manutenção disponível, dentre outros.

A mesma exigência e o conjunto de atividades de manutenção, não são requeridos de maneira semelhante para todos os equipamentos e sistemas. A avaliação deve considerar a dependência funcional e as conseqüências da perda da função para a produção, na eventualidade de ocorrer uma falha. É importante frisar que preservar a função não é o mesmo que preservar a operação do equipamento, como afirma Smith (1992).

Mais especificamente, a MCC analisa se a função desempenhada pelo equipamento não está atendida, a ocorrência das falhas e, principalmente, suas conseqüências. Como definem Fleming et al. (1997), a MCC envolve: uma consideração sistemática das funções do sistema, a maneira como essas funções falham e um critério de priorização explícito baseado em fatores econômicos, operacionais e de segurança para a identificação das tarefas de manutenção aplicáveis tecnicamente e custos eficientes no combate a essas falhas (p.53).

Moss (1985), por sua vez, observa que a MCC está estruturada com o princípio fundamental de que toda tarefa de manutenção deve ser justificada, antes de ser executada. O critério de justificativa corresponde a segurança, a disponibilidade e a economia em postergar ou prevenir um modo específico de falha. Este critério compreende a principal característica da aplicação da MCC, ou seja, a partir de uma avaliação acurada das funções desempenhadas, por cada componente de um sistema produtivo ou equipamento, são estabelecidas as tarefas de manutenção mais adequadas para a garantia do desempenho operacional da instalação.

2.2.2 DIAGRAMAS DE APLICAÇÃO DA MCC

No processo de aplicação da MCC, devem ser sistematicamente identificadas e avaliadas, como primeiro passo, as funções e o padrão de desempenho dos equipamentos em seu contexto operacional. Em seqüência, devem ser definidas as falhas funcionais e seus respectivos modos de falha, bem como o efeito ou conseqüências dessas falhas. Esta análise se completa, com a determinação das tarefas de manutenção adequadas, técnica e economicamente, para prevenir cada falha. Nesse sentido, a metodologia recomenda o reprojeção do equipamento (ou mesmo assumir o fato de que o sistema irá operar até a falha), caso não possa ser encontrada uma tarefa preventiva adequada para a prevenção da falha.

Uma importante ferramenta de confiabilidade utilizada na aplicação da MCC é a de *Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)*, que foi traduzido para Análise de Modos e Efeitos das Falhas. Esta ferramenta

tem um papel vital no desenvolvimento dos programas de qualidade e de confiabilidade das organizações, conforme Palady (1997), utilizada com frequência na análise de falhas e riscos, na indústria nuclear, espacial, de processos químicos, de produção de bens de consumo e de serviços. A Eletronorte tem algumas iniciativas para aplicação de FMEA, em especial os trabalhos desenvolvidos pela COGH em conjunto com a Regional do Maranhão, onde FMEA está sendo aplicado na análise do compensador síncrono.

A FMEA pode ser considerada uma ferramenta de análise de projetos, com o intuito de caracterizar os prováveis modos de falha potenciais e estabelecer seus efeitos sobre o desempenho do sistema, com base em raciocínio dedutivo (HELMAN e ANDEREY, 1995). Em linhas gerais, conforme COTNAREANU (1999), pode-se afirmar que a FMEA constitui-se em uma abordagem simples, sistemática e direta para a identificação das fontes básicas de falhas, suas causas e conseqüências, verificando os métodos existentes para a detecção ou controle dessas falhas, e, definindo as ações corretivas necessárias para eliminar as causas ou reduzir seus efeitos.

A partir da caracterização da falha, na aplicação da FMEA, devem ser identificados os modos de falha, ou seja, a maneira pela qual um determinado item deixa de executar sua função. Modo de falha é definido na norma militar americana Mil-Std 1629A, citada por Oliveira e Diniz (2001), como a maneira pela qual a falha é observada. Cabe destacar, contudo, que para cada modo de falha são relacionadas as respectivas causas das falhas, podendo um mesmo modo de falha ter mais de uma causa.

Nesses termos, com a finalidade de avaliar o impacto da ocorrência de falha para o desempenho do sistema ou equipamento, em análise, são associados aos modos de falha, os efeitos ou conseqüências das falhas. As conseqüências das falhas, portanto, podem afetar a produção, a qualidade do produto ou serviço a ser oferecido, a segurança, o meio ambiente, apresentando reflexos nos custos operacionais, ou mesmo prejudicando a imagem institucional. Caso essas conseqüências sejam relevantes, a empresa deve se empenhar com vigor na direção de prevenir aquela falha, evitando a ocorrência do modo de falha a ela associado. Mas, se as conseqüências não são importantes, é aceitável que nenhuma ação seja requerida.

Dessa forma, para a MCC, são as conseqüências que mais fortemente influenciam o processo de prevenção de cada falha, a ponto de Moubray (2000, p.91) afirmar que: as conseqüências das falhas são mais importantes que suas características técnicas [...] a principal razão para fazer qualquer tipo de manutenção pró-ativa é evitar, reduzir ou eliminar a conseqüência das falhas [...] isto ajuda a assegurar que qualquer gesto em manutenção será onde trará o maior benefício.

Portanto, a estratégia de manutenção não deve somente estar dirigida para prevenir as falhas, mas sim, principalmente, para evitar ou minimizar as conseqüências dessas falhas. Sobre o assunto, Nowlan e Heap (1978, p.25) enfatizam que os equipamentos “são compostos por um número muito grande de partes e acessórios. Todos estes itens podem falhar em determinado momento, mas algumas falhas trazem conseqüências mais sérias do que outras”.

É imperiosa uma avaliação detalhada do processo produtivo, então, visando reconhecer com a maior precisão possível, as conseqüências das falhas, ou seja, “a conseqüência da falha funcional determina a prioridade de esforço da manutenção” (NOWLAN e HEAP, 1978, p.25). Complementando essa idéia, Slack et al. (1997) ressaltam que os gerentes de produção precisam aceitar que as falhas ocorrem apesar de todo o esforço para preveni-las.

Na literatura especializada encontram-se vários relatos a respeito das conseqüências, às vezes com repercussões trágicas, da ocorrência das falhas e da administração ineficiente de destas conseqüências, como, por exemplo, nos acidentes na Hoechst e Chernobyl, citados por Slack et al. (1997), ou Amoco Cadiz, Bhopal e Piper Alpha, citados por Moubray (2000).

As conseqüências das falhas, segundo Nowlan e Heap (1978), podem ser classificadas em: com conseqüências de falhas ocultas, com conseqüências para a segurança ou meio ambiente, e com conseqüências operacionais ou não operacionais. Para a MCC, as falhas ocultas e aquelas com conseqüências para a segurança ou meio ambiente são mais importantes que as falhas com conseqüências operacionais. Esta é uma visão diferenciada dos demais métodos de manutenção que, normalmente, priorizam as falhas com conseqüências operacionais.

A MCC atribui alta prioridade à avaliação e prevenção da falha oculta. Este conceito de falha oculta está associado a uma função cuja falha não se torna evidente para o operador ou profissional de manutenção. Isto é, algumas falhas podem ocorrer sem que seja possível perceber que determinado item está em estado de falha, a menos que outra falha ocorra.

As falhas ocultas não têm impacto direto na produção, mas expõem as instalações à possibilidade de ocorrência das chamadas falhas múltiplas. Ou seja, uma falha ocorre quando um dispositivo de proteção, que deveria proteger a instalação em relação a aquela falha, já havia falhado. Por exemplo, como dispositivos de proteção têm-se os diversos sensores, dispositivos de supervisão, botoeiras de comando, relés de proteção, sistemas anti-incêndio, equipamentos instalados em stand-by. Dessa forma, a conseqüência dessas falhas, por envolver dispositivos de proteção, pode ser muito séria, transformando-se, em alguns casos, em um evento catastrófico, com reflexos significativos para a imagem institucional.

Uma tendência natural, ao se avaliar os riscos associados e as conseqüências das falhas ocultas, é deduzir-se que a única forma de minimizar o risco de falha múltipla seja a adoção de equipamentos redundantes, mais confiáveis e modernos. Moubray (2000) enfatiza, sobre o assunto, que é necessário um cuidado especial nesta área, porque funções extras instaladas com esta finalidade também tendem a ser ocultas.

Nesse sentido, Oliveira e Diniz (2001) recomendam que, para reduzir a probabilidade de sua indisponibilidade, esses dispositivos devam ser testados periodicamente. Observa-se, porém, que para a realização desta tarefa de busca de falha, deve-se interferir o mínimo possível na instalação, para não se introduzir um problema durante a remontagem ou reinstalação. Este aspecto torna-se relevante, na medida em que, frente a uma situação de falha oculta, não é possível saber se o equipamento passará a operar em estado de falha. Por esta razão, deve-se desenvolver meios para testar a funcionalidade dos dispositivos de proteção durante o processo de manutenção, evitando-se desconectá-los, ou mesmo alterar alguma de suas características operativas.

De acordo com a prioridade que a MCC confere à falha oculta, Moubray (2000) apresenta como calcular o intervalo a ser aplicado em uma tarefa de busca de falha, em dispositivos de proteção, nos seguintes termos: a probabilidade de uma falha múltipla ocorrer em qualquer período de tempo é dada pela probabilidade com que a função protegida possa falhar, enquanto o dispositivo de proteção estiver em estado de falha neste mesmo período.

Assim,

$$\left[\begin{array}{c} \text{Probabilidade de} \\ \text{uma falha múltipla} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Probabilidade de falha} \\ \text{da função protegida} \end{array} \right] \times \left[\begin{array}{c} \text{Indisponibilidade Média do} \\ \text{dispositivo de proteção} \end{array} \right]$$

A literatura técnica, citada por Moubray (2000), apresenta uma correlação linear entre o intervalo de busca de falha e a confiabilidade do dispositivo de proteção, para o caso da indisponibilidade requerida igual ou menor que 5%, conforme segue:

$$\text{Indisponibilidade} = \frac{0,5 \times \text{Intervalo de Busca de Falha}}{(\text{MTBF}) \text{ Tempo Médio Entre Falhas}}$$

A MCC apenas apresenta uma sugestão de cálculo para a determinação da periodicidade das falhas ocultas, o que não ocorre para as demais tarefas baseadas no tempo e na condição. Para estas tarefas, são encontradas recomendações, no sentido de analisar o histórico de falhas, pesquisar bancos de dados genéricos, obter informações com os fabricantes, e de equipamentos similares, conforme indicam Oliveira e Diniz (2001).

Existem autores, como Resnikoff, citado por Moubray (2000), que apresentam questionamentos contundentes à necessidade de análise de dados históricos para a definição da política de manutenção. Moubray ainda comenta citando Resnikoff, que em relação à atenção dedicada a coleta de dados de falhas, a inferência estatística com objetivo de prevenção da ocorrência das falhas, fica prejudicada, pois as falhas mais importantes são menos freqüentes.

Moubray (2000) sugere a adoção de um intervalo inicial, para a periodicidade de inspeção das formas de manutenção, diferentes das tarefas de busca de falha, a ser refinado a partir da execução da manutenção ao longo do tempo. Tal recomendação reforça a afirmativa que a MCC apresenta indicação de cálculo apenas para a periodicidade das tarefas de busca de falha. A esse respeito, Smith (1992), Nowlan e Heap (1978) confirmam que a freqüência das inspeções deve evoluir com a experiência da realização da manutenção, ou seja, a MCC define a tarefa, mas não define a sua periodicidade.

A coleta e análise dos dados de falha é importante para auxiliar na definição das periodicidades das inspeções, apesar da metodologia MCC fundamentar-se na análise qualitativa. Grandezas como taxa de falhas, freqüência de inspeções, análise das falhas ocorridas, tempo médio entre falhas e tempo médio entre reparos, estão entre os principais dados que podem auxiliar a aplicação da MCC. Cabe observar que, mesmo que estes dados não estejam disponíveis, a aplicação da MCC é viável.

Em outro caso, ao ser instalado um equipamento ou sistema novo é possível aplicar a MCC, valendo-se de informações disponíveis em banco de dados genéricos de falhas em equipamentos e componentes similares, bem como de referências dos fabricantes.

O processo de aplicação da MCC compreende uma seqüência de etapas, utilizando-se planilhas e diagramas de decisão, condicionando a indicação da tarefa de manutenção mais adequada. Fleming

et al. (1997) comentam que o diagrama de decisão utiliza um conjunto de perguntas do tipo ‘sim ou não’, para classificar as conseqüências dos modos de falha e, em seguida, buscar as tarefas de manutenção que sejam aplicáveis e eficazes na prevenção ou mitigação destas falhas. Um conjunto de questões sistematizadas pode também ser utilizado para a aplicação da MCC, conforme apresentado por Moss (1985).

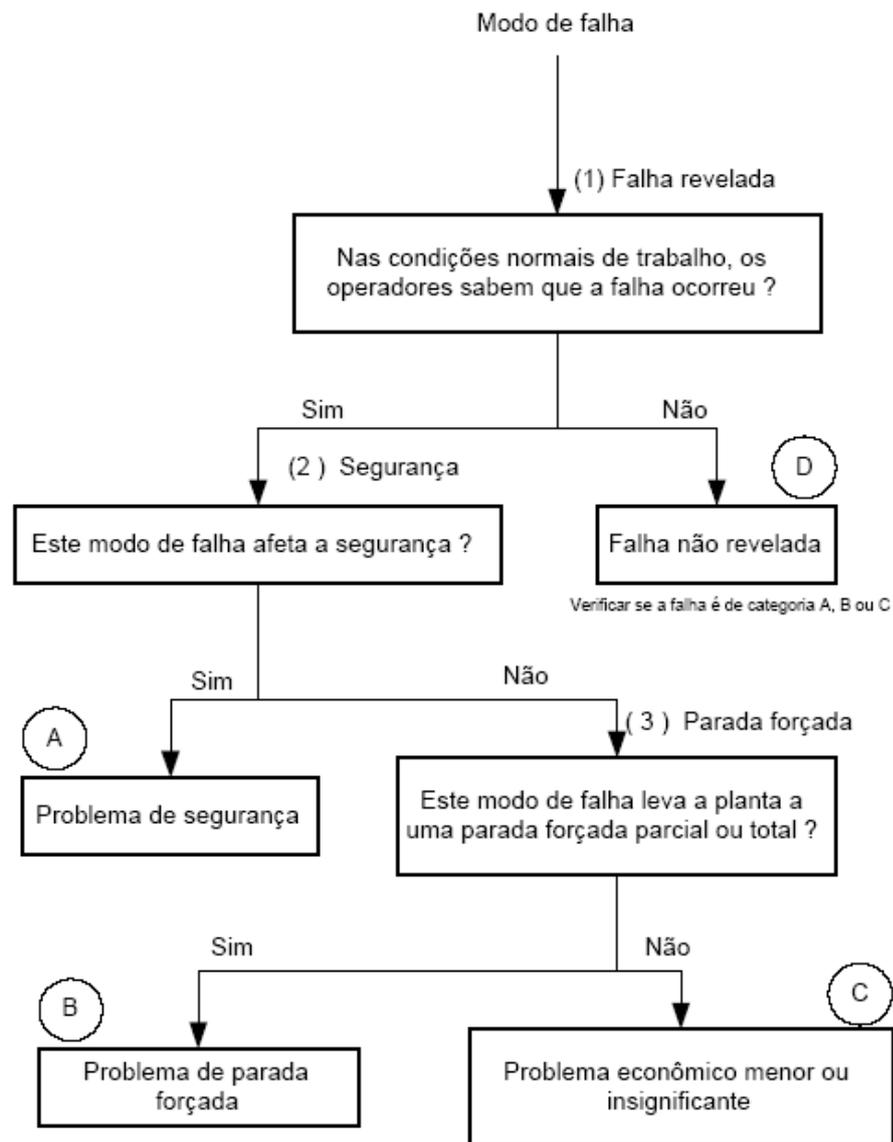
Moubray (2000) propõe, para a aplicação da MCC, um diagrama lógico, apresentado na Figura 2.7, a seguir, conforme a classificação de conseqüências de falhas desenvolvida por Nowlan e Heap (1978).



Figura 2.7 - Diagrama de Decisão Fonte: adaptado de Moubray (2000).

Smith (1992), por sua vez, sugere dois outros diagramas de decisão. O diagrama denominado *Árvore Lógica de Decisão com Categorias de Falhas por Conseqüências* está apresentado na Figura 2.8, e outro denominado *Diagrama de Seleção de Tarefas* apresentado na Figura 2.9. Observa-se que este autor apresenta a seguinte classificação: falhas com conseqüências para a segurança e meio ambiente, falhas com conseqüências operacionais e falhas com conseqüências econômicas, diferente daquela utilizada por

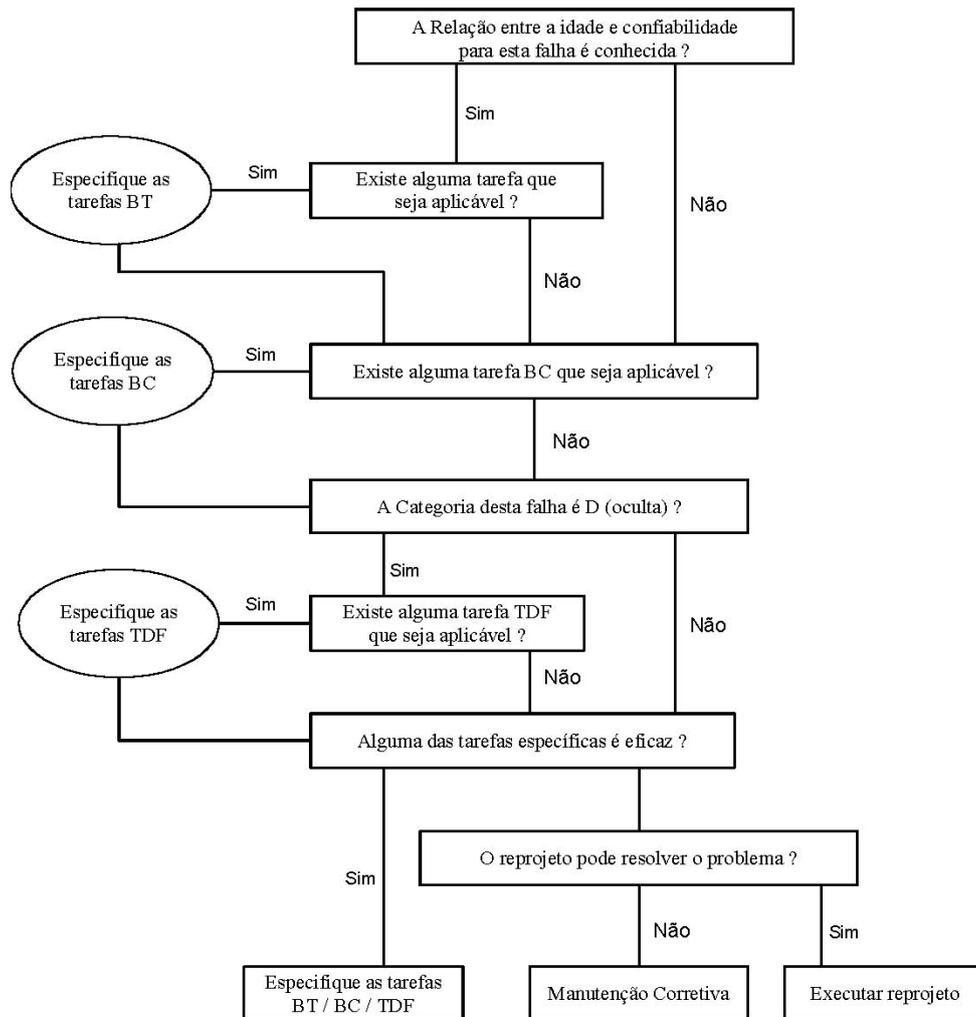
Moubray (2000). Destaca-se que a ocorrência de falha oculta pode estar associada a cada uma das conseqüências de falha definidas.



LEGENDA

- A - Falha relacionada à Segurança ou Meio Ambiente
- B - Falha Operacional
- C - Falha relacionada à aspéctos econômicos
- D - Falha Oculta

Figura 2.8 - Árvore Lógica de Decisão Fonte: Smith (1992, p.95).



LEGENDA

BT - manutenção baseada no tempo

BC - manutenção baseada na condição

TDF - tarefa de busca de falha

MC - manutenção corretiva

E os modos de falha,

A - falhas com consequências para a segurança ou meio ambiente

B - falhas com consequências operacionais

C - falhas com consequências econômicas

ou D/A, D/B, D/C se a falha for oculta com as respectivas consequências.

Figura 2.9 - Diagrama de Seleção de Tarefas - Fonte: Smith (1992, p.96)

Aconselha-se a utilização de planilhas de apoio para o registro dos dados obtidos, devido ao grande volume de informações geradas pela aplicação dos diagramas de decisão. Algumas iniciativas já estão sendo observadas no sentido de desenvolver programas computacionais para o tratamento dessas informações. Aupied et al. (1997) utiliza uma outra forma de aplicação apresentada na Figura 2.10.

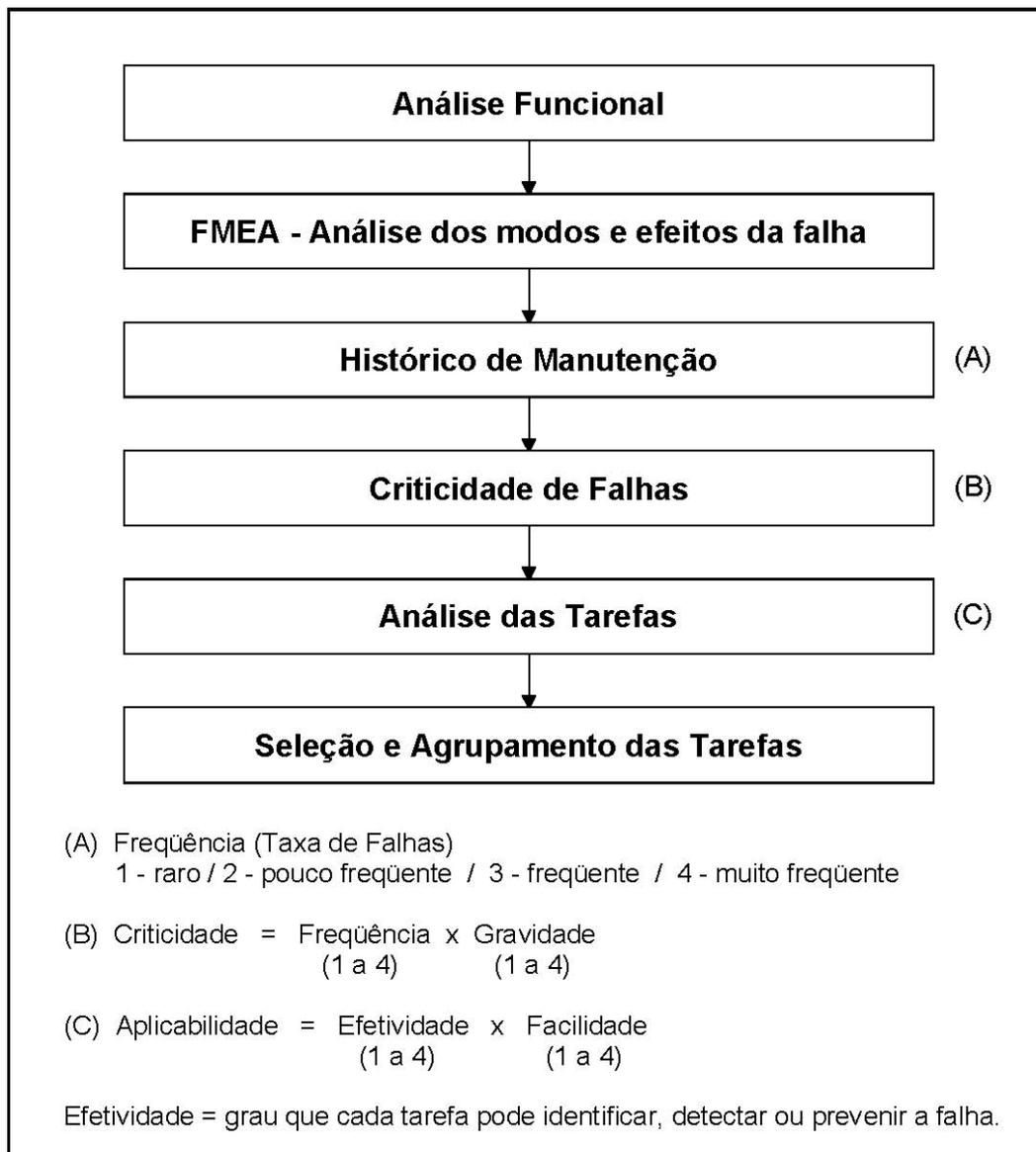


Figura 2.10 - Diagrama EDF Fonte: Aupied et al. (1997, p.4)

Portanto, na aplicação da MCC são desenvolvidas as seguintes etapas: definição das funções dos equipamentos, em seu contexto operacional; análise das falhas funcionais associadas, a aplicação da FMEA; e, seleção das tarefas de manutenção. Independente da forma de aplicação da MCC, devem ser consideradas e respondidas, seqüencialmente, as sete perguntas básicas preconizadas na norma SAE JA 1011, quais sejam:

- ✓ Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação?
- ✓ De que forma ele falha em cumprir suas funções?
- ✓ O que causa cada falha funcional?
- ✓ O que acontece quando ocorre cada falha?
- ✓ De que forma cada falha importa?
- ✓ O que pode ser feito para prever ou prevenir a falha?
- ✓ O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?

Na definição da tarefa de manutenção mais adequada, é importante considerar também o mecanismo de degradação da função. Isto é, a denominada vida útil do equipamento e a caracterização da 'idade' em que pode ocorrer um aumento perceptível da probabilidade desse equipamento apresentar uma falha. Este conceito está associado a clássica 'curva da banheira'.

2.2.3 MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO DA FUNÇÃO

Por muito tempo, os planos e procedimentos de manutenção foram definidos com base no pressuposto, que a maioria dos equipamentos podem operar, por um determinado período de tempo, com probabilidade de falha constante (período de vida útil). No período inicial de operação, conhecido como ‘mortalidade infantil’, a probabilidade de falha é alta até atingir a de vida útil, devido a um processo de ‘amaciamento’. Mais tarde, em consequência do natural ‘envelhecimento’, a probabilidade de falha aumenta, novamente.

As curvas de variação da taxa da falha para equipamentos eletrônicos e mecânicos, denominada de ‘curva da banheira’, são apresentadas por Monchy (1989), como demonstrado, respectivamente, na Figura 2.11 e Figura 2.12.

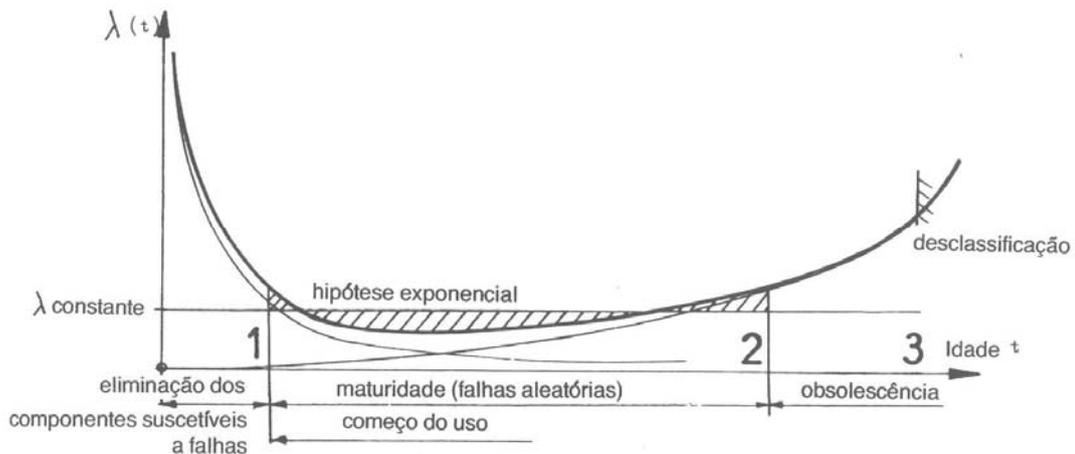


Figura 2.11 - Curva da Banheira – Equipamentos Eletrônicos - Fonte: Monchy (1989, p. 81)

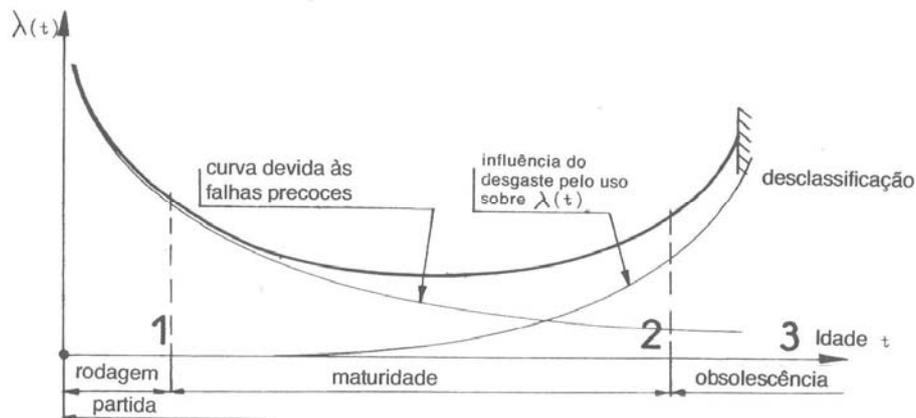


Figura 2.12 - Curva da Banheira – Equipamentos Mecânicos - Fonte: Monchy (1989, p. 81)

Castro (1997) observa que a idade operacional não está necessariamente associada à confiabilidade, fato este que conforme o autor foi confirmado pela indústria aeronáutica que obteve maus resultados de desempenho operacional ao acreditar que a extensão e a frequência das intervenções programadas eram indispensáveis para garantia dessa confiabilidade. A esse respeito, Moubray (2000) comenta que as características de desgaste são frequentemente encontradas somente em equipamentos que entram em contato direto com o produto.

Os estudos de Nowlan e Heap (1978) questionaram a tradicional ‘curva da banheira’ e apresentam seis padrões, para representar a probabilidade de falha em relação à idade operacional dos

equipamentos complexos, atualmente em uso, com grande variedade de componentes elétricos, eletrônicos e mecânicos, como indicado na Figura 2.13.

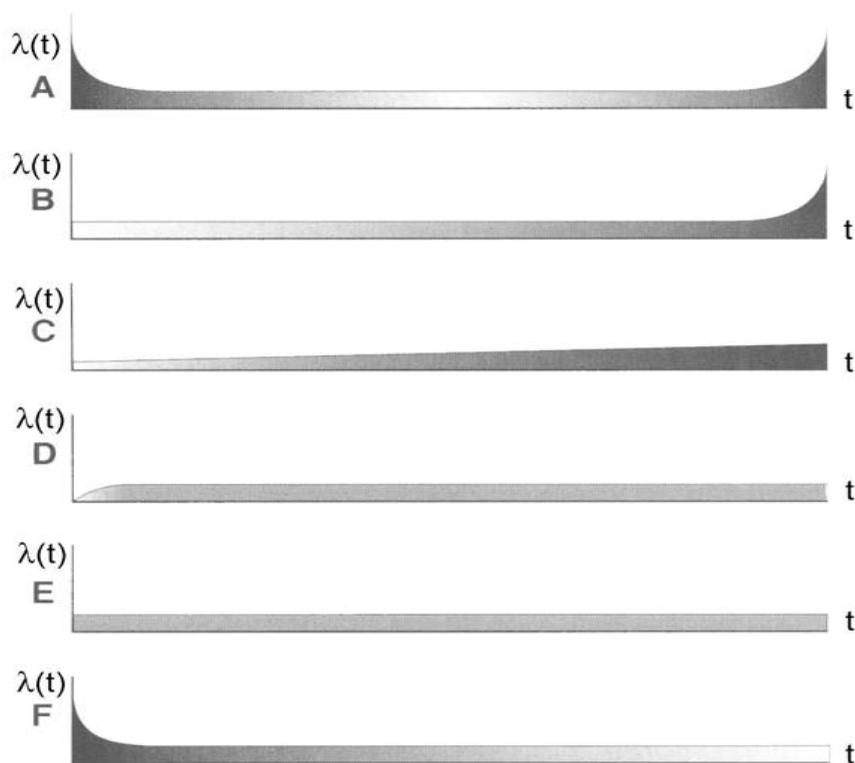


Figura 2.13 - Novos Padrões de Falha - Fonte: Nowlan e Heap (1978, p.46.sec 2.8)

Observa-se que o padrão de falha 'A' é a própria 'curva da banheira'. Já os padrões 'B' e 'C', representam equipamentos com falhas relacionadas com o tempo de operação. Para o padrão 'B', fica caracterizado uma zona de desgaste, o que não ocorre para o padrão 'C'. Neste caso, tem-se um lento aumento de probabilidade de falha. A característica do padrão 'D' é a ocorrência de uma baixa probabilidade de falha, quando o equipamento é novo; ocorre mais tarde um rápido aumento dessa probabilidade até atingir um nível constante. Os equipamentos com taxa de falha constante, independente de seu tempo de operação, seguem o padrão 'E'. Por último, tem-se o padrão 'F', que apresenta um período inicial característico de mortalidade infantil, após o que a taxa de falha se mantém constante ao longo do tempo

Os mesmos estudos de Nowlan e Heap (1978) indicaram que 4% dos equipamentos obedecem o padrão 'A'; 2% o padrão 'B'; 5% o padrão 'C'; 7% o padrão 'D'; 14% o padrão 'E'; e 68% o padrão 'F'. Dessa maneira, 89% dos equipamentos não apresentam falhas associadas a idade operacional. Com relação aos padrões, ainda, Moubray (2000) observa que o número de vezes que ocorrem nas aeronaves não é necessariamente o mesmo que ocorre na indústria em geral. Contudo, o autor afirma não ter dúvida que, como os equipamentos tornam-se mais complexos, recaem cada vez mais nos padrões 'E' e 'F'. A figura 2.14 apresenta uma síntese dos seis padrões.

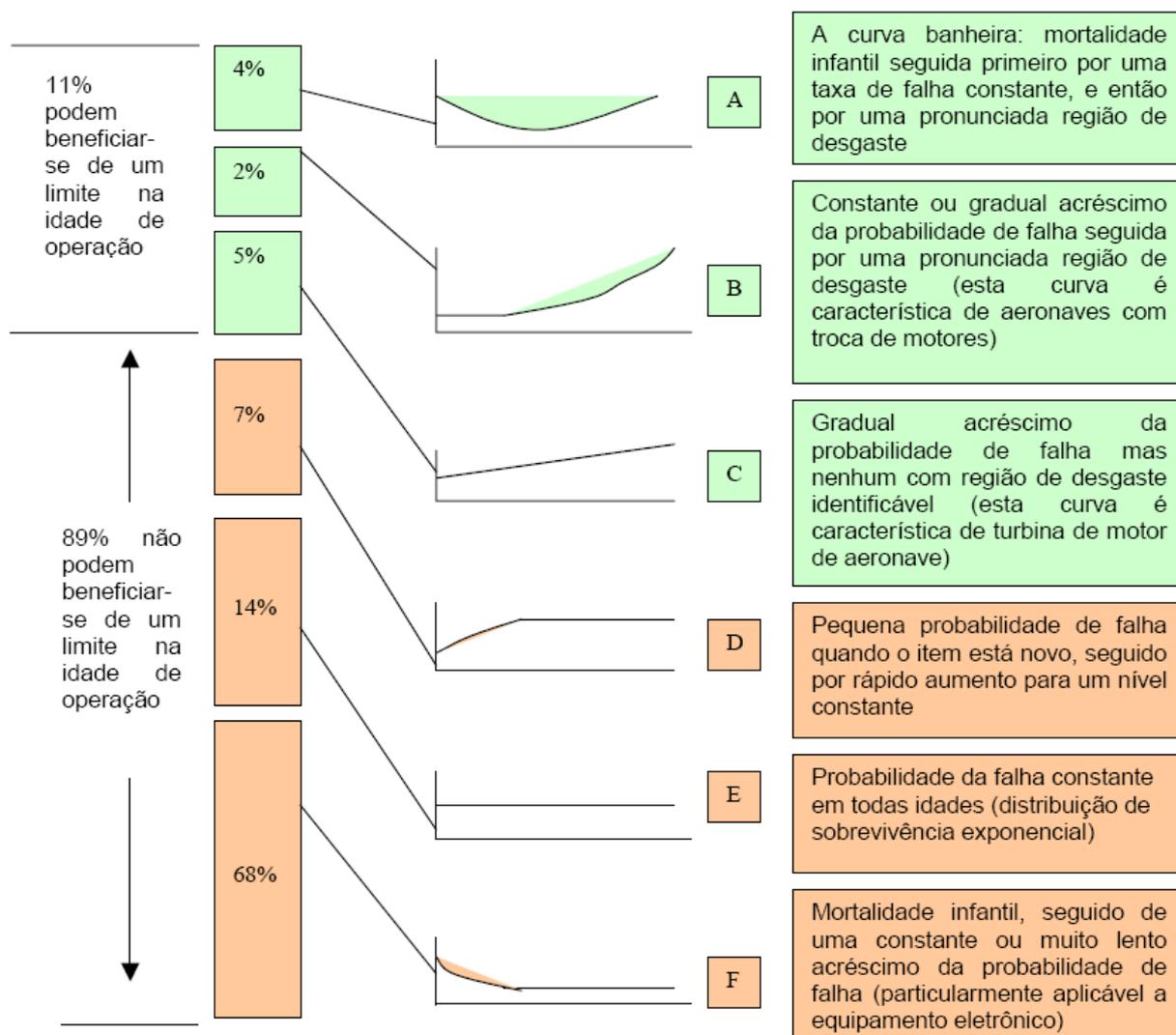


Tabela 2.14 - Síntese padrões de falhas (Moubray, 1997).

Com base nos padrões apresentados, a estratégia de manutenção adotada de substituir periodicamente algum equipamento ou componente, na pretensa intenção de aumentar a confiabilidade operativa, não é adequada. Como pode se observar, em muitos casos, a probabilidade de ocorrência de falha estaria aumentando, além dos custos envolvidos na manutenção realizada. Castro (1997, p.117) comenta: *duas descobertas foram especialmente surpreendentes: para determinados equipamentos que operam com uma taxa de falha mais ou menos constante isto é, sem um modo de falha dominante, as chamadas intervenções programadas além de desnecessárias e evasivas, na maioria das vezes só contribuem para diminuir a confiabilidade mediante a introdução de mortalidade infantil e distúrbios em sistemas a princípio estáveis; e para muitos equipamentos simplesmente não existem práticas eficazes de manutenção programada.*

Constata-se, portanto, que a aviação comercial americana encomendou os estudos, que culminaram com o desenvolvimento da metodologia MCC, devido a concepção vigente à época, de realizar a manutenção preventiva, associada a intervalos de tempo pré-definidos. Essas manutenções, comumente associadas a substituições de componentes e equipamentos, apresentavam custos operacionais altos, sem a contrapartida do aumento esperado de confiabilidade e disponibilidade, ao contrário, com o indesejável aumento da ocorrência de falhas, características do período de 'mortalidade infantil'. August (1999) confirma esta afirmação, ao destacar que a confiabilidade não aumenta pela simples

substituição, na verdade pode diminuir, enquanto os custos aumentam. A figura 2.15 apresenta alguns exemplos de modelos de estados baseados em cadeias de Markov (Siqueira, 2005) que são úteis para cálculo da confiabilidade de sistemas.

		Estado				
		Normal 1	Preventivo 2	Falha 3	Defeito 4	Corretivo 5
Atividade	Modelo MRP					
serviço Operacional	Modelos ARP e Brp					
inspeção preditiva						
restauração preventiva						
substituição preventiva						
inspeção funcional						
Manutenção Corretiva						

Figura 2. 15: Modelos de Estados (Siqueira, 2005)

Em resumo, verifica-se existir uma variedade muito grande de terminologia associada aos conceitos de manutenção, e que também, a própria manutenção tem evoluído nos últimos tempos de uma

visão de execução de reparos para uma postura de prevenção das falhas, valendo-se das diferentes formas de atuação.

Pode-se observar que a MCC enfatiza a análise das funções e conseqüências das falhas, muito mais que nos equipamentos e na própria falha em si, procurando definir as tarefas de manutenção mais adequadas, técnica e economicamente, utilizando as diferentes formas de manutenção. Adicionalmente, de maneira objetiva, esse método preconiza a adoção de manutenção corretiva, ou seja, operar até a falha, quando as conseqüências de uma falha não são representativas.

Ainda com base nos estudos de Nowlan e Heap (1978), os padrões de probabilidade de falha até então representados apenas pela ‘curva da banheira’ direcionam o plano de manutenção para um número mínimo necessário de tarefas, sendo que na aplicação da MCC, a ferramenta FMEA é utilizada para o desenvolvimento da análise dos modos e efeitos das falhas, a partir de um sequenciamento estruturado, para a definição das tarefas de manutenção. Prioriza-se, nessa análise as falhas ocultas, ou seja aquelas que não se tornam evidentes a partir de sua ocorrência, entendendo-se que essas falhas podem trazer, em alguns casos, conseqüências desastrosas para a instalação.

A metodologia de manutenção desenvolvida pelas empresas do setor elétrico brasileiro confirma a ênfase na prevenção das falhas, a partir da aplicação de uma estratégia apoiada na manutenção preventiva, utilizando as diferentes formas de manutenção apresentadas. O plano de manutenção é definido a partir da experiência das principais empresas, e aprimorado com base na execução da manutenção em seus próprios equipamentos, com ênfase para a composição e análise do histórico de manutenção preventiva e corretiva.

2.3 A METODOLOGIA MCC (RCM) E A NORMA SAE-JA 1011

Como já foi descrito no item 2.2, a MCC/RCM (Reliability-Centered Maintenance) foi primeiro documentada no relatório escrito por F.S.Nowlan e H.F.Heap e publicado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos em 1978. Este processo serviu de base para vários documentos nos quais o processo de RCM tem sido desenvolvido e refinado ao longo do tempo. Muitos destes documentos mantêm os elementos do processo original, contudo ocorreu uma proliferação do uso do termo RCM e aparecimento de propostas que diferem significativamente da original, com seus proponentes chamando de RCM. Muitos destes processos falham em atingir os objetivos de Nowlan e Heap, de segurança e confiabilidade de seus equipamentos e deturpam a RCM.

Devido a este fato, houve o crescimento de demanda internacional para padronização de um conjunto de critérios, para que um processo pudesse ser chamado de RCM.

Então, em agosto de 1999 a SAE (Society Automotive Engineers) dos Estados Unidos, publicou a SAE-JA 1011 intitulada “Evaluation Criteria for a Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes”. Este documento descreve os critérios mínimos que qualquer processo possa ser chamado de RCM, porém não define qualquer processo específico de RCM.

Alicerçados na norma SAE-JA 1011 (1999, p.07-10) e em Gerenciamento da Manutenção (MOUBRAY, 2001, p.15-17), apresentam-se, a seguir, os critérios mínimos de um processo RCM, sendo sintetizados por Siqueira (2005) na figura 2.16 que descreve o processo para implantação da MCC.

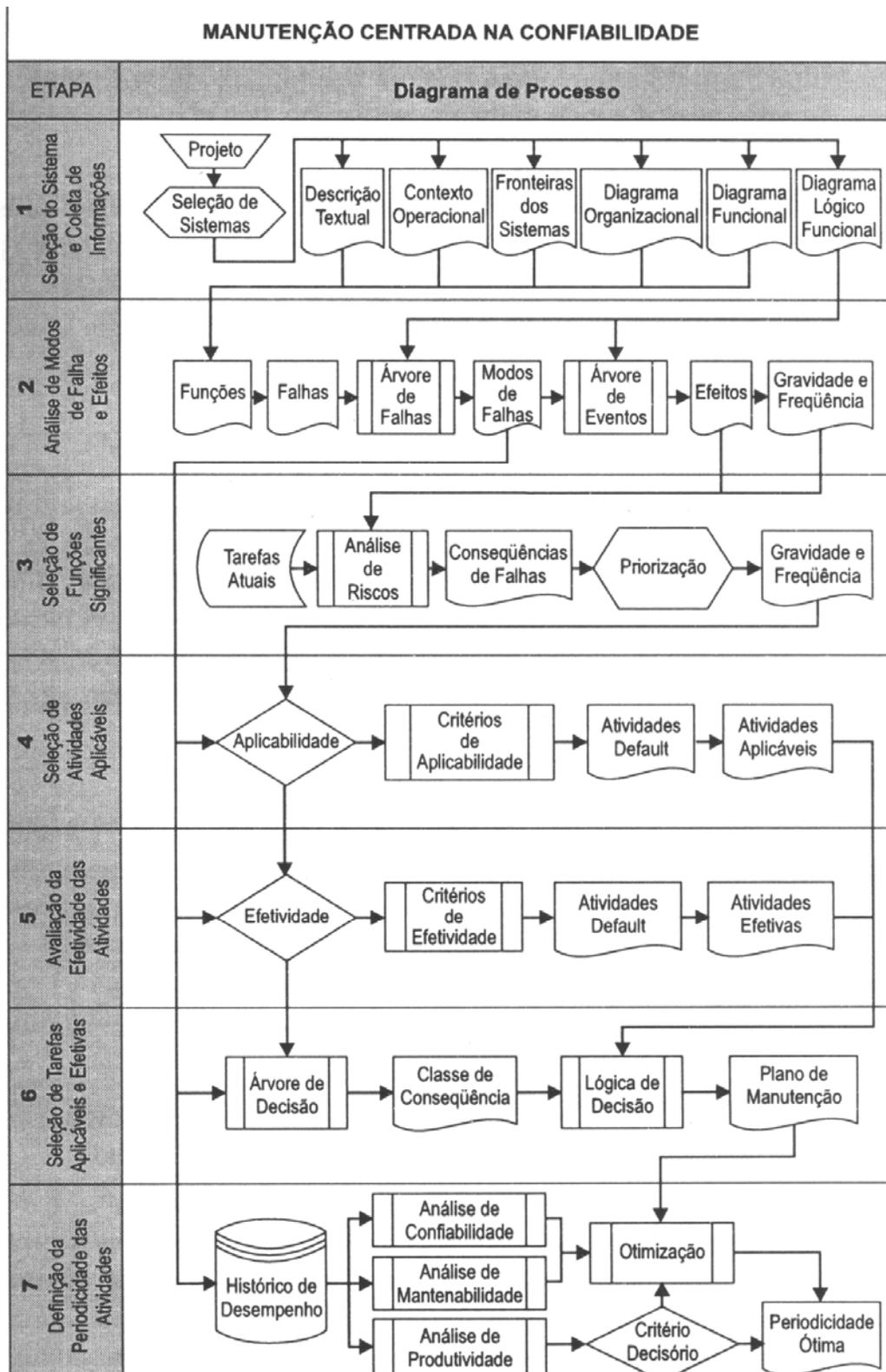


Figura 2.16: Processo MCC (Siqueira, 2005)

2.3.1 RCM: AS SETE QUESTÕES BÁSICAS

O processo RCM implica em sete perguntas sobre os ativos ou sistemas sob análise, como se segue:

- a) Quais são as funções associadas e os padrões de desempenho associados do ativo no seu contexto operacional atual (funções)?
- b) De que forma ele falha em cumprir suas funções (falhas funcionais)?
- c) O que causa cada falha funcional (modos de falha)?

- d) O que acontece quando ocorre cada falha (efeitos de falha)?
- e) De que forma cada falha tem importância (consequência das falhas)?
- f) O que pode ser feito para prever ou prevenir cada falha (tarefas pró-ativas e tarefas preventivas)?
- g) O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa proativa adequada (ações default)?

2.3.2 FUNÇÕES E PADRÕES DE DESEMPENHO

O primeiro passo no processo RCM é definir as funções de cada ativo no contexto operacional junto com os padrões de desempenho desejados. Estas funções podem ser divididas em duas categorias:

- ✓ Funções primárias: são aquelas que resumem porque os ativos foram adquiridos em primeiro lugar. Elas cobrem questões como velocidade, quantidade, capacidade de transporte ou armazenagem, qualidade do produto e serviços ao cliente.
- ✓ Funções secundárias: são aquelas que reconhecem o que é esperado todo ativo fazer, mais que simplesmente preencher suas funções primárias. Elas cobrem as expectativas em áreas como: segurança, controle, conforto, proteção, contenção, integridade estrutural, economia, conformidade com os regulamentos ambientais e até a aparência do ativo.

2.3.3 FALHAS FUNCIONAIS

As falhas conduzem à paralisação total ou parcial das funções requeridas para os ativos, obrigando à manutenção adotar uma abordagem adequada para a gerência da falha. O processo RCM faz isso em dois níveis:

- ✓ primeiramente, identificar que circunstâncias resultam em um estado de falha
- ✓ em segundo lugar, perguntar que eventos podem levar o ativo a um estado de falha

Estados de falha são conhecidos como falhas funcionais porque elas ocorrem quando um ativo está incapaz de preencher a função em um padrão de desempenho que é aceitável para o usuário.

2.3.4 MODOS DE FALHA

Após a identificação de cada falha funcional, o próximo passo é identificar todos os eventos que são razoavelmente prováveis de causar cada estado de falha. Estes eventos são conhecidos como modo de falha. A classificação de falhas é apresentada na figura 2.17 (Siqueira, 2006).

A maioria das listas de modos de falha incorporam falhas causadas por deterioração ou desgaste normal, devem incluir falhas causadas por erros humanos, falhas de projeto, assim como todas as prováveis causas que possam ser identificadas e tratadas apropriadamente. É importante a identificação da causa da falha de forma detalhada com a finalidade de se identificar a política mais adequada de seu gerenciamento.

2.3.5 EFEITOS DA FALHA

O quarto passo no processo RCM implica em listar os efeitos da falha, os quais descrevem o que acontece quando ocorre cada modo de falha. Estas descrições devem incluir todas as informações necessárias para suportar a avaliação da consequência da falha, tais como:

- a) Qual a evidência (se existe alguma) de que ocorreu a falha.
- b) De que modo (se existe algum) ela é uma ameaça à segurança ou ao meio ambiente
- c) De que modo (se existe algum) ela afeta a produção ou operação;
- d) Qual o dano físico (se existe algum) é causado pela falha;
- e) O que deve ser feito para restaurar a função do sistema após a falha.

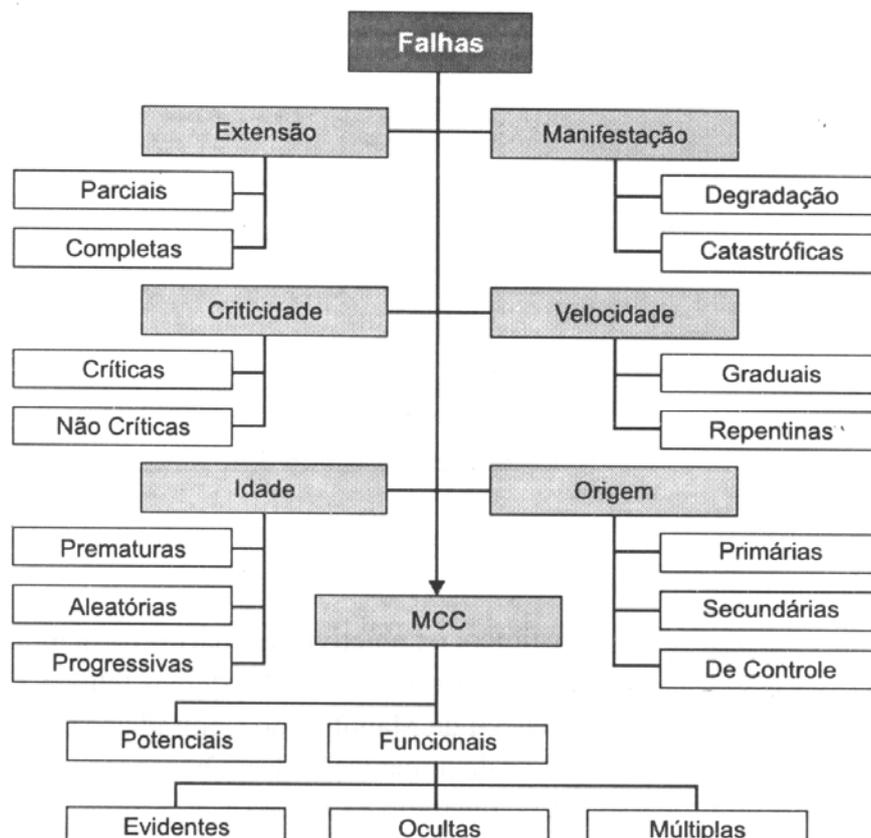


Figura 2.17 - Taxonomia Falhas (Siqueira, 2005).

2.3.6 CATEGORIAS DE CONSEQÜÊNCIA DE FALHA

O processo RCM classifica essas conseqüências em quatro grupos, como segue:

- ✓ Conseqüências de Falhas Ocultas – As falhas ocultas não têm impacto direto, mas expõem a empresa a falhas múltiplas com conseqüências sérias, freqüentemente catastróficas.
- ✓ Conseqüências sobre Segurança e Meio-Ambiente – Uma falha tem conseqüência sobre a segurança se ela puder ferir ou matar alguém. Ela tem conseqüências sobre o meio-ambiente se vier a violar qualquer padrão ambiental, da empresa, regional ou federal.
- ✓ Conseqüências Operacionais: Uma falha tem conseqüências operacionais se ela afeta a produção (quantidade, qualidade do produto, serviço ao cliente ou custos operacionais, além do custo direto do reparo).
- ✓ Conseqüências não-operacionais: Falhas evidentes que se enquadram nesta categoria não afetam a segurança nem a produção, portanto envolvem apenas o custo direto do reparo.

2.3.7 TÉCNICAS DE GERENCIAMENTO DE FALHAS

As técnicas de gerenciamento de falhas são divididas em duas categorias:

- ✓ tarefas pró-ativas: são tarefas empreendidas antes de uma falha ocorrer, de modo a prevenir o item de entrar em um estado de falha. Elas abrangem o que é tradicionalmente conhecido como manutenção preditiva e preventiva, embora o RCM use o termo restauração programada, descarte programado e manutenção sob condição.
- ✓ tarefas default: são tarefas que tratam o estado de falha e são escolhidas quando não é possível identificar uma tarefa pró-ativa efetiva. Ações default incluem busca da falha, reprojeto e rodar até falhar.

Um exame mais detalhado das tarefas pró-ativas e default encontra-se na norma SAE-JA1011 p. 08-09.

2.3.8 PROGRAMA DINÂMICO

Uma revisão periódica é necessária para que o programa de gerenciamento de ativos derivado da RCM assegure que os ativos continuem a preencher as expectativas funcionais correntes de proprietários e usuários.

A metodologia MCC adota uma sequência estruturada, composta por sete etapas, que respondem as sete questões básicas da MCC. As sete etapas são denominadas a seguir e apresentadas na figura 1111 (Siqueira, 2005):

- I. Seleção do sistema de coleta de informações;
- II. Análise de modos de falhas e efeitos;
- III. Seleção de funções significativas;
- IV. Seleção de atividades aplicáveis;
- V. Avaliação da efetividade das atividades;
- VI. Seleção das atividades aplicáveis e efetivas;
- VII. Definição da periodicidade das atividades.

3. INSTRUMENTAÇÃO DINPONÍVEL EM BALBINA: Smar e Rockwell (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

3.1 REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA						
SAÍDAS DIGITAIS						
Unidade de Geração: UGH1 –RESFRIAMENTO AR GERADOR				Local : PMG-01		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO
01	26GAF1 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23-5787	128	51-52	94GAX1	ALARME – 45°C
02	26GAF2 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23-5787	128	55-56	“	ALARME – 45°C
03	26GAF3 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23-5787	128	59-60	“	ALARME – 45°C
04	26GAF4 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23-5787	128	63-64	“	ALARME – 45°C
05	26GAF5 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23-5787	128	67-68	“	ALARME – 45°C
06	26GAF6 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23-5787	128	71-72	“	ALARME – 45°C
07	26GAF7 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23-5787	128	75-76	“	ALARME – 45°C
08	26GAF8 – Sobretemperatura ar frio 1º Estágio – 45°C	23-5787	128	79-80	“	ALARME – 45°C
09	26GAQ1 – Sobretemperatura ar quente – 1º Estágio 76°C	23-5787	128	83-84	94GAX2	ALARME – 76°C
10	26GAQ2 – Sobretemperatura ar quente – 2º Estágio 81°C	23-5785	115	89-90	26GAQX1	TRIP– 81°C
	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT					

--	--	--	--	--	--	--

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA						
SAÍDAS DIGITAIS						
Unidade de Geração : UGH1 – MANCAL ESCORA				Local : CXTB-01		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO
01	METAL – 1º Estágio 85° C ↑	23-5786	136	71-72	38MEX1	ALARME– 85°C
02	METAL – 2º Estágio 90° C ↑	23-5785	96	89-90	38MFX1	TRIP– 90°C
03	Óleo Cuba – Sobretemperatura de óleo na cuba 1º Estágio 75° C ↑	23-5786	137	77-78	38MIX1	ALARME– 75°C
	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT					

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA	
SAÍDAS DIGITAIS	
Unidade de Geração: UGH1 – MANCAL INTERMEDIÁRIO	Local : CXTB-01

ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO
01	METAL – Sobretemperatura 1º estágio 75° C ↑	23-5786	136	74-75	38MGX1	ALARME– 75°C
02	METAL – Sobretemperatura 2º estágio 85° C ↑	23-5785	96	95-96	38MHX1	TRIP– 85°C
	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT					

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA						
SAÍDAS DIGITAIS						
Unidade de Geração : UGH1 – MANCAL GUIA INFERIOR				Local :		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO
01	METAL – Sobretemperatura 1º Estágio 75° C ↑	23-5786	69	79-80	38MKX1	ALARME– 75°C

02	METAL – Sobretemperatura 2º Estágio 85° C	↑	23-5785	96	101-102	38MLX1	TRIP– 85°C
03	ÓLEO CUBA – Sobretemperatura 1º Estágio 75° C	↑	23-5786	69	82-83	38MJX1	ALARME– 75°C
	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT						

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA						
SAÍDAS DIGITAIS						
Unidade de Geração : UGH1 - MANCAL GUIA SUPERIOR				Local :PMG - 01		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO
01	METAL – Sobretemperatura 1º Estágio	23-5787	100	40 A -B -C	GMM1X1	ALARME– 75°C
02	METAL – Sobretemperatura 2º Estágio	23-5785	99	40 A -B -C	GMM2X2	TRIP– 85°C
03	ÓLEO CUBA – Sobretemperatura de óleo na cuba 1º Estágio	23-5787	100	41 A -B -C	GMO1X1	ALARME– 70°C
04	ÓLEO CUBA – Sobretemperatura de óleo na cuba 2º Estágio	23-5785	99	41 A -B -C	GMO2X2	TRIP– 75°C

	OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATMENT					

REDE DE TRANSMISSORES DE TEMPERATURA						
SAÍDAS DIGITAIS						
Unidade de Geração : UGH1 - ENROLAMENTO DO ESTATOR				Local :PMG - 01		
ITEM	DESCRIÇÃO	DESENHO	FOLHA	BORNE	RELÉ	OBSERVAÇÃO
01	Fase A 1º Estágio 130° C	23-5787	85	7 – A,B,C	49G1X1	ALARME– 130°C
02	Fase B 1º Estágio 130° C	23-5787	85	8 – A,B,C	“	ALARME– 130°C
03	Fase V 1º Estágio 130° C	23-5787	85	11 – A,B,C	“	ALARME– 130°C
04	Fase A 2º Estágio 155° C	23-5787	85	8 – A,B,C	49G2X1	TRIP– 155°C
05	Fase B 2º Estágio 155° C	23-5787	85	10 – A,B,C	“	TRIP– 155°C
06	Fase V 2º Estágio 155° C	23-5787	85	12 – A,B,C	“	TRIP– 155°C

OBSERVAÇÃO: PARA AS DEMAIS MÁQUINAS, VALORES SE REPLICAM MUDANDO APENAS O NÚMERO DO DESENHO, QUE SERÁ INFORMADO NA FASE DE WORKSTATEMENT						

3.2 ALARMES E TRIPS

TRANSFORMADOR ELEVADOR TF1					
DES./ FOLHA/ ENDEREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor
BAL235787 FL 148	149TP	– Enrolamento Primário	Ventilador 1	80	149TPS
			Ventilador 2	90	
			Alarme	105	
			Trip	120	
BAL235787 FL 148	149TS	– Enrolamento secundário	Ventilador 1	80	
			Ventilador 2	90	
			Alarme	105	
			Trip	120	
BAL235787 FL 149	126F	– Óleo	Alarme	85	126F
			Trip	95	

TRANSFORMADOR DE EXCITAÇÃO TEX1					
DES./ FOLHA/ ENDEREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor
BAL235787 FL 51	149TEA1	– 1° Enrolamento FASE A	Alarme	110	149TEA
			Trip	130	
BAL235787 FL 51	149TEA2	– 2° Enrolamento FASE A	Alarme	110	
			Trip	130	
BAL235787 FL 51	149TEB1	– 1° Enrolamento FASE B	Alarme	110	149TEB
			Trip	130	
BAL235787 FL 51	149TEB2	– 2° Enrolamento FASE B	Alarme	110	
			Trip	130	
BAL235787 FL 51	149TEV1	– 1° Enrolamento FASE V	Alarme	110	149TEV

TRANSFORMADOR DE EXCITAÇÃO TEX1					
DES./ FOLHA/ ENDEREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor
BAL235787 FL 51	49TEV2	- 2° Enrolamento FASE V	Trip	130	

AR DO GERADOR FRIO					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor
BAL235787 FL 76	126GAF1	- 1° Radiador	Alarme	45	126GAF12
BAL235787 FL 76	126GAF2	- 2° Radiador		45	
BAL235787 FL 76	126GAF3	- 3° Radiador		45	126GAF34
BAL235787 FL 76	126GAF4	- 4° Radiador		45	126GAF56
BAL235787 FL 77	126GAF5	- 5° Radiador		45	
BAL235787 FL 77	126GAF6	- 6° Radiador		45	126GAF78
BAL235787 FL 77	126GAF7	- 7° Radiador			
BAL235787 FL 77	126GAF8	- 8° Radiador			

AR DO GERADOR QUENTE					
DES./ FOLHA/END	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor

AR DO GERADOR QUENTE					
EREÇO.					
BAL235787 FL 86	126GAQ1	Ar Quente	Alarme	76	126GAQ1
			Trip	85	

ENROLAMENTO DO GERADOR ESTATOR					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor
BAL235787 FL 85	149G1A	– 1° Local FASE A	Alarme	130	149GA
			Trip	155	
BAL235787 FL 85	149G2A	– 2° Local FASE A	Alarme	130	
			Trip	155	
BAL235787 FL 85	149G1B	– 1° Local FASE B	Alarme	130	149GB
			Trip	155	
BAL235787 FL 85	149G2B	– 2° Local FASE B	Alarme	130	
			Trip	155	
BAL235787 FL 85	149G1V	– 1° Local FASE V	Alarme	130	149GV
			Trip	155	
BAL235787 FL 85	149G2V	– 2° Local FASE V	Alarme	130	

MANCAL SUPERIOR MGS					
DES./	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor

MANCAL SUPERIOR MGS					
FOLHA/END EREÇO.					
BAL235787 FL 80	138GMM1	1° Metal Mancal	Alarme	85	138GMM12
			Trip	105	
BAL235787 FL 80/83	138GM2	2° Metal Mancal	Alarme	85	
			Trip	105	
BAL235787 FL 86	38GMM3	3° Metal Mancal	Alarme	85	138GMM3
			Trip	105	
BAL235787 FL 80	38GMO1	1° Óleo Mancal	Alarme	90	138GMO12
			Trip	105	
BAL235787 FL 80	38GMO2	2° Óleo Mancal	Alarme	90	
			Trip	105	

MANCAL GUIA ESCORA MGE					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor
BAL235786 FL 30	138ME1	– 1° Metal Mancal	Alarme	85	138ME12
			Trip	90	
BAL235786 FL 32	138ME2	– 2° Metal Mancal	Alarme	85	
			Trip	90	
BAL235786 FL 33	138ME3	– 3° Metal Mancal	Alarme	85	138MEI3
			Trip	90	
BAL235786 FL 31	138MI	– Óleo Mancal	Alarme	75	
			Trip	90	

MANCAL GUIA INFERIOR MGI					
DES./	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor

MANCAL GUIA INFERIOR MGI					
FOLHA/END EREÇO.					
BAL235786 FL 30	38MK1	– 1° Metal Mancal	Alarme	75	138MKJ1
			Trip	85	
BAL235786 FL 32	38MJ1	– 1° Óleo Mancal	Alarme	70	
			Trip	85	
BAL235786 FL 32	38MK2	– 2° Metal Mancal	Alarme	75	138MK23
			Trip	85	
BAL235786 FL 32	38MK3	– 3° Metal Mancal	Alarme	75	
			Trip	85	
BAL235786 FL 32	38MJ2	– 2° Óleo Mancal	Alarme	70	138MJ2
			Trip	85	

MANCAL GUIA ESCORA INTERMEDIÁRIO					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor
BAL235786 FL 30	38MG1	– 1° Metal Mancal	Alarme	85	138MG1
			Trip	105	
BAL235786 FL 32	38MG2	– 2° Metal Mancal	Alarme	85	
			Trip	105	
BAL235786 FL 33	38MG3	– 3° Metal Mancal	Alarme	85	38MG23
			Trip	105	

TANQUE SEM PRESSÃO REGULAÇÃO – ÁGUA E ÓLEO					
DES./ FOLHA/END EREÇO.	TAG PT100	DESCRIÇÃO	Saída Digital	Temp. °C	TAG Transmissor
BAL235787 FL 86	26LK	Óleo	Alarme	48	26LKAR
			Trip	55	
BAL235787 FL 86	26AR	Água	Alarme1	35	

3.3 INSTRUMENTAÇÃO DIGITAL DE BALBINA

MANCAL GUIA SUPERIOR									
Temperatura									
Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Sensor	Ø tubulação	Tag Alarme	Descrição	Observação	Saída do CLP	
TT1	Entrada trocador calor		PT100-3F		26GSTEOA	TEMPERATURA DO ÓLEO NA ENTRADA DO TROCADOR ALFA-LAVAL		desenho 5799 folha 78/7	
	Saída trocador calor	26-6B			26GSTSOA	TEMPERATURA DO ÓLEO NA SAÍDA DO TROCADOR ALFA-LAVAL			
TT2	Água saída trocador	26-8	PT100-3F		26GSTSAA	TEMPERATURA DA ÁGUA SAÍDA DO TROCADOR ALFA-LAVAL		desenho 5799 folha 78/14	
Pressão									
Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Sensor	Ø tubulação	Tag alarme	Descrição	Observação	Saída CLP
MP1	Saída Motobomba 01	63-1D	3,9-4,4 kg/cm ²		½ npt	63-1D6A	Falta pressão óleo		des BAL 23-5787, fl
						63-1D7A	Pressão normal óleo		des BAL 23-5787, fl
						63-1D8A	Sobre pressão óleo MB 01		des BAL 23-5787, fl 99/7; PMG03/59 8-599
MP2	Saída Motobomba 02	63-2D	3,9-4,4 kg/cm ²		½ npt	63-2D9A	Falta pressão óleo		des BAL 23-5787, fl
						63-2D10A	Pressão normal óleo		des BAL 23-5787, fl

						63-2D11A	Sobre pressão óleo MB 02		des BAL 23-5787, fl 99/14; PMG03/60 6-607
DP1	Entrada e saída dos filtros óleo	63DP12	0,5kg/cm ²		1/2 npt	63DP1A	Alarme filtro óleo obstruído		des BAL 23-5787 fl 99/17; PMG03/60 8-609
DP2	Cuba de óleo	71GMO	0,02 kg/cm ²		½ npt	71GMOMBA	Nível Muito Baixo		des BAL 23-5785 fl
						71GMOBA	Nível Baixo		
						71GMONA	Nível normal	Instalar display de	des BAL 23-5787 fl
						71GMOAA	Nível Alto		des BAL23-5787 fl 100/7; QLCX.09B N2/491-492

Vazão

Transmissor	Posição Sensor	Tag Analóg	Vazão de Trabalho	Sensor	Ø tubulação	Tag digital	Descrição	observação	Saída CLP
IF1	Tubulação Saída óleo após os trocadores	80GMO	100 L/min		1"	80GMOA	Circulação de Óleo 1º	Engrenagens ovais	des BAL 23-5787
						94GMOTA	Circulação de Óleo 2º est. Trip	Digitalizar lógica e atuação temporizada/v	

								Substituir relé 94GMOX1T1 por relé RE3000 (ação eletrônica)	
IF2	Tubulação Saída água após os trocadores	80GMA	50 L/min	2"	80GMAA	Circulação Água	Ultrasonico(especificação)	des BAL 23-5787	
					94GMATA	Circulação Água 2º trip	Digitalizar lógica e atuação temporizada/v		
							Substituir relé 94GMAX1T1 por relé RE3000 (ação eletrônica)		

Transmissor	Posição Sensor	Tag Medição	Sensor	Ø tubulação	Tag Alarme	Observação	Saída do CLP
TT1	Tubulação entrada trocador de calor	26DB	PT100-3F		26CTOEA	ALARME NO IHM	Des. 5798 fl.31/3
TT2	Tubulação saída trocador de calor	26DI	PT100-3F		26CTASA		Des. 5798 fl.31/10

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Observação	Saída do CLP
MP1	Saída Motobomba AI	63LX	2,0 kg/cm ²	½ npt	63LXA		des BAL 23-5786 fl 136/5; PRATB/23-24

MP2	Saída Motobomba AJ	63LY	2,0 kg/cm ²	½ npt	63LYA		des BAL 23-5786 fl 136/7; PRATB/25-26
DP1	Entrada e saída dos filtros de óleo	63MB	0,5 kg/cm ²	½ npt	63MBA		des BAL 23-5786 fl 137/17; QLCX.9BN2/359-360
DP2	Cuba de óleo	71M	0,05 kg/cm ²	½ npt	71MD2A	Instalar Display de nível de óleo do Mancal combinado na Galeria Mecânica próximo a tomada de óleo	BAL23-5786 fl 136/3; PRA-TB/35-36
					71MD1A		
					71CYA		des BAL23-5786 fl 136/14; QLCX.9-BN2/391-392
					71MCA		des BAL23-5786 fl 137/5; QLCX.9-BN2/389-390
Transmissor	Posição do sensor	Tag Analóg	Vazão de Trabalho	Ø tubulação	Tag digital	Observação	Saída do CLP
IF1	Tubulação entrada de óleo na cuba	80LP	100 L/min	4"	80LPA	Engrenagens ovais	BAL23-5786-137/09; QLCX.9BN2/399-400

					94LPTA	Digitalizar lógica de atuação temporizada/velocidade nula.	
						Substituir relé 94LPX1T1 por relé RE3000 (ação eletronorte)	BAL23-5786-137/09;QLCX.9BN2/399-400
IF2	Tubulação saída água trocadores calor	80MM	50 L/min	4"	80MMA	Ultrasonico(especificação ELN)	BAL23-5786-137/13;QLCX.9BN2/357-358
					94MMTA	Digitalizar lógica e atuação temporizada/velocidade nula.	BAL23-5786-137/13;QLCX.9BN2/357-358
						Substituir relé 94MMX1T1 por relé RE3000 (ação eletronorte)	
Transmissor	Posição do sensor	Tag Medição	Pressão de Trabalho	Ø tubulação	Tag Alarme	Descrição	Saída CLP
MP1	Saída Motobombas AE/AF	63CR	33.8 - 36.8 bar		63CRA	Pressão normal óleo regulação	BAL23 -5786;f189-14;QLCX09-BN2;473-474
					63CRTA		
DP1	Fundo do reservatório de óleo do	71LI			71LI1A	Nível Baixo 1º estagio(Alarme)	BAL23 -5786;f189-16;QLCX09-BN2;469-470

	regulador (Tq. s/ pressão)				71LI2A	Nível Baixo 2º estagio(Trip)	BAL23 -5786;fI88-10;PRATB:17-18
DT1 TRANSMISSOR DE TEMPERATURA E DENSIDADE	Saída Motobom bas AE/AF	3126CR		4"	26CRA 31CRA		

Transmissor	Posição do sensor	Tag Medição	Vazão de Trabalho	Ø tubulação	Tag Alarme	Descrição	Saída CLP
IF1	Tubulação saída de água dos trocadores de calor	80MN	100 L/min	2"	80MNA	Circulação Água	BAL235786-89/18QLCX9;BN2: 471/472

Transmissor	Posição do sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø tubulação	Tag alarme	Descrição	Saída CLP
MP1	Na saída do acumulad or ar/ óleo	63L	37-40 bar		63LLGA	Pressão do acumulador Ar/óleo	Des.Bal 23-5786;fI89/22;QLCX09-BN2:457/458
					63LLFA		Des.Bal 23-5785;fI71/14-15;QLCX08-BN1:57-58/59-60
					63LLIA		
					63LNA		

DP1	Topo e base do acumulador ar/óleo	63DPAO	37-40bar	63DPCLA 71LCA	Pressão diferencial acumulador ar/óleo	BAL23 -5786;f190-04;QLCX06-BN1:128-129	
				63DPCJA 71CJA		BAL23 -5786;f164-11;PRATB-176-177	
				63DPCKA 71CKA		BAL23 -5786;f188-02;PRAT 7-8	
				63DPLD1A 71LD1A		BAL23 -5786;f190-06;QLCX09-BN2;439-440	
				63DPLD2A 71D2A		BAL23 -5786;f188-06;PRATB;21-22	
				63DPLEA 71LEA		BAL23 -5786;f190-09;QLCX09-BN2;441-442	
				63DPCLA 71CLA		BAL23 -5786;f188-04;PRATB:09-10	
PT1 Transmissor de posição	No niveostato do acumulador ar/óleo						
Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Saída CLP

MP1	Tubulação do tubo de Sucção	63TS1	2.5 kg/cm ²		63TS1A	Pressão do tubo de sucção	
MP2	Tomada paredão de montante próximo do Gerador	DJ	3.5 kg/cm ²		DJA	Pressao da Caixa espiral	
MP3	Cuba de óleo M. Guia Inferior	63MS			63MSA	Volume de óleo baixo na cuba do M. Guia Inferior	Des. 5797 fl. 97/3 e 97/9
DP1	RITEMAYE R de vazão turbinada	63RJ	1 kg/cm ²		63RJA	Vazão de água turbinada	BAL-23-5786;FL.27/18

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Saída do CLP
MP1	Na linha de óleo do Relé de Gás	63F2				Proteção relé de Gás	
DP1	Antes e Após Relé de Gás	71F3			71F3AA	Nível oleo alto trafo elevador(Alarme)	BAL-23-5787-FL 149-11/PMTEAT.X3/7-8
					71F3BA	Nível oleo baixo trafo elevador(Alarme)	BAL-23-5787-FL 149-11/PMTEAT.X3/7-8

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Saída CLP
MP1	Saída Moto-bomba AG	63LV	150Bar		63LVA	Pressão Óleo MB-AG	BAL23-5786;f1113-3;PRATB11-12:
MP2	Saída Moto-bomba AH	63LW	100Bar		63LWA	Pressão Óleo MB-AH	BAL23-5786;f1113-5;PRATB13-14
MP3	Saída filtros de óleo de injeção	63CS	100-150Bar		63SSA	Pressão Normal Óleo Injeção	BAL23-5786;f1113-21;QLCX.09 BN2: 431-432

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Observação	Saída CLP
MP1	Tubulação de Água de Vedação do eixo (Poço da Turbina)	63MQ	3.6Bar		63MQ1A	Instalar Alarme e/ou Some	
			1.0Bar		63MQ2A		BAL23-5786;f1159-21;QLCX.9/ 409-410
MP2	Tubulação de Água da Junta de Manutenção	63CW	2Bar		63CWA		BAL23-5786;f1160-14;QLCX.06/ BN1/803-804
MP3	Saída das MB's AK/AL						

DP1	Poço de drenagem da tampa da Turbina	71 SDR	71CGA	BAL23-5786;fl159-3;PRATB.27-28
			71CHA	BAL23-5786;fl159-5;PRATB.29-30
			71CIA	BAL23-5786; fl159-7;PRATB.31-32
			71LQA	BAL23-5786;fl159-9;PRATB.33-34

Transmissor	Posição Sensor	Tag Analóg	Vazão de Trabalho	Ø tubulação	Tag digital	observação	Saída CLP
IF1	Tubulação Água de Vedação Poço da Turbina	80MP		2"	80MPA	Engrenagens ovais	BAL 23-5786 fl160-5QLCX09;BN2;407/408

COMPORTA TOMADA D'AGUA

Pressão

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Saída CLP
MP1	Saída da MB's	63PBA			63PBA	Pressão Baixa do Óleo.	BAL23-5786;fl9-07;RBOEI:1026-1027
					63PAA	Pressão Alta do Óleo	BAL23-5786;fl9-13;RBOEI:1028-1029
MP2	Tubalação de óleo pressurizada					Pressão do óleo na tubulação das	

						comportas abertas.	
DP1	Central Hidráulica	71CB			71CBAA	Nível Alto de óleo	BAL23-5786;fl9-5;RBQEI:1024-1025
					71CBNA	Nível Normal de óleo	
					71CBBA	Nível Baixo de óleo	
DP2	Tomada paredão de montante próximo do Gerador	63PEP			63PEPA	Equil. de Pressão Estabelecida	BAL23-5786;fl9-16;RBQEI:1000-1001
DP3	Tomada paredão de montante próximo do Gerador	PC			PCA	Perda de Carga na grade	Des. 5798 fl. 27/9

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme	Descrição	Observação
MP1	Antes da Eletroválvula de Frenagem	63AF	5Bar		63AFA	Pressão do Ar Frenagem	BAL23-5787;fl114-2;PMG02;429-430

MP2	Após Eletroválvula de Frenagem	63F1	5Bar		63FIA	Pressão de Frenagem Indevida (trip)	BAL23-5787;fl114-4;PMG02;437-438
Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Tag alarme		Observação
DP1	Entrada e Saída (Filtro)		5mca				Des. 5783 fl. 86/3

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø tubulação	Descrição	Observação	Saída CLP
MP1	Balão de Ar (7bar)	63PC	5 - 7 bar		Pressão Balão (7 bar)	Pressão Alta 7.4bar (Alarme)	BAL23-5783/FL46-23;PM-RB1:11-12
						Pressão Baixa 4.5bar	BAL23-5783/FL46-21;PM-RB1:09-10
						6.2bar Liga 7bar Desl. 1º compressor	BAL23-5783/FL46-05;PM-RB2:53-54
						5.9bar Liga 7bar Desl. 2º compressor	BAL23-5783/FL46-03;PM-RB2:51-52

Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø tubulação	Descrição	Observação	Saída CLP
MP1	Balão de Ar 50Bar	63C	42-50 bar		Pressão Balão 50 bar	Pressão 47Bar Liga 1º Compressor (AO)	Será identificado relé no funcional
						Pressão 46Bar Liga 2º Compressor (AP)	
						Pressão 45Bar Liga 3º Compressor (AQ)	
						Pressão Baixa 44Bar (Alarme)	
Transmissor	Posição Sensor	Tag medição	Pressão trabalho	Ø conexão	Descrição	Observação	Saída CLP
MP1	Saída das MB's				Pressão de descarga		

	AN/AR				da MB	
DP1	Sucção das MB's Água Selagem	63MR			Baixa Pressão Água Selagem MB-AN/AR	REATIVAR FILTRO DE ÁGUA PARA AS MB's AN/AR
DP2	No Tanque Água Selagem	71MO			Nível Baixo no Tanque água Selagem	BAL23-5783;f195-11; PM-ANR ; BN113/14

Transmissor	Posição Sensor	Tag Medição	Sensor	Tag Alarme	Descrição	Saída do CLP
TT1	Tanque de óleo	26F1	PT100 3 F	26F11A	Sobre Temp. Óleo Trafo	BAL-23-5770-FL 59-3/PM-TRAT-X1-2/1
				26F12A	Sobre Temp. Óleo Trafo 2º Estágio	BAL-23-5770 -FL 59-5/PM-TRAT-X1-3/4

Transmissor	Posição Sensor	Tag Medição	Sensor	Tag Alarme	Descrição	Saída do CLP
TT1	Carcaça do Trafo	49F1/2	PT100 3 F	49F1A	Sobretemp . do Ar do	BAL-23-5770 -FL 197/3

				49F2A	Sobretemp. do Ar do Trafo n°1	BAL-23-5771 -FL 6/21
--	--	--	--	-------	-------------------------------------	----------------------

Transmissor	Posição Sensor	Tag Medição	Sensor	Tag Alarme	Descrição	Saída do CLP
				49F1A	Sobretemp. do Ar do Trafo n°2	BAL-23-5770 -FL 197/9
TT1	Carcaça do Trafo	49F1/2	PT100 3 F	49F2A	Sobretemp. do Ar do Trafo n°2	BAL-23-5771 -FL 36/21

4. PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

4.1 SISTEMA DA TURBINA - HIDRÁULICA



PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA
PERIÓDICA

HIDRÁULICA

SISTEMA DA TURBINA

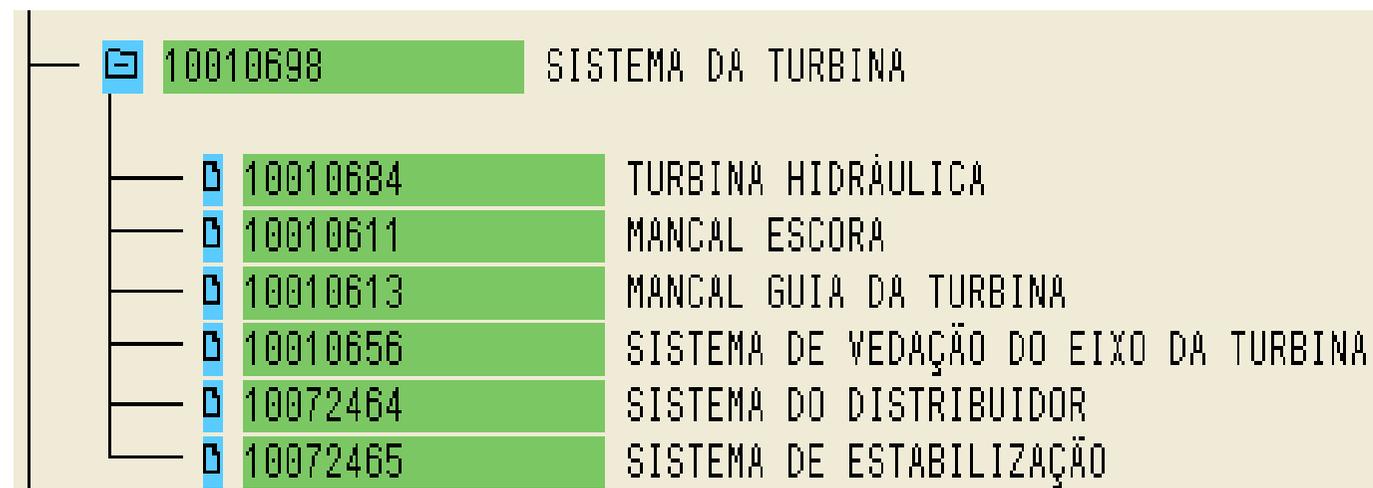
PMP - TU0003

REVISÃO	DATA	EMISSOR	APROV	ALTERAÇÕES PRINCIPAIS
00	MAR/1997	GAD/GCQ	COG	INTEGRADO AS EQUIPES E OS PROGRAMAS DE INSPEÇÕES E CONTROLE - PIC'S
01	NOV/1999	CTCQE	COG	DIVIDIR AS INSPEÇÕES EM ATIVIDADES AUTÔNOMAS E PLANEJADA DENTRO DA FILOSOFIA - "TPM"
02	AGO/2000	MP-TPM	COG	PADRONIZAÇÃO DOS PROGRAMAS DE INSPEÇÃO ENTRE AS INSTALAÇÕES – TUC / SAM / CN
03	FEV/2001	MP-TPM	COG	ATENDER AS NECESSIDADES DO MÓDULO PM R3 (NOME, NÚMERO, PERIODICIDADE, ATIVIDADE, ROTEIRO, ETC...).
04	JUN/2003	CPM	COG	INSERIDO PLANO DE MANUTENÇÃO COM PERIODICIDADE TRIMESTRAL PARA REGULADOR HIDRÁULICO.
05	MAR/2004	CPM	COG	ALTERADO PARA ATENDER MODIFICAÇÕES NA ESTRUTURA NO MÓDULO PM R3 (SEPARAÇÃO DE EQUIPAMENTOS).

1 – OBJETIVO

- Garantir a confiabilidade do sistema.
- Cumprir com a programação de manutenção.

2 – CAMPO DE APLICAÇÃO



DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

10010424 – SISTEMA DA TURBINA – UGA01
10010496– SISTEMA DA TURBINA – UGA02
10010595 – SISTEMA DA TURBINA – UGH01
10010698 – SISTEMA DA TURBINA – UGH02
10010797 – SISTEMA DA TURBINA – UGH03
10010896 – SISTEMA DA TURBINA – UGH04
10010995 – SISTEMA DA TURBINA – UGH05
10011094 – SISTEMA DA TURBINA – UGH06
10011193– SISTEMA DA TURBINA – UGH07
10011290 – SISTEMA DA TURBINA – UGH08

10011390 – SISTEMA DA TURBINA – UGH09
10011491 – SISTEMA DA TURBINA – UGH10
10011591 – SISTEMA DA TURBINA – UGH11
10011692 – SISTEMA DA TURBINA – UGH12
10052689 – SISTEMA DA TURBINA – UGH13
10057896 – SISTEMA DA TURBINA – UGH14
10069800 – SISTEMA DA TURBINA – UGH15
10070664 – SISTEMA DA TURBINA – UGH16
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH17
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH18
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH19
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH20
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH21
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH22
00000000 – SISTEMA DA TURBINA – UGH23

3 – EQUIPE RESPONSÁVEL

- Centro de Trabalho Responsável: TUPB (MECÂNICA)
TUPC (ELETRICA)

4 - PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA

- Utilizar EPI's;
- Elaborar a Análise Preliminar de Riscos – APR

5 - PERIODICIDADE

- C1 - ANUAL
- C2 - 05 ANOS

6 – PLANEJAMENTO

- Realizar análise preliminar de risco.
- Dimensionar satisfatoriamente a equipe.
- Relacionar materiais, ferramentas e equipamentos.
- Analise das atividades em loco.
- Dar feedback ao Centro de Planejamento e propor melhorias.

7 - RECURSOS HUMANOS UTILIZADOS

PERIODICIDADE	PLANEJAMENTO	EXECUÇÃO	ANÁLISE
ANUAL	01 X 00:15	04 X 07:00	01 X 00:15
05 ANOS	01 X 02:00	10 X 63:00	01 X 01:30

8 - FERRAMENTAS, INSTRUMENTOS, MATERIAIS DE REPOSIÇÃO E DE LIMPEZA A SEREM UTILIZADOS

PERIODICIDADE	FERRAMENTAS	INSTRUMENTOS/ EQUIPAMENTOS	MATERIAIS
ANUAL	- Caixa de ferramenta para mecânico.	- Bomba graxeira	- Material para limpeza; etc...

05 ANOS	-Caixa de ferramentas para mecânico; lanterna etc...	- Material para limpeza; extensões, penderes; etc...
----------------	--	--

9 – CUSTOS (R\$)

Os custos do PMP serão estimados no planejamento, e os custos efetivamente realizados serão contabilizados na ORDEM DE MANUTENÇÃO no ambiente R/3.

ITEM
Hxh utilizados
Ferramentas, Instrumentos, Materiais de reposição e de limpeza
Perda por indisponibilidade do equipamento
Gastos com terceiros

10 – INSPEÇÕES E CONTROLE

ITEM	O QUE FAZER?
	ANUAL
01	MANCAL DE GUIA
1.1	Verificar estanqueidade das tubulações
1.2	Limpeza nas tubulações, motobombas, filtros de óleo, etc...
1.3	Inspeccionar todos os instrumentos
1.4	Verificar nível de óleo
1.5	Efetuar limpeza nos demarradores
02	MANCAL DE ESCORA
2.1	Lubrificação dos mancais das motobombas
2.2	Verificar estanqueidade das tubulações
2.3	Limpeza nas tubulações, motobombas, filtros de óleo, etc...

2.4	Inspecionar todos os instrumentos
2.5	Verificar nível de óleo
2.6	Efetuar limpeza nos demarradores
03	SISTEMA DE RESFRIAMENTO DOS MANCAIS
3.1	Lubrificação das hastes das válvulas;
3.2	Verificar estanqueidade das tubulações
3.3	Efetuar limpeza nas tubulações, motobombas ,trocadores de calor, etc...
3.4	Inspecionar todos os instrumentos
	05 ANOS
04	MANCAL COMBINADO E ESCORA
	VERIFICAR O ESTADO DE LIMPEZA E PINTURA DAS TUBULAÇÕES DE CIRCULAÇÃO DE

	ÓLEO E INJEÇÃO
	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES E VÁLVULAS DE CIRCULAÇÃO E INJEÇÃO
	VERIFICAR O ESTADO DE FUNCIONABILIDADE DOS INSTRUMENTOS DE PRESSÃO, VAZÃO, TEMPERATURA E NÍVEL.
	FILTRAR O ÓLEO DE CIRCULAÇÃO
	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DOS TROCADORES DE CALOR
	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DOS SELOS MECÂNICOS DAS MOTOBOMBAS AI/AJ
	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS MOTOBOMBAS AG/AH
	INSPECIONAR OS ELEMENTOS FILTRANTES DE CIRCULAÇÃO E INJEÇÃO
	LUBRIFICAR O ACOPLAMENTO DAS MOTOBOMBAS AI/AJ
	LIMPEZA DOS PAINÉIS
	ESTADO GERAL DOS CONTADORES DE FORÇA
	REAPERTAR BORNES E CONEXÕES

05	MANCAL GUIA DA TURBINA
5.1	FILTRAR ÓLEO DA CUBA
5.2	VERIFICAR ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES
5.3	LIMPEZA NAS TUBULAÇÕES, MOTOBOMBAS, FILTROS DE ÓLEO, ETC...
5.4	INSPECIONAR TODOS OS INSTRUMENTOS
5.4	VERIFICAR NÍVEL DE ÓLEO
5.6	EFETUAR LIMPEZA NOS DEMARRADORES
06	VEDAÇÃO DO EIXO
6.1	ESTADO GERAL DOS CARVÕES
6.2	ESTADO GERAL DA PISTA DE DESGASTE
6.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE DA JUNTA INFLAVEL
6.4	VERIFICAR O ESTADO GERAL DO PORTA- JUNTA, CARTER SUPORTE, LABIRINTO QUANTO A CORROSÃO
6.5	VERIFICAR O ESTADO GERAL DAS TUBULAÇÕES QUANTO A INCRUSTRAÇÃO.
6.6	MEDIR O DESGASTE DA JUNTA-CARVÃO
6.7	INSPEÇÃO DO FILTRO DE ÁGUA DE RESFRIAMENTO(CESTA,CORPO E VALVULAS0
07	DISTRIBUIDOR

7.1	VERIFICAR ESTADO DAS PALHETAS QUANTO CORROSÃO
7.2	VERIFICAR OCORRENCIA DE CAVITAÇÃO NAS PALHETAS
7.3	VERIFICAR O POSICIONAMENTO E TRAVAS DOS PINOS DE CISALHAMENTO
7.4	CONFERIR TORQUE DAS PORCAS DO PARAFUSO DE SUSTENTAÇÃO DAS PALHETAS
7.5	ESTADO GERAL DE CONSERVAÇÃO DAS BIELAS E MANIVELAS
7.6	VERIFICAR A EXISTENCIA DE CORROSÃO E O ESTADO DE PINTURA DO ANEL DE SINCRONISMO
7.7	VERIFICAR O ESTADO DE CONSERVAÇÃO E LIMPEZA DAS CHAVES FIM DE CURSO DE DISTRIBUIDOR ABERTO E FECHADO-GA'S
7.8	VERIFICAR O ESTADO DE CONSERVAÇÃO E LIMPEZA DAS CHAVES FIM DE CURSO DE PINO DE CISALHAMENTO
7.9	LEVANTAR AS FOLGAS DAS PALHETAS DIRETRIZES
08	SERVOMOTORES DO DISTRIBUIDOR
8.1	A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES.
8.2	O ESTADO GERAL DE LIMPEZA E PINTURA DAS TUBULAÇÕES.
8.3	O ESTADO GERAL DE LIMPEZA E PINTURA DOS SERVOMOTORES E GARFOS DE ARTICULAÇÃO.
8.4	A ESTANQUEIDADE ENTRE CÂMARAS
8.5	A ESTANQUEIDADE DO SERVOMOTOR
8.6	A EXISTÊNCIA DE ARRANHÕES, TRINCAS E EMPENAMENTO DAS HASTES DOS SERVOMOTORES
8.7	O ESTADO DO DIAFRÁGMA DAS CÂMARAS DE ABERTURA DOS SERVOMOTORES
8.8	O ESTADO DO DIAFRÁGMA DAS CÂMARAS DE FECHAMENTO DOS SERVOMOTORES
8.9	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS TRAVAS MECÂNICAS MANUAIS
8.10	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS TRAVAS HIDRÁULICAS(UGH'S 13 A 23)
8.11	A ESTANQUEIDADE DAS TRAVAS HIDRÁULICAS(UGH'S 13 A 23)
8.12	VERIFICAR A FIXAÇÃO DO LIMITADOR DE ABERTURA MECÂNICA (LH) E (LJ)
8.13	VERIFICAR A FIXAÇÃO DA HASTE DE REALIMENTAÇÃO DOS SERVOMOTORES (315)

8.14	VERIFICAR A FIXAÇÃO DO VARIÔMETRO (EC) QUE INDICA A POSIÇÃO DE ABERTURA DO DISTRIBUIDOR
8.15	VERIFICAR A FIXAÇÃO ENTRE OS SERVOMOTORES E AS ALAVANCAS DO SISTEMA
8.16	VERIFICAR A FIXAÇÃO DOS CONTATOS DE FIM DE CURSO CC/CD DE INDICAÇÃO DE TRAVA APLICADA OU DESAPLICADA COM DISTRIBUIDOR FECHADO(UGH'S 13 A 23)
8.17	VERIFICAR O ESTADO DO CONTATO FIM DE CURSO CB DE INDICAÇÃO DE TRAVA APLICADA OU DESAPLICADA COM DISTRIBUIDOR ABERTO(UGH'S 13 A 23)
09	TAMPAS DA TURBINA
9.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
9.2	VERIFICAR ESTADO GERAL DE PINTURA
9.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE
9.4	INPECIONAR AS BOMBAS DE DRENAGEM, TUBULAÇÕES, INSTRUMENTOS, VÁLVULAS
10	EIXO
10.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
10.2	FIXAÇÃO DO SENSOR DE SOBREVELOCIDADE 331
10.3	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO PISTÃO DA VÁLVULA 332
10.4	ESTANQUIEDADADE DA TUBULAÇÃO DE SOBREVELOCIDADE
10.5	INSPECIONAR AO ESCOVA DE ATERRAMENTO
12	RODA DA TURBINA
12.1	VERIFICAR OCORRÊNCIA DE TRINCAS E CAVITAÇÃO NAS PÁS
12.2	EFETUAR MEDIDA DE FOLGA DA RODA COM PARTES FIXAS
12.3	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
12.4	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE
13	ESTABILIZAÇÃO
13.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO

13.2	VERIFICAR ESTADO GERAL DE PINTURA
13.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE
13.4	CONFERIR O AJUSTE DAS MOLAS DAS VÁLVULAS DE AERAÇÃO
13.5	VERIFICAR O ESTADO GERAL DA BOIA DA VÁLVULA DE AERAÇÃO
13.6	VERIFICAR A VEDAÇÃO DE EMERGÊNCIA
13.7	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES E VÁLVULAS DO AR DE INJEÇÃO-GA
13.8	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DO SOLENÓIDE DO AR DE INJEÇÃO-GA
	10 ANOS
14	MANCAL COMBINADO E ESCORA
14.1	VERIFICAR O ESTADO DE LIMPEZA E PINTURA DAS TUBULAÇÕES DE CIRCULAÇÃO DE ÓLEO E INJEÇÃO
14.2	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES E VÁLVULAS DE CIRCULAÇÃO E INJEÇÃO
14.3	VERIFICAR O ESTADO DE FUNCIONABILIDADE DOS INSTRUMENTOS DE PRESSÃO, VAZÃO, TEMPERATURA E NÍVEL.
14.4	VERIFICAR O ESTADO DO METAL PATENTE DAS SAPATAS DE ESCORA E PATINS
14.5	VERIFICAR O ESTADO DO BLOCO DE ESCORA
14.6	VERIFICAR A FIXAÇÃO E O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS MANGUEIRAS DE INJEÇÃO

14.7	ENSAIAR AS PROTEÇÕES DE TEMPERATURA E NÍVEL DO MANCAL
14.8	VERIFICAR O ESTADO DAS MEMBRANAS TOROIDAIS
14.9	AJUSTAR A FOLGA DOS PATINS
14.10	FILTRAR O ÓLEO DE CIRCULAÇÃO
14.11	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DOS TROCADORES DE CALOR
14.12	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DOS SELOS MECÂNICOS DAS MOTOBOMBAS AI/AJ
14.13	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS MOTOBOMBAS AG/AH
14.14	INSPECIONAR OS ELEMENTOS FILTRANTES DE CIRCULAÇÃO E INJEÇÃO
14.15	LUBRIFICAR O ACOPLAMENTO DAS MOTOBOMBAS AI/AJ
14.16	LIMPEZA DOS PAINÉIS
14.17	ESTADO GERAL DOS COTADORES DE FORÇA
14.18	REAPERTAR BORNES E CONEXÕES
15	MANCAL GUIA DA TURBINA
15.1	INSPECIONAR O ESTADO DO METAL PATENTE
15.2	VERIFICAR O ESTADO GERAL DO CÂRTER SUPORTE QUANTO A CORROSÃO E O ESTADO DE PINTURA

15.3	VERIFICAR O ESTADO DE PINTURA DA CUBA GIRATÓRIA
15.4	FILTRAR O ÓLEO DA CUBA
16	VEDAÇÃO DO EIXO
16.1	ESTADO GERAL DOS CARVÕES
16.2	ESTADO GERAL DA PISTA DE DESGASTE
16.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE DA JUNTA INFLAVEL
16.4	VERIFICAR O ESTADO GERAL DO PORTA- JUNTA, CARTER SUPORTE, LABIRINTO QUANTO A CORROSÃO
16.5	VERIFICAR O ESTADO GERAL DAS TUBULAÇÕES QUANTO A INCRUSTAÇÃO.
17	DISTRIBUIDOR
17.1	VERIFICAR ESTADO DAS PALHETAS QUANTO CORROSÃO
17.2	VERIFICAR OCORRENCIA DE CAVITAÇÃO NAS PALHETAS
17.3	CONFERIR TORQUE DOS PINOS DE CISALHAMENTO
17.4	MEDIR O NÍVEL DE DESGASTE DOS MANCAIS DAS PALHETAS
17.5	CONFERIR TORQUE DA S PORCAS DO PARAFUSO DE SUSTENTAÇÃO DAS PALHETAS
17.6	ESTADO GERAL DE CONSERVAÇÃO DAS BIELAS E MANIVELAS
17.7	MEDIR NÍVEL DE DESGASTE DOS MANCAIS DO ANEL DE SINCRONISMO
17.8	VERIFICAR A EXISTENCIA DE CORROSÃO E O ESTADO DE PINTURA DO ANEL DE SINCRONISMO
17.9	VERIFICAR O ESTADO DE CONSERVAÇÃO E LIMPEZA DAS CHAVES FIM DE CURSO
17.10	LEVANTAR AS FOLGAS DAS PALHETAS DIRETRIZES

18	SERVOMOTORES DO DISTRIBUIDOR
18.1	A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES.
18.2	O ESTADO DE GERAL DE LIMPEZA E PINTURA DAS TUBULAÇÕES.
18.3	O ESTADO GERAL DE LIMPEZA E PINTURA DOS SERVOMOTORES E GARFOS DE ARTICULAÇÃO.
18.4	A FIXAÇÃO DOS SERVOMOTORES À BLINDAGEM DO POÇO
18.5	A ESTANQUEIDADE ENTRE CÂMARAS
18.6	A ESTANQUEIDADE DO SERVOMOTOR
18.7	A EXISTÊNCIA DE ARRANHÕES, TRINCAS E EMPENAMENTO DAS HASTES DOS SERVOMOTORES
18.8	O DESGASTE DA BUCHA DA HASTE
18.9	O ESTADO DAS GAXETAS CHEVRON
18.10	O ESTADO DO ANEL RASPADOR
18.11	O ESTADO DO DIAFRÁGMA DA S CÂMARAS DE ABERTURA DOS SERVOMOTORES
18.12	O ESTADO DO DIAFRÁGMA DA S CÂMARAS DE FECHAMENTO DOS SERVOMOTORES
18.13	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS TAVAS MECÂNICAS MANUAIS
18.14	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS TRAVAS HIDRÁULICAS
18.15	A ESTANQUEIDADE DAS TRAVAS HIDRÁULICAS
18.16	VERIFICAR A FIXAÇÃO DO LIMITADOR DE ABERTURA MECÂNICA (LH) E (LJ)
18.17	VERIFICAR A FIXAÇÃO DA HASTE DE REALIMENTAÇÃO DOS SERVOMOTORES (315)
18.18	VERIFICAR A FIXAÇÃO DO VARIÔMETRO (EC) QUE INDICA A POSIÇÃO DE ABERTURA DO DISTRIBUIDOR
18.19	VERIFICAR A FIXAÇÃO ENTRE OS SERVOMOTORES E AS ALAVANCAS DO SISTEMA
18.20	VERIFICAR A FIXAÇÃO DOS CONTATOS DE FIM DE CURSO CC/CD DE INDICAÇÃO DE TRAVA APLICADA OU DESAPLICADA COM DISTRIBUIDOR FECHADO
18.21	VERIFICAR A FIXAÇÃO DO CONTATO FIM DE CURSO CB DE INDICAÇÃO DE TRAVA APLICADA OU DESAPLICADA COM DISTRIBUIDOR ABERTO
19	TAMPA DA TURBINA

19.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
19.2	VERIFICAR ESTADO GERAL DE PINTURA
19.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE
19.4	INPECIONAR AS BOMBAS DE DRENAGEM, TUBULAÇÕES, INSTRUMENTOS, VÁLVULAS
20	EIXO
20.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
20.2	FIXAÇÃO DO SENSOR DE SOBREVELOCIDADE 331
20.3	O ESTADO DE CONSERVAÇÃO DO PISTÃO DA VÁLVULA 332
20.4	ESTANQUIEDADADE DA TUBULAÇÃO DE SOBREVELOCIDADE
20.5	INSPECIONAR AO ESCOVA DE ATERRAMENTO
21	RODA DA TURBINA
21.1	VERIFICAR OCORRÊNCIA DE TRINCAS E CAVITAÇÃO NAS PÁS
21.2	EFETUAR MEDIDA DE FOLGA DA RODA COM PARTES FIXAS
21.3	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
22	ESTABILIZAÇÃO
22.1	VERIFICAR O ESTADO GERAL QUANTO CORROSÃO
22.2	VERIFICAR ESTADO GERAL DE PINTURA
22.3	VERIFICAR AS CONDIÇÕES DE ESTANQUEIDADE
22.4	CONFERIR O AJUSTE DAS MOLAS DAS VÁLVULAS DE AERAÇÃO
22.5	VERIFICAR O ESTADO GERAL DA BOIA DA VÁLVULA DE AERAÇÃO
22.7	VERIFICAR A ESTANQUEIDADE DAS TUBULAÇÕES E VÁLVULAS DO AR DE INJEÇÃO-GA
22.8	VERICAR AS CONDIÇÕES DO SOLENÓIDE DO AR DE INJEÇÃO-GA
22.9	VERIFICAR A VEDAÇÃO DE EMERGÊNCIA

4.2 MEDIÇÃO DE VIBRAÇÃO



PROGRAMA DE MANUTENÇÃO PLANEJADA
PERIÓDICA

HIDRÁULICA

MEDICÃO DE VIBRAÇÃO

PMP – VI0028

REVISÃO	DATA	EMISSOR	APROV	ALTERAÇÕES PRINCIPAIS
00	MAR/1997	GAD/GCQ	COG	INTEGRADO AS EQUIPES E OS PROGRAMAS DE INSPEÇÕES E CONTROLE - PIC'S
01	NOV/1999	CTCQE	COG	DIVIDIR AS INSPEÇÕES EM ATIVIDADES PREVENTIVA E PREDITIVA DENTRO DA FILOSOFIA - "TPM"
02	AGO/2000	MP-TPM	COG	PADRONIZAÇÃO DOS PROGRAMAS DE INSPEÇÃO ENTRE AS INSTALAÇÕES – TUC / SAM / CN
03	FEV/2001	MP-TPM	COG	ATENDER AS NECESSIDADES DO MÓDULO PM R3 (NOME, NÚMERO, PERIODICIDADE, ATIVIDADE, ROTEIRO, ETC...).

1 – OBJETIVO

- Captar as condições atuais dos equipamentos, prevendo e antecipando as causas sw futuras anormalidades (falhas ou defeitos).

2 – CAMPO DE APLICAÇÃO

DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO	
10010363 - MANCAL COMBINADO - GA01	10010435 - MANCAL COMBINADO - GA02
10010422 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GA01	10010493 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GA02
10010508 - MANCAL DE ESCORA - GP01	10010611 - MANCAL DE ESCORA - GP02
10010509 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP01	10010612 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP02
10010510 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP01	10010613 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP02
10010578 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP01	10010681 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP02
10010580 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP01	10010683 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP02
10010710 - MANCAL DE ESCORA - GP03	10010809 - MANCAL DE ESCORA - GP04
10010711 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP03	10010810 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP04
10010712 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP03	10010811 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP04
10010780 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP03	10010879 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP04
10010782 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP03	10010881 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP04
10010909 - MANCAL DE ESCORA - GP05	10011007 - MANCAL DE ESCORA - GP06
10010910 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP05	10011008 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP06
10010911 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP05	10011009 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA - GP06
10010977 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP05	10011077 - REGULADOR DE VELOCIDADE - GP06
10010979 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP05	10011079 - TRANSFORMATOR 500 KV - GP06
10011106 - MANCAL DE ESCORA - GP07	10011205 - MANCAL DE ESCORA - GP08
10011107 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP07	10011206 - MANCAL DE GUIA DO GERADOR - GP08
10011108 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA -	10011207 - MANCAL DE GUIA DA TURBINA -

- Centro de Trabalho Responsável: TUPC (ELÉTRICA)

4 - PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA

- Utilizar EPI's;
- Observar os procedimentos de isolamento do campo "C" da Ordem de Serviço.
- Verificar quadro de mapeamento de risco.

5 - PERIODICIDADE

- C1 - SEMESTRAL

6 – PLANEJAMENTO

- Realizar análise preliminar de risco.
- Dimensionar satisfatoriamente a equipe.
- Relacionar materiais, ferramentas e equipamentos.
- Analise das atividades em loco.
- Dar feedback ao Centro de Planejamento e propor melhorias

7 - RECURSOS HUMANOS UTILIZADOS

PERIODICIDADE	PLANEJAMENTO	EXECUÇÃO	ANÁLISE
SEMESTRAL	02 X 01:00	02 X 01:00	02 X 01:00

8 - FERRAMENTAS, INSTRUMENTOS, MATERIAIS DE REPOSIÇÃO E DE LIMPEZA A SEREM UTILIZADOS.

PERIODICIDADE	FERRAMENTAS	INSTRUMENTOS/ EQUIPAMENTOS	MATERIAIS
E			
SEMESTRAL	- Chave de fenda tamanho grande; etc..	- Coletar dados microlog Sec. Microcomputador com acesso a rede.	- Material para limpeza; álcool trapo; etc ...

9 – CUSTOS (R\$)

Os custos do PMP serão estimados no planejamento, e os custos efetivamente realizados serão contabilizados na ORDEM DE MANUTENÇÃO no ambiente R/3.

ITEM
Hxh utilizados
Ferramentas, Instrumentos, Materiais de reposição e de limpeza

Perda por indisponibilidade do equipamento

Gastos com terceiros

10 – INSPEÇÕES E CONTROLE

ITEM	O QUE FAZER ?
	SEMESTRAL
01	UNIDADES GERADORAS PRICIPAIS
1.1	Moto bombas do mancal guia do gerador AX / AY
1.2	Moto bombas do mancal escora AI / AJ
1.3	Moto bombas do mancal guia inferior AK / AL
1.4	Moto bombas do sistema de regulação AE / AF
02	UNIDADES GERADORAS AUXILIARES

2.1	Moto bombas do mancal combinado
2.2	Moto bombas do regulador de velocidade
03	TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA 500 KV
3.1	Sistema de Resfriamento (Moto bombas) Bb-01, Bb-02, Bb-03, Bb-04, Bb-05 e Bb-06.

Denominação	Plno.manutenção	Item manut.	Descrição	Total	
MANCAL COMBINADO	15000502	13238	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000503	13239	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
MANCAL ESCORA	15000463	13200	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000464	13201	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000465	13202	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000466	13203	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000467	13204	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000468	13205	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000469	13206	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000470	13207	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000471	13208	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000472	13209	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000473	13210	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	15000474	13211	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
	MANCAL GUIA DA TURBINA	15000475	13212	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
		15000476	13213	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000477		13214	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000478		13215	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000479		13216	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000480		13217	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000481		13218	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000482		13219	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000483		13220	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000484		13221	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000485		13222	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	
15000486		13223	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1	

MANCAL GUIA DO GERADOR	15000510	13055	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000511	13056	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000512	13057	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000513	13058	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000514	13059	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000515	13060	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000516	13241	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000517	13242	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000518	13243	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000519	13244	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000520	13245	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000521	13246	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	REGULADOR HIDRÁULICO	15000487	13224	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)
15000488		13225	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000489		13226	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000490		13227	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000491		13228	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000492		13229	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000493		13230	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000494		13231	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000496		13232	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000497		13233	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000498		13234	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000499		13235	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000500		13236	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
15000501		13237	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1

TRANSFORMADOR DE POTÊNCIA 500 KV	15000522	13247	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000523	13248	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000524	13249	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000525	13250	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000526	13251	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000527	13252	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000528	13253	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000529	13254	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000530	13255	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000531	13256	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000532	13257	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
	15000533	13258	PMP VI0028 - MEDIR VIBRAÇÃO (6M)	1
Total Global				64

5. ÁRVORE DE FALHAS – UNIDADE GERADORA HIDRÁULICA (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

TP.catál.	Grupo...	vaz.	Txt.catálogo..... Descrição.....	Pal.chave... TD Status	
S		PT	Árvore Falha	Árvore Falha	
	UGH	PT	Unidade Geradora Hidráulica		3
		1 PT	Unidade Geradora Hidráulica		
	UGH-ADE1	PT	Adução		2
		1 PT	Caixa espiral		
		2 PT	Estrutura civil		
		3 PT	Grades		
		4 PT	Guia		
		5 PT	Instrumentação		
		6 PT	Junta elástica		
		7 PT	Pré distribuidor		
		8 PT	Soleira		
	UGH-ADE2	PT	Descarga		2
		1 PT	Anel de descarga		
		2 PT	Estrutura civil		
		3 PT	Guia		
		4 PT	Instrumentação		
		5 PT	Soleira		
		6 PT	Sucção		
	UGH-ARE1	PT	Acumulador		2
		1 PT	Bateria		
		2 PT	Cabos e conectores		
	UGH-ARE2	PT	Retificador		2
		1 PT	Circuito elétrico		
		2 PT	Circuito eletrônico		
		3 PT	Instrumentação		
		4 PT	Painel de comando		
		5 PT	Retificador		
		6 PT	Transformador		
	UGH-ARET	PT	UGH-Acumulador e Retificador		3
		1 PT	Amparímetro		
		2 PT	Bateria		
		3 PT	Chave Seletora		
		4 PT	Comando e Controle		
		5 PT	Contator		
		6 PT	Fusível		
		7 PT	Módulo Indicador		
		8 PT	Paínel		
		9 PT	Retificador		
		10 PT	Sensor de Temperatura		
		11 PT	Transformador		
		12 PT	Voltímetro		
	UGH-ARS1	PT	Sistema de resfriamento		2
		1 PT	Filtro		
		2 PT	Instrumentação		
		3 PT	Trocador de calor		
		4 PT	Tubulações e conexões		
		5 PT	Válvulas		
		6 PT	Ventilador		

UGH-ARS2	PT	Painel elétrico	2
	1 PT	Chave seletora	
	2 PT	Circuito de comando	
	3 PT	Contator	
	4 PT	Disjuntor	
	5 PT	Fusível	
	6 PT	Relés	
UGH-ARS3	PT	Moto-compressor	2
	1 PT	Compressor	
	2 PT	Instrumentação	
	3 PT	Motor	
	4 PT	Reservatório	
	5 PT	Tubulações e conexões	
	6 PT	Válvulas	
UGH-ARS4	PT	Acumulador principal	2
	1 PT	Acumulador	
	2 PT	Desumidificador/purgador	
	3 PT	Instrumentação	
	4 PT	Tubulações e conexões	
	5 PT	Válvulas	
UGH-ARSR	PT	UGH-Sistema de Ar de Serviço	3
	1 PT	Acumulador	
	10 PT	Lubrificador	
	11 PT	Manômetro	
	12 PT	Motor Elétrico	
	13 PT	Painel	
	14 PT	PLC	
	15 PT	Polia	
	16 PT	Pressostato	
	17 PT	Purgador	
	18 PT	Relé	
	19 PT	Secador	
	2 PT	Cabeçote	
	20 PT	Solenóide	
	21 PT	Termostato	
	22 PT	Trocador de Calor	
	23 PT	Tubulação	
	24 PT	Válvula	
	3 PT	Chave Seletora	
	4 PT	Compressor	
	5 PT	Contator	
	6 PT	Correia	
	7 PT	Filtro	
	8 PT	Fluxostato	
	9 PT	Fusível	
UGH-CIVI	PT	UGH-Estrutura Civil	2
	1 PT	PAREDES	
UGH-CMCC	PT	UGH-Sistema Comando Controle	2
	1 PT	Anunciador de Alarme	
	10 PT	Módulo de Entrada Digital	
	11 PT	Módulo de Saída Digital	
	12 PT	Módulo Processamento-CPU	
	13 PT	Rede de Comunicação	
	14 PT	Relé Auxiliar	

	15	PT	Software	
	16	PT	Switch	
	2	PT	Botão de Comando	
	3	PT	Botoeira	
	4	PT	Conversor	
	5	PT	Conversor Eletro-Óptico	
	6	PT	Diodo	
	7	PT	Fonte de Alimentação	
	8	PT	Módulo de Comunicação	
	9	PT	Módulo de Entrada Analógica	
UGH-COM1		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator principal	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
	7	PT	Transformador de controle	
UGH-COM2		PT	Sistema de óleo	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Moto bomba	
	3	PT	Óleo	
	4	PT	Tanque	
	5	PT	Tubulações e conexões	
	6	PT	Válvulas	
UGH-COM3		PT	Servo motor	2
	1	PT	Cilindro	
	2	PT	Fim de curso de segurança	
	3	PT	Guarnições	
	4	PT	Haste	
	5	PT	Válvulas	
UGH-COM4		PT	Comporta vagão	2
	1	PT	Molas	
	2	PT	Painel e tabuleiro	
	3	PT	Roda	
	4	PT	Vedação	
UGH-COM5		PT	Indicador de Posição	2
	1	PT	Fim de curso de posição	
	2	PT	Mecanismo de indicação	
UGH-COMP		PT	UGH-Comporta da Tomada D'água	3
	1	PT	Bomba	
	10	PT	Garfo	
	11	PT	Gaxetas	
	12	PT	Guias	
	13	PT	Haste	
	14	PT	Indicador de Posição	
	15	PT	Manômetro	
	16	PT	Motor Elétrico	
	17	PT	Nivostato	
	18	PT	Painel Elétrico	
	19	PT	PLC	
	2	PT	Borracha de Vedação	
	20	PT	Pressostato	
	21	PT	Purgador	
	22	PT	Relé	

	23	PT	Retentor	
	24	PT	Rodas	
	25	PT	Sistema de Lubrificação das Rodas	
	26	PT	Soleira	
	27	PT	Solenóide	
	28	PT	Tanque	
	29	PT	Tubulação	
	3	PT	Chave Seletora	
	30	PT	Vacuostato	
	31	PT	Válvula	
	4	PT	Cilindro	
	5	PT	Contator	
	6	PT	Embolo	
	7	PT	Filtro	
	8	PT	Fim de Curso	
	9	PT	Fusível	
UGH-COPR		PT	UGH-Compressor	2
	1	PT	Acumulador de Líquido	
	2	PT	Botoeira	
	3	PT	Cabeçote	
	4	PT	Chave Seletora	
	5	PT	Comando	
	6	PT	Condensador	
	7	PT	Contator	
	8	PT	Correia	
	9	PT	Êmbolo	
	10	PT	Filtro	
	11	PT	Fusível	
	12	PT	Haste	
	13	PT	Lubrificador Automático	
	14	PT	Módulo de Controle	
	15	PT	Motor Elétrico	
	16	PT	Nivostato	
	17	PT	Paínel	
	18	PT	PLC	
	19	PT	Polia	
	20	PT	Pressostato	
	21	PT	Purgador	
	22	PT	Relé	
	23	PT	Reservatório de Ar	
	24	PT	Sensor de Temperatura	
	25	PT	Separador de Condensado	
	26	PT	Sonda Termica	
	27	PT	Trocador de Calor	
	28	PT	Tubo Capilar	
	29	PT	Tubulação	
	30	PT	Válvula	
	31	PT	Ventilador	
UGH-CRED		PT	UGH-Central Resfrieração	2
	1	PT	Bomba	
	10	PT	Disjuntor	
	11	PT	Duto	
	12	PT	Evaporador	
	13	PT	Filtro	
	14	PT	Fusível	

	15	PT	Isolamento Térmico	
	16	PT	Manômetro	
	17	PT	Motor Elétrico	
	18	PT	Paínel Elétrico	
	19	PT	Pressostato	
	2	PT	Chave de Fluxo	
	20	PT	Relé	
	21	PT	Reservatório	
	22	PT	Termômetro	
	23	PT	Torre	
	24	PT	Trocador de Calor	
	25	PT	Tubulação	
	26	PT	Ventilador	
	27	PT	Visor de Líquido	
	28	PT	Válvula	
	3	PT	Chave de Nível	
	4	PT	Chave Seletora	
	5	PT	Climatizadora	
	6	PT	Compressor	
	7	PT	Condensador	
	8	PT	Contator	
	9	PT	Difusor	
UGH-CUB1		PT	Cubículo de neutro	2
	1	PT	Bucha	
	2	PT	Circuito elétrico	
	3	PT	Isoladores	
	4	PT	Resistor	
	5	PT	Transformador de Corrente	
	6	PT	Transformador de potencial	
UGH-CUB2		PT	Cubículo de surto	2
	1	PT	Bucha	
	2	PT	Capacitor	
	3	PT	Circuito elétrico	
	4	PT	Isoladores	
	5	PT	Para raios	
	6	PT	Transformador de Corrente	
UGH-CUB3		PT	Barramento de saída	2
	1	PT	Barramento	
	2	PT	Bucha	
	3	PT	Isoladores	
	4	PT	Sistema de pressurização e secagem	
UGH-DISJ		PT	UGH-Disjuntor	2
	3	PT	Bibina	
	4	PT	Botoeira	
	5	PT	Chave Seletora	
	6	PT	Comando e Controle	
	7	PT	Contato Fixo	
	8	PT	Contato Móvel	
	9	PT	Contatos Auxiliares	
	10	PT	Cubículo	
	11	PT	Disparador de Fechamento	
	12	PT	Eixo	
	13	PT	Filtro	
	14	PT	Fim de Curso	
	15	PT	Gás SF6	

	16	PT	Mecanismo de Comando	
	17	PT	Mola	
	18	PT	Motobomba	
	19	PT	Motoredutor	
	20	PT	Óleo Isolante	
	21	PT	Pólo	
	22	PT	Pressostato	
	23	PT	Reservatório	
	24	PT	Rolamento	
	25	PT	Trava	
	26	PT	Tubulação	
	2	PT	Alavanca	
	3	PT	Balancim	
UGH-DRE1		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator principal	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
	7	PT	Transformador de Controle	
UGH-DRE2		PT	Moto bombas	2
	1	PT	Bomba	
	2	PT	Cabeçote	
	3	PT	Eixo/coluna	
	4	PT	Instrumentação	
	5	PT	Lubrificador	
	6	PT	Motor	
	7	PT	Tubulações e válvulas	
UGH-DRE3		PT	Estrutura civil	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Poço	
UGH-DREN		PT	UGH-Sistema de Drenagem	3
	1	PT	Arandela	
	10	PT	Gaxeta	
	11	PT	Impulsor	
	12	PT	Lubrificador	
	13	PT	Motor Elétrico	
	14	PT	Painél Elétrico	
	15	PT	Poço	
	16	PT	Retentor	
	17	PT	Tubulação	
	18	PT	Válvula	
	2	PT	Cabeçote	
	3	PT	Chave de Nível	
	4	PT	Chave Seletora	
	5	PT	Coluna	
	6	PT	Contator	
	7	PT	Crivo	
	8	PT	Eixo	
	9	PT	Fusível	
UGH-ELEV		PT	UGH-Elevador	2
	1	PT	Amortecedor	
	2	PT	Barra de Reversão	
	3	PT	Botoeira	

	4	PT	Cabo de Aço	
	5	PT	Contator	
	6	PT	Contra-Pêso	
	7	PT	Coxim	
	8	PT	Fim de Curso	
	9	PT	Fita Seletora	
	10	PT	Freio	
	11	PT	Fusível	
	12	PT	Guia	
	13	PT	Máquina de Tração	
	14	PT	Paínel	
	15	PT	Polia	
	16	PT	Porta	
	17	PT	Relé	
	18	PT	Resistor	
	19	PT	Sinalização	
	20	PT	Soleira de Pavimento	
	21	PT	Trinco	
	22	PT	Ventilador	
UGH-ETES		PT	UGH-Estação Tratamento Esgoto	2
	1	PT	Acoplamento	
	10	PT	Manômetro	
	11	PT	Motor Elétrico	
	12	PT	Painél Elétrico	
	13	PT	Redutor	
	14	PT	Reservatório	
	15	PT	Tubulação	
	16	PT	Válvula	
	2	PT	Bomba	
	3	PT	Chave de Nível	
	4	PT	Chave Seletora	
	5	PT	Conexões	
	6	PT	Contator	
	7	PT	Eixo	
	8	PT	Fusível	
	9	PT	Hélice	
UGH-EXC1		PT	Excitação principal	2
	1	PT	Barramento de excitação	
	2	PT	Disjuntor de Campo	
	3	PT	Instrumentação	
	4	PT	Painel elétrico	
	5	PT	Ponte retificadora	
	6	PT	Sistema de controle eletrônico	
	7	PT	Sistema de resfriamento	
	8	PT	Varistor	
UGH-EXC2		PT	Excitação inicial	2
	1	PT	Circuito de comando	
	2	PT	Sistema de Excitação Inicial	
	3	PT	Transformador	
		PT	Armário do transformador de excitação	
UGH-EXC3		PT		2
	1	PT	Transformador TP AE	
	2	PT	Instrumentação	
	3	PT	Painel elétrico	
	4	PT	Sistema de resfriamento	

	5	PT	Transformador de Aterramento	
	6	PT	Transformador de Corrente	
	7	PT	Transformador de excitação	
UGH-EXCT		PT	UGH-Sistema de Excitação	3
	5	PT	Circuito DT1	
	6	PT	Circuito DT2	
	7	PT	Comando e Controle	
	8	PT	Contator	
	9	PT	Conversor cc	
	10	PT	Disjuntor de Campo	
	11	PT	Excitação Inicial	
	12	PT	Filtro	
	13	PT	Fluxostato	
	14	PT	Fonte de Alimentação	
	15	PT	Módulo CIC-C	
	16	PT	Motor Elétrico	
	17	PT	Relé	
	18	PT	Reostato	
	19	PT	Resistor	
	20	PT	Seccionadora	
	21	PT	Tiristor	
	22	PT	Trafo de Excitação	
	23	PT	Trafo de Excitação Inicial	
	24	PT	Transformador de Aterramento	
	25	PT	Transformador de Corrente	
	26	PT	Transformador TPAE	
	27	PT	Trocador de Calor	
	28	PT	Válvula	
	29	PT	Varistor	
	30	PT	Ventilador	
	1	PT	Barramento	
	2	PT	Botoeira	
	3	PT	Circuito AS	
	4	PT	Circuito ASP	
UGH-FRL1		PT	Sistema de frenagem	2
	1	PT	Acumulador	
	2	PT	Filtro	
	3	PT	Instrumentação	
	4	PT	Pista de frenagem	
	5	PT	Purgador	
	6	PT	Tubulações e conexões	
	7	PT	Válvulas	
UGH-FRL2		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
UGH-FRL3		PT	Sistema de levantamento	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Moto bomba	
	3	PT	Óleo	
	4	PT	Tanque	
	5	PT	Tubulações e conexões	

UGH-FRL4	6	PT	Válvulas	2
		PT	Macaco	
	1	PT	Cilíndro	
	2	PT	Fim de curso	
	3	PT	Guarnições	
UGH-FRL5	4	PT	Lona	2
	5	PT	Mola	
		PT	Circuito ar-óleo	
UGH-FRLE	1	PT	Tubulações e conexões	3
		PT	UGH-Sistema de Frenagem e Levantamento	
	1	PT	Acumulador de Ar	
	10	PT	Pressostato	
	11	PT	Solenóide	
	12	PT	Tanque	
	13	PT	Tubulação	
	14	PT	Válvula	
	2	PT	Bomba	
	3	PT	Chave Seletora	
	4	PT	Contator	
	5	PT	Fim de Curso	
	6	PT	Fusível	
	7	PT	Lona de Freio	
	8	PT	Macaco de freio	
9	PT	Painel Elétrico		
UGH-GER1		PT	Sistema de resfriamento	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Radiadores	
UGH-GER2	3	PT	Tubulações e válvulas	2
		PT	Sistema anti-incêndio	
	1	PT	Cilíndro piloto	
	2	PT	Difusor	
	3	PT	Eletroválvula	
	4	PT	Fim de curso	
	5	PT	Instrumentação	
6	PT	Tubulações e conexões		
UGH-GER3	7	PT	Válvulas	2
		PT	Rotor	
	1	PT	Anel magnético	
	2	PT	Aranha	
	3	PT	Barramento	
UGH-GER4	4	PT	Polo	2
		PT	Anel Coletor	
	1	PT	Anel Coletor	
	2	PT	Escovas	
UGH-GER5	3	PT	Porta escovas	2
		PT	Estator	
	1	PT	Carcaça	
UGH-GER6	2	PT	Enrolamento	2
	3	PT	Núcleo magnético	
		PT	Cruzeta	
UGH-GERA	1	PT	Cruzeta inferior	3
	2	PT	Cruzeta superior	
		PT	UGH-Gerador	
	16	PT	Radiador	

	17	PT	Resistor de Aquecimento	
	18	PT	Resistor de Aterramento	
	19	PT	Rotor	
	20	PT	Sonda Termo-Elétrica	
	21	PT	Transformador de Aterramento	
	22	PT	Transformador de Corrente	
	23	PT	Tubulação	
	24	PT	Válvula	
	1	PT	Anel Coletor	
	10	PT	Fim de Curso	
	11	PT	Iluminação	
	12	PT	Levantamento e Frenagem	
	13	PT	Mancal	
	14	PT	Núcleo	
	15	PT	Pólo	
	2	PT	Anél Magnético	
	3	PT	Aranha do Rotor	
	4	PT	Barramento	
	5	PT	Cruzeta	
	6	PT	Detetor de Temperatura	
	7	PT	Eixo do Gerador	
	8	PT	Escova	
	9	PT	Estatore	
UGH-GGEM		PT	UGH-Grupo Gerador de Emergência	2
	1	PT	Acoplamento	
	10	PT	Cabeçote	
	11	PT	Caixa de Ligação	
	12	PT	Carcaça	
	13	PT	Cárter	
	14	PT	Coletor	
	15	PT	Correia	
	16	PT	Eixo	
	17	PT	Embolo	
	18	PT	Estatore	
	19	PT	Excitatriz	
	2	PT	Alternador	
	20	PT	Filtro	
	21	PT	Governador	
	22	PT	Haste de Comando	
	23	PT	Mancal	
	24	PT	Motor de Partida	
	25	PT	Polia	
	26	PT	Pólo	
	27	PT	Ponte Retificadora de Rotativa	
	28	PT	Radiador	
	29	PT	Tampa de Válvula	
	3	PT	Árvore de Manivela	
	30	PT	Termostato	
	31	PT	Trocador de Calor do Óleo	
	32	PT	Tucho	
	33	PT	Válvula	
	34	PT	Ventilador	
	4	PT	Árvore do Comando de Válvula	
	5	PT	Balancim	
	6	PT	Bico Injetor	

	7	PT	Biela	
	8	PT	Bloco	
	9	PT	Bomba	
UGH-ILUM		PT	UGH-Sistema de Iluminação	2
	1	PT	Bocal	
	2	PT	Calha	
	3	PT	Chave Seletora	
	4	PT	Contator	
	5	PT	Fiação	
	6	PT	Fotocélula	
	7	PT	Fusível	
	8	PT	Lâmpada	
	9	PT	Quadro de Distribuição	
	10	PT	Reator	
	11	PT	Transformador	
UGH-MAN1		PT	Sistema de injeção de óleo	2
	1	PT	Filtro	
	2	PT	Instrumentação	
	3	PT	Moto bomba	
	4	PT	Painel elétrico	
	5	PT	Tubulações e conexões	
	6	PT	Válvulas	
UGH-MAN2		PT	Sistema de circulação de óleo	2
	1	PT	Filtro	
	2	PT	Instrumentação	
	3	PT	Moto bomba	
	4	PT	Painel elétrico	
	5	PT	Tanque	
	6	PT	Tubulações e conexões	
	7	PT	Válvulas	
UGH-MAN3		PT	Sistema de resfriamento	2
	1	PT	Filtro	
	2	PT	Instrumentação	
	3	PT	Trocador de calor	
	4	PT	Tubulações e conexões	
	5	PT	Válvulas	
UGH-MAN4		PT	Cuba	2
	1	PT	Bloco de escora	
	2	PT	Instrumentação do mancal	
	3	PT	Óleo Lubrificante	
	4	PT	Pista de guia	
	5	PT	Segmento do mancal	
UGH-MANC		PT	UGH-Mancal	3
	1	PT	Acoplamento	
	2	PT	Bomba	
	3	PT	Chave Seletora	
	4	PT	Comando e Controle	
	5	PT	Contator	
	6	PT	Cuba	
	7	PT	Filtro	
	8	PT	Fusível	
	9	PT	Manômetro	
	10	PT	Motor Elétrico	
	11	PT	Nívostato	
	12	PT	Óleo Lubrificante	

		13	PT	Painel	
		14	PT	Patins	
		15	PT	Pressostato	
		16	PT	Relé	
		17	PT	Seccionadora	
		18	PT	Sonda Termo-Elétrica	
		19	PT	Termostato	
		20	PT	Trocador de Calor	
		21	PT	Tubulação	
		22	PT	Válvula	
				UGH-Medidor Nivel	
	UGH-MNMJ		PT	Montante/Jusante	2
		1	PT	Balança	
		10	PT	Válvula	
		2	PT	Chave Seletora	
		3	PT	Compressor	
		4	PT	Contator	
		5	PT	Fusível	
		6	PT	Mangueira	
		7	PT	Painél Elétrico	
		8	PT	Régua	
		9	PT	Reservatório	
	UGH-PROL		PT	UGH-Pórtico e Ponte Rolante	2
		1	PT	Acoplamento	
		10	PT	Fusível	
		11	PT	Iluminação	
		12	PT	Mancal	
		13	PT	Moitão	
		14	PT	Motor Elétrico	
		15	PT	Painél Eletrico	
		16	PT	Pantogáfo	
		17	PT	Polia	
		18	PT	Redutor	
		19	PT	Roda	
		2	PT	Cabine	
		20	PT	Sistema de Lubrificação	
		21	PT	Tambor	
		22	PT	Trava	
		3	PT	Cabo de Aço	
		4	PT	Chave Seletora	
		5	PT	Contator	
		6	PT	Escova	
		7	PT	Estrutura	
		8	PT	Fim de Curso	
		9	PT	Freio	
	UGH-QM01	X	PT	UGH-Quadro de Manobras	2
	UGH-RTEN		PT	UGH-Regulador de Tensão	2
		1	PT	Módulo RH	
		2	PT	Módulo CIC-C	
		3	PT	Módulo RM	
		4	PT	Circuito de Potência	
		5	PT	Circuito de Comando	
		6	PT	Cartela	
		7	PT	Gaveta Comutadora	

UGH-RVEL	PT	UGH-Regulador de Velocidade	2
	28 PT	Servomotor	
	29 PT	Tanque	
	30 PT	Termômetro	
	31 PT	Trocador de Calor	
	32 PT	Tubulação	
	33 PT	Válvula	
	34 PT	Válvula de Alívio	
	35 PT	Válvula de Intermitência	
	36 PT	Válvula Distribuidora	
	37 PT	Válvula Pilotada	
	1 PT	Acoplamento	
	10 PT	Circuito de Partida e Parada	
	11 PT	Comando e Controle	
	12 PT	Compressor	
	13 PT	Contator	
	14 PT	Diafragma de Fechamento	
	15 PT	Dispositivo de Sobre Velocidade	
	16 PT	Filtro	
	17 PT	Fim de Curso	
	18 PT	Fusível	
	19 PT	Indicador de Nível	
	2 PT	Acumulador	
	20 PT	Labirinto	
	21 PT	Manômetro	
	22 PT	Motor Elétrico	
	23 PT	Pá do Distribuidor	
	24 PT	Painél Elétrico	
	25 PT	Pino de Cisalhamento	
	26 PT	Pressostato	
	27 PT	Releamento Interno	
	3 PT	Alavanca	
	4 PT	Atuador	
	5 PT	Bomba	
	6 PT	Bucha	
	7 PT	Chave de Fluxo	
	8 PT	Chave Seletora	
	9 PT	Circuito Carga Frequência	
UGH-RVH1	PT	Sistema de resfriamento	2
	1 PT	Instrumentação	
	2 PT	Trocador de calor	
	3 PT	Tubulação e conexões	
	4 PT	Válvulas	
UGH-RVH2	PT	Painel elétrico	2
	1 PT	Chave seletora	
	2 PT	Circuito de comando	
	3 PT	Contator	
	4 PT	Disjuntor	
	5 PT	Fusível	
	6 PT	Relés	
UGH-RVH3	PT	Sistema de alimentação de óleo	2
	1 PT	Instrumentações	
	2 PT	Moto bomba	
	3 PT	Óleo de regulação	
	4 PT	Tanque sem pressão	

	5	PT	Válvula de intermitência	
	6	PT	Válvula de isolamento	
	7	PT	Válvula detetora de pressão	
	8	PT	Filtro	
UGH-RVH4		PT	Sistema de comando hidráulico	2
	1	PT	Acumulador ar/óleo	
	2	PT	Atuador/válvula proporcional	
	3	PT	Dispositivo de Sobre Velocidade	
	4	PT	Eletroválvula	
	5	PT	Instrumentações	
	6	PT	Sistema de amortecimento da palheta	
	7	PT	Válvula distribuidora	
UGH-RVH5		PT	Sistema de ar de regulação	2
	1	PT	Acumulador	
	2	PT	Compressor	
	3	PT	Eletroválvula	
	4	PT	Instrumentações	
	5	PT	Painel elétrico	
	6	PT	Válvulas	
UGH-SAI1		PT	Sistema CO2	2
	1	PT	Bateria elétrica	
	2	PT	Garrafas de CO2	
	3	PT	Painel elétrico	
	4	PT	Tubulações e conexões	
	5	PT	Válvulas	
UGH-SAI2		PT	Sistema água	2
	1	PT	Canhão	
	2	PT	Hidrantes	
	3	PT	Instrumentação	
	4	PT	Moto bombas	
	5	PT	Painel elétrico	
	6	PT	Tubulações e conexões	
	7	PT	Válvulas	
UGH-SAUX		PT	UGH-Serviço Auxiliar	2
	1	PT	Corrente Contínua	
	2	PT	Corrente Alternada	
UGH-SCO2		PT	UGH-Sistema Anti-Incêndio	3
	1	PT	Baterias	
	2	PT	Garrafas	
	3	PT	Rede de despressurização	
	4	PT	Válvulas	
UGH-SDT1		PT	Servomotor	2
	1	PT	Cilindro	
	2	PT	Guarnições	
	3	PT	Haste	
	4	PT	Instrumentação	
	5	PT	Válvulas	
UGH-SDT2		PT	Palheta diretriz	2
	1	PT	Bucha	
	2	PT	Palheta	
	3	PT	Vedações	
UGH-SDT3		PT	Mecanismo de acionamento	2
	1	PT	Anel de sincronismo	
	2	PT	Biela	
	3	PT	Fim de curso	

	4	PT	Manivela	
	5	PT	Pino de cisalhamento	
	6	PT	Travas	
UGH-SEB1		PT	Compartimentos	2
	1	PT	Compartimento	
	2	PT	Módulos de supervisão	
	3	PT	Seccionadora de terra	
	4	PT	Sistema de SF6	
UGH-SEB2		PT	Disjuntor	2
	1	PT	Circuito de comando	
	2	PT	Circuito hidráulico	
	3	PT	Contatos	
	4	PT	Módulos de supervisão	
	5	PT	Sistema de SF6	
UGH-SEB3		PT	Seccionadoras	2
	1	PT	Acionamento eletromecânico	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contatos	
	4	PT	Sistema de SF6	
UGH-SEB4		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
UGH-SEBL		PT	UGH-Subestação Blindada 500KV	3
	1	PT	Compartimentos M,D,R e T	
	2	PT	Seccionadoras	
	3	PT	Disjuntor	
	4	PT	Barramentos	
	5	PT	Painéis	
UGH-SMED		PT	UGH-Sistema Medição	2
	1	PT	Conversor Eletro-Óptico	
	10	PT	Software	
	11	PT	Transdutor	
	2	PT	Fonte de Alimentação	
	3	PT	Indicadores	
	4	PT	Medidores	
	5	PT	Modem	
	6	PT	Módulo de Comunicação	
	7	PT	Módulo de Entrada Analógica	
	8	PT	Módulo Processamento-CPU	
	9	PT	Rede de Comunicação	
UGH-SPRO		PT	UGH-Sistema Proteção	2
	1	PT	Conversor Eletro-Óptico	
	10	PT	Módulo de Entrada Digital	
	11	PT	Módulo de Relé de Entrada	
	12	PT	Módulo de Relé de Saída Desligamento	
	13	PT	Módulo de Saída Desligamento	
	14	PT	Módulo de Saída Digital	
	15	PT	Módulo de Saída Sinalização	
	16	PT	Módulo de Teste	
	17	PT	Módulo GPS	
	18	PT	Módulo Injeção	

	19	PT	Módulo Processamento-CPU	
	2	PT	Distribuidor Óptico	
	20	PT	Monitor Vídeo	
	21	PT	Rede de Comunicação	
	22	PT	Relé	
	23	PT	Servidor de Impressão	
	24	PT	Software	
	3	PT	Drivers CD Room/Dat/Disco Flexivel	
	4	PT	Fonte de Alimentação	
	5	PT	Hub	
	6	PT	Impressora Deskjet	
	7	PT	Impressora Matricial	
	8	PT	Módulo Comunicação	
	9	PT	Módulo de Entrada Analógica	
UGH-SRES		PT	UGH-Sistema de Resfriamento	2
	1	PT	Atuador	
	2	PT	Cesta	
	3	PT	Eixo	
	4	PT	Filtro	
	5	PT	Fluxostato	
	6	PT	Manostato	
	7	PT	Motor Elétrico	
	8	PT	Pressostato	
	9	PT	Redutor	
	10	PT	Solenóide	
	11	PT	Tubulação	
	12	PT	Válvula	
UGH-SSCP		PT	UGH-Sistema Superv/Contr/ProT/Med	3
	1	PT	Comando e Controle	
	2	PT	Proteção Interna	
	3	PT	Proteção Externa	
UGH-SVE1		PT	Sistema de vedação	2
	1	PT	Cuba da junta	
	2	PT	Junta de manutenção	
	3	PT	Junta de vedação	
	4	PT	Pista de desgaste	
	5	PT	Sistema de resfriamento	
UGH-SVE2		PT	Sistema de drenagem	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Moto bomba	
	3	PT	Painel elétrico	
	4	PT	Tubulações e conexões	
	5	PT	Válvulas	
UGH-SVEX		PT	UGH-Sistema Ventilação Exaustão	2
	1	PT	Base	
	10	PT	Fusível	
	11	PT	Mancal	
	12	PT	Motor Elétrico	
	13	PT	Painél Elétrico	
	14	PT	Polia	
	15	PT	Proteção da Correia	
	16	PT	Relé Térmico	
	2	PT	Chave Seletora	
	3	PT	Contator	

	4	PT	Correia	
	5	PT	Coxim	
	6	PT	Difusor	
	7	PT	Duto	
	8	PT	Eixo	
	9	PT	Filtro	
UGH-TRAF		PT	UGH-Transformador	2
	1	PT	Bucha de Alta	
	10	PT	Indicador de Nível	
	11	PT	Módulo de Supervisão de Umidade	
	12	PT	Módulo de Supervisão de Gás	
	13	PT	Moto-Bomba	
	14	PT	Moto-Ventilador	
	15	PT	Núcleo	
	16	PT	Óleo Isolante	
	17	PT	Painél	
	18	PT	Radiador	
	19	PT	Relé de Gás	
	2	PT	Bucha de Baixa	
	20	PT	Relé Auxiliar	
	21	PT	Relé Termico	
	22	PT	Tanque de Expansão	
	23	PT	Tanque Principal	
	24	PT	Termostato	
	25	PT	Transformador de Corrente	
	26	PT	Trocador de Calor	
	27	PT	Tubulação	
	28	PT	Válvula	
	29	PT	Válvula de Alívio	
	3	PT	Bucha de Neutro	
	4	PT	Chave Seletora	
	5	PT	Comutador de TAP	
	6	PT	Disjuntor	
	7	PT	Enrolamento	
	8	PT	Fluxostato	
	9	PT	Fusível	
UGH-TUR1		PT	Sistema de estabilização	2
	1	PT	Sistema de injeção de ar	
	2	PT	Válvula de aeração	
UGH-TUR2		PT	Turbina kaplan	2
	1	PT	Cabeçote kaplan	
	2	PT	Eixo	
	3	PT	Pás	
	4	PT	Roda kaplan	
	5	PT	Tampa	
UGH-TUR3		PT	Turbina francis	2
	1	PT	Eixo	
	2	PT	Pás	
	3	PT	Roda francis	
	4	PT	Tampa	
UGH-TURB		PT	UGH-Turbina	3
	1	PT	Eixo	
	2	PT	Fluxostato	
	3	PT	Junta de Vedação do Eixo	
	4	PT	Mancal	

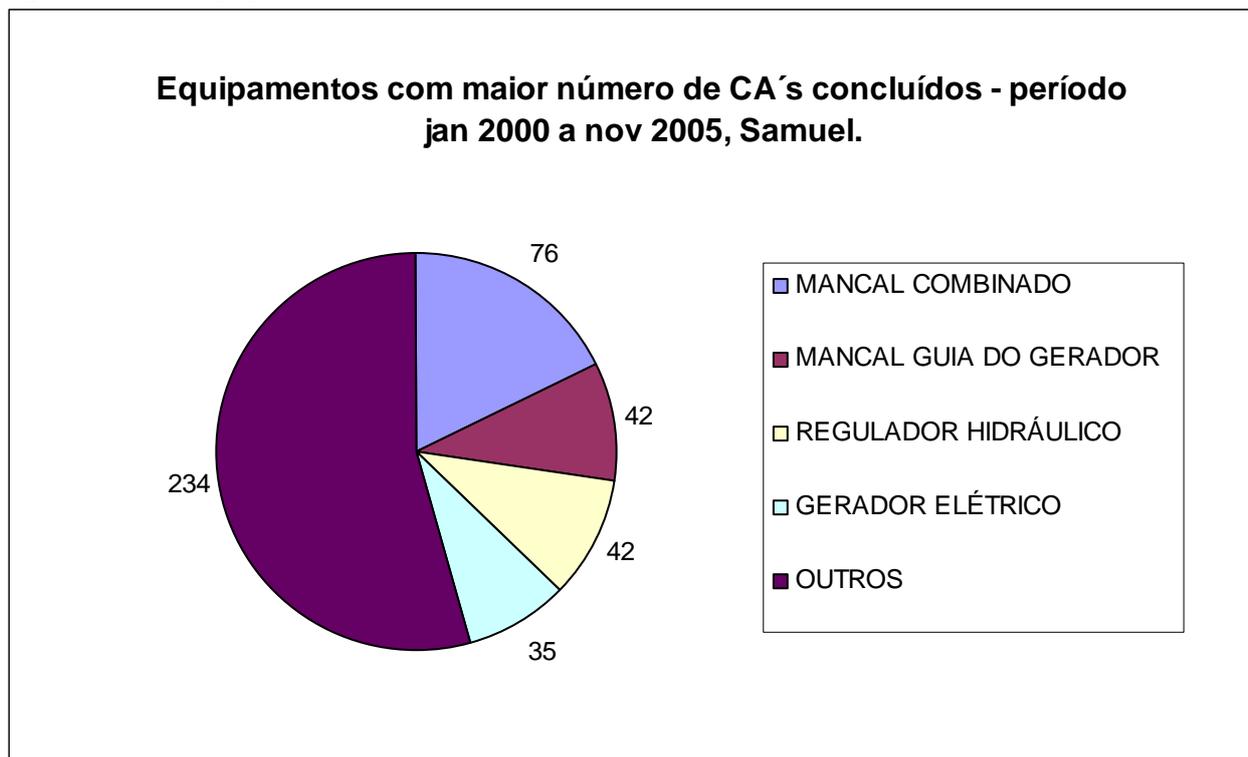
	5	PT	Pás	
	6	PT	Roda Turbina	
	7	PT	Termostato	
	8	PT	Tubulações	
UGH-VER1		PT	Painel elétrico	2
	1	PT	Chave seletora	
	2	PT	Circuito de comando	
	3	PT	Contator principal	
	4	PT	Disjuntor	
	5	PT	Fusível	
	6	PT	Relés	
	7	PT	Transformador de Controle	
UGH-VER2		PT	Sistema de acionamento hidráulico	2
	1	PT	Instrumentação	
	2	PT	Moto bomba	
	3	PT	Óleo	
	4	PT	Tanque	
	5	PT	Tubulações e conexões	
	6	PT	Válvulas	
UGH-VER3		PT	Sistema de acionamento mecânico	2
	1	PT	Cabo de aço	
	2	PT	Freio	
	3	PT	Motor Elétrico	
	4	PT	Redutores	
UGH-VER4		PT	Servo motor	2
	1	PT	Cilindro	
	2	PT	Garfo	
	3	PT	Guarnições	
	4	PT	Haste	
	5	PT	Rotulas	
	6	PT	Válvula	
UGH-VER5		PT	Comporta setor	2
	1	PT	Braço	
	2	PT	Munhão	
	3	PT	Painel e tabuleiro	
	4	PT	Roda/patim	
	5	PT	Vedação	
UGH-VER6		PT	Indicador de Posição	2
	1	PT	Fim de curso de posição	
	2	PT	Mecanismo de indicação	
UGH-VER7		PT	Estrutura civil do vão da comporta	2
	1	PT	Base do mecanismo de acionamento	
	2	PT	Guia	
	3	PT	Soleira	
UGH-VERT		PT	UGH-Comportas do Vertedouro	3
	1	PT	Borrachas de Vedações	
	10	PT	Gaxetas	
	11	PT	Purgador	
	12	PT	Tomada Rotativa	
	13	PT	Retentor	
	14	PT	Tubulações	
	15	PT	Motobomba	
	16	PT	Tanque	
	17	PT	Valvula	
	18	PT	Solenóide	

19	PT	Filtro
2	PT	Patins
20	PT	Nivostato
21	PT	Pressostato
22	PT	Manometro
23	PT	Vacuostato
24	PT	Fim de Curso
25	PT	Indicador de Posição
26	PT	Contator
27	PT	Relé
28	PT	Fuzivel
29	PT	Chave Seletora
3	PT	Guias
30	PT	Painel Elétrico
4	PT	Soleira
5	PT	Garfo
6	PT	Rotulas
7	PT	Haste
8	PT	Embolo
9	PT	Cilindro

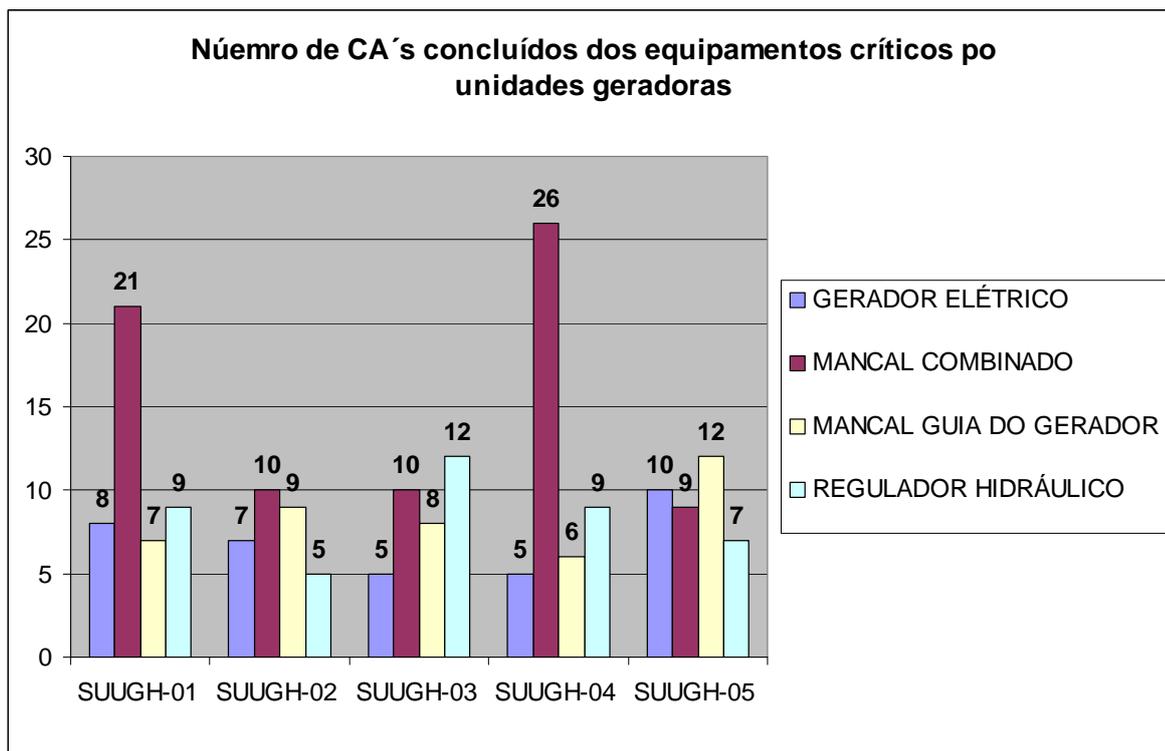
6. LEVANTAMNTO CA'S PARA USINA DE SAMUEL DE 2000 A NOV 2005 (PRODUTO

Levantamento de CA's concluídos para Usina de Samuel para o período de janeiro de 2000 a nov de 2005

A seguir tem-se o gráfico com o número de CA's concluídos em Samuel. No gráfico explicita-se os equipamentos com maior número de CA's concluídos.



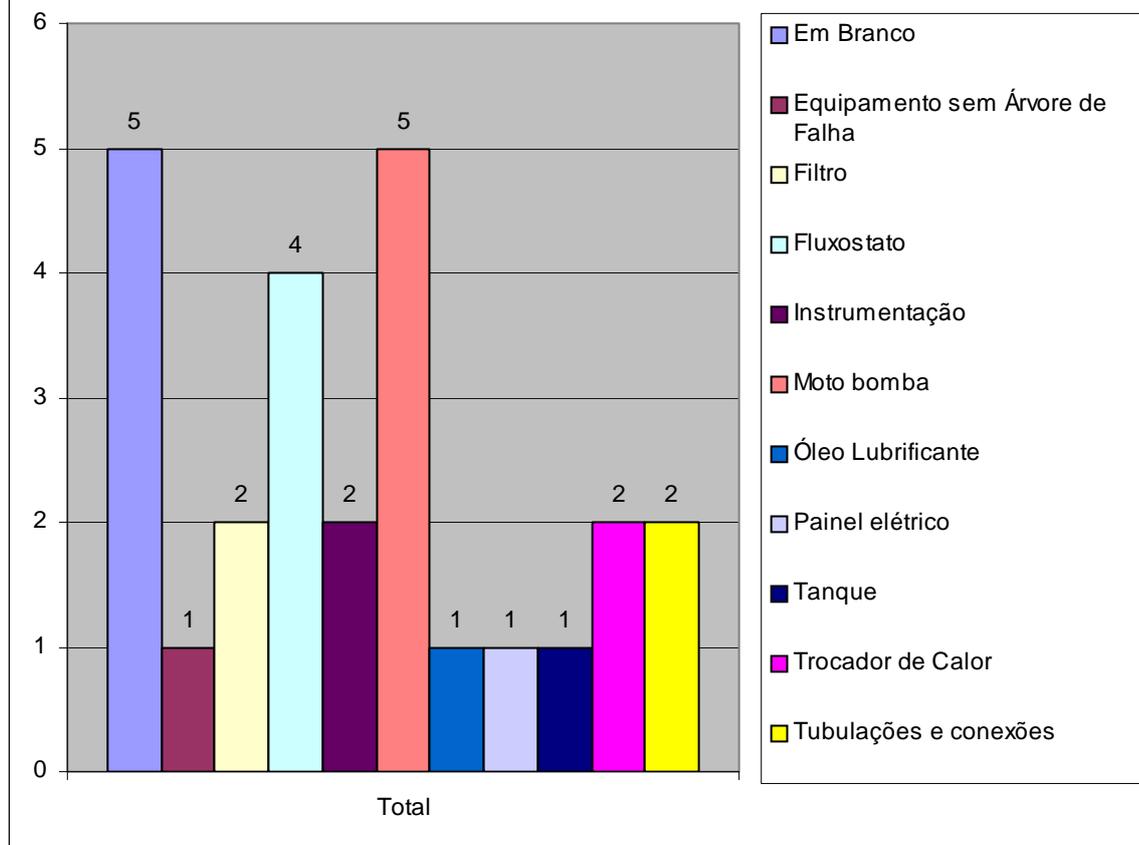
No gráfico abaixo, tem-se os equipamentos críticos para cada máquina de Samuel para se identificar em qual delas existe o maior número de CA's concluídos para cada equipamento crítico.



Nos gráficos e tabelas a seguir serão abertos os componentes dos equipamentos das máquinas com maior número de CA's concluídos, ou seja, serão abertos os componentes do equipamento Mancal Combinado da máquina 4, Mancal Guia do gerador da máquina 5, Regulador hidráulico da máquina 3 e Gerador elétrico da máquina 5.

No gráfico que se segue, vê-se o número de CA's concluídos para cada componente do mancal combinado da máquina

Número de CA's concluídos para os componentes do mancal combinado da máquina 4.



Na tabela a seguir pode-se ver as causas e soluções adotadas para os três componentes com maior número de CA's concluídos do mancal combinado da máquina 4 de Samuel.

Tabela 1 CA's Concluídos na máquina hidráulica 4 para equipamento mancal combinado.

CÓDIGO OPERACIONAL	SUUGH-04
NOME DO EQUIPAMENTO	MANCAL COMBINADO
SITUAÇÃO DO CA	CONCLUÍDO

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA NOTA	ANORMALIDADE	CAUSA ANORMALIDADE	SOLUÇÃO ADOTADA
	ANOMALIA ENTRE COMUTAÇÃO MOTOBOMB. AI/AJ	Defeito		
	corrigir vaz. óleo selo mec. motob. AI ugh4	Defeito	falta de ajuste no selo mec., oring..	feito novo ajuste no selo mec. subst. or
	Retirar ponto quente motob AJ ugh04	Defeito	Mau contato	Reaperto as conexoes
	Retirar ponto quente pnl AI/AJ ugh04	Defeito	Mau contato	Reapertadas conexões
	Vazamento selo mec.	Defeito	desgaste do oring	substituido oring 6mm diametro

	motob. ai ugh04			
Fluxostato	Atuação fluxost. m. combinado ugh04	Defeito	fluxostato com haste danificada	substituído fluxostato
	Completar nível óleo m.c. ugh04	Defeito	tempo de utilização	Completado com 200lt TR86
	vazamentos no sist. inj. m.c. ugh04	Defeito	defeitos nas conexões	troca das conexões
			falta de aperto	reaperto e preparação de superfície
Moto bomba	EFETUAR A TROCA DA BOTOEIRA (DESLIGADA)	Defeito	BOTOEIRA COM DEFEITO	SUBSTITUIÇÃO BOTOEIRA
	Ruído anormal e vaz. selo mecânico	Defeito	ruído e vaz. no selo mecânico	troca do selo mec. e não havia ruído
	RUIDO ANORMAL MOTOBOMBA AI UGH04	Defeito	SUBSTITUIÇÃO DOS ROLAMENTOS	
	SANAR VAZAM. OLEO SELO MEC MOTOB AI UGH4	Defeito	VAZAM. OLEO SELO MEC MOTOB AI UGH4	SUBSTITUIÇÃO DO SELO MEC MOTOB AI
	SANAR VAZAMENTO OLEO MOTOB AJ/MC UGH04	Defeito	SANAR VAZAMENTO OLEO MOTOB AJ/MC UGH04	

Tabela 2 CA´s Concluídos na máquina hidráulica 5 para equipamento Mancal guia do gerador.

CÓDIGO OPERACIONAL	SUUGH-05
NOME DO EQUIPAMENTO	MANCAL GUIA DO GERADOR
SITUAÇÃO DO CA	CONCLUÍDO

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA NOTA	ANORMALIDADE	CAUSA ANORMALIDADE	SOLUÇÃO ADOTADA	DATA CRIAÇÃO	DATA FIM DESEJADO
Barramento	LIMPEZA TROC. CALOR 1 E 2 MGS UGH05	Defeito	sujeira no trocador de calor do MGS	efetuada limpeza nos trocadores de calor	14/11/2002	14/11/2002
	Motob.02 MGS ugh05 c/ ruído/aquec.anorm.	Defeito	ROLAMENTO DANIFICADO	SUBSTITUIDO ROLAMENTO	11/11/2003	12/11/2003
	Retirar p. quente MGS pnl born.375 ugh05	Defeito	folga conexoes	reaperto conexoes	22/12/2003	23/12/2003
	Retirar p. quente MGS pnl born.582 ugh05	Defeito	folga conexoes	reaperto conexoes	22/12/2003	23/12/2003
	Vaz. óleo cuba indic. nível mgs ugh05	Defeito	Provavel vibração	Reaperto	14/7/2003	18/7/2003
Botão de Comando	Ugh05 - atuação 80gmo fluxo de óleo mgs	Defeito	fluxostato fora de ajuste	efetuado ajuste no fluxostato	8/12/2003	8/12/2003
Equipamento sem Árvore de Falha	falha de partida e parada ugh 05	Defeito	sensor de fluxo de óleo mgs danificado	sensor foi recuperado e reinstalado	3/6/2003	3/6/2003
Filtro	Limpeza filtro 01 mgs ugh05	Defeito	FILTRO SUJO	limpeza do filtro	20/1/2004	19/1/2004
	LIMPEZA NO FILTRO Nº 2 MGS DA UGH05	Defeito	SUJERIA NO FILTRO UGH05.	LIMPEZA COM QUEROSENE E JATO DE AR.	22/2/2005	22/2/2005
Indicador de Nível	Completar nível óleo mgs ugh05	Defeito	tempo de utilização	Completado com 120lts óleo tr86	5/1/2004	5/1/2004

Pressostato	VAZ.AGUA SONDAS ENTR.TROC.CALOR UGH 5			raperto na base o instrumento	15/3/2004	16/3/2004
Trocador de Calor	LIMPEZA TROCADO CALOR MGS UGH05	Defeito	LIMPEZA TROCADO CALOR MGS UGH05	FOI FEITA LIMPEZA	28/6/2005	28/6/2005

Tabela 3 CA´s Concluídos na máquina hidráulica 3 para equipamento Regulador hidráulico.

CÓDIGO OPERACIONAL	SUUGH-03
NOME DO EQUIPAMENTO	REGULADOR HIDRÁULICO
SITUAÇÃO DO CA	CONCLUÍDO

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA NOTA	ANORMALIDADE	CAUSA ANORMALIDADE	SOLUÇÃO ADOTADA	DATA CRIAÇÃO	DATA FIM DESEJADO
	Motob. AE ugh03 atuação rele térmico			Feito inspeção e encontra-se normal	24/11/2003	28/11/2003
Bucha	Retirar ponto quente motob. AE ugh03	Defeito	folga conexao	Reaperto	22/12/2003	22/12/2003
	RETIRAR VAZ. SERVOMOT. DO R.V. UGH03	Defeito	vazamento na haste do servo motor	troca da vedação	22/7/2002	25/7/2002
Chave Seletora	Completar nivel oleo tq.s/pressao RV 03	Defeito	vazamento	Completado oleo 400 litros essoS77	22/12/2003	
Circuito de Partida e Parada	LIMPEZA TROC.CALOR 1 E 2 R.V. UGH03	Defeito	sujeira	Efetuada limpeza	23/12/2003	23/12/2003
	Ver. ruido anor. Mb. AE rv. ugh - 03	Defeito	FALTA LUBRIFICAÇÃO	EFETUADA LUBRIFICAÇÃO	28/7/2003	29/7/2003
Eixo	VAZ.BUCHAS INFER.PALH DISTRIBUIDOR	Defeito	Desgaste do retentor	Substituido os retentores	17/12/2002	18/12/2002

	UGH03					
Tanque sem pressão	Filtrar óleo tq.s/pressão rv.ugh-03	Defeito	oleo sujo	oleo filtrado e limp de valvu e filtro	13/8/2004	18/8/2004
Trocador de Calor	LIMPEZA TROCADOR DE CALOR 1 E 2 RV UGH3	Defeito	SUJEIRA NO REGULADOR DE VELOCIDADE.	LIMPEZA COM JATO DE AR.	3/12/2004	3/12/2004
	SANAR VAZAMENTO AR E LIMPEZA MGS UGH03	Falha	SANAR VAZAMENTO NO ORINGUE	SUBSTITUIÇÃO DO ORINGUE	13/6/2005	15/6/2005
Válvula de isolamento	PERDA VOLUME AR RESEVATORIO 40BAR UGH03	Falha	PERDA VOLUME AR RESEVATORIO 40BAR UGH03		25/5/2005	4/7/2005
Válvula distribuidora	Substituir Valv. Intemitencia Reg.Veloc.	Falha	Substituir Valv. Intemitencia Reg.Veloc.		12/11/2005	12/11/2005

Tabela 4 CA's Concluídos na máquina hidráulica 5 para equipamento Gerador elétrico.

CÓDIGO OPERACIONAL	SUUGH-05
NOME DO EQUIPAMENTO	GERADOR ELÉTRICO
SITUAÇÃO DO CA	CONCLUÍDO

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA NOTA	ANORMALIDADE	CAUSA ANORMALIDADE	SOLUÇÃO ADOTADA	DATA CRIAÇÃO	DATA FIM DESEJADO
	Limpeza anel coletor ugh05		sujeira	realizada limpeza	20/2/2003	22/2/2003
		Defeito	desgaste escova e vapor de oleo	LIMPEZA COM AR COMPRIMIDO	9/2/2004	14/2/2004
Anel Coletor	LIMPEZA ANEL COLETOR DO GERADOR UGH05	Defeito	SUJEIRA NO ANEL COLETOR DO GERADOR.	LIMP. COM JATO DE AR E COM O PRODUTO EDS	11/1/2005	15/1/2005
	Limpeza anel coletor ugh05	Defeito	sujeira no anel coletor	LIMPEZA DO ANEL COLETOR COM JATO DE AR	3/11/2004	3/11/2004
	LIMPEZA ANEL COLETOR UGH5	Defeito	SUJEIRA NO ANEL COLETOR	LIMPEZA COM JATO DE AR.	17/12/2004	13/12/2004

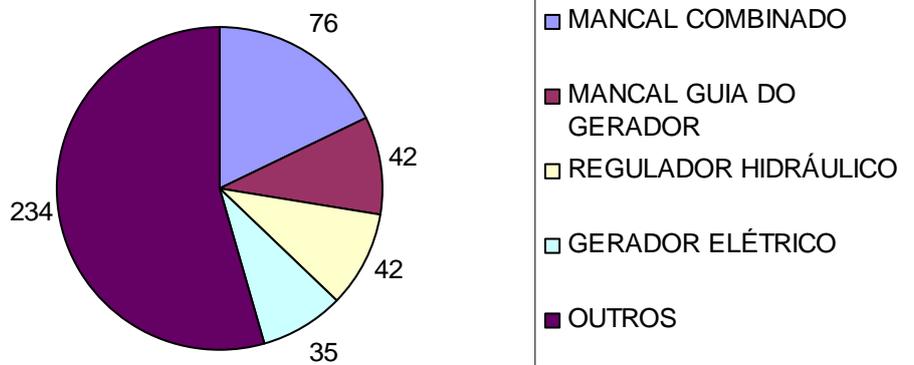
			UGH5			
	Limpeza/medição anel coletor ugh05	Falha	SUJEIRA NO ANEL COLETOR UGH05	LIMPEZAREALIZADA E MEDIÇÃO DO ANEL	9/11/2004	20/11/2004
Aranha do Rotor	Limpeza anel coletor ugh05	Defeito	sujeira	Limpeza dos aneis	16/12/2003	18/12/2003
Equipamento sem Árvore de Falha	Centelham.escovas anel coletor ugh05	Defeito	Distancia porta- escova / anel não confor	Padronizada as distancias porta escova/a	22/1/2003	25/1/2003
	Limpeza dos radiadores ugh05	Defeito			16/12/2002	20/12/2002
Escova	conectar tomada solta no cxtg ugh05	Defeito	fio solto na tomada	foi conectado fio da tomada	16/6/2003	16/6/2003

CAs Usina Samuel:

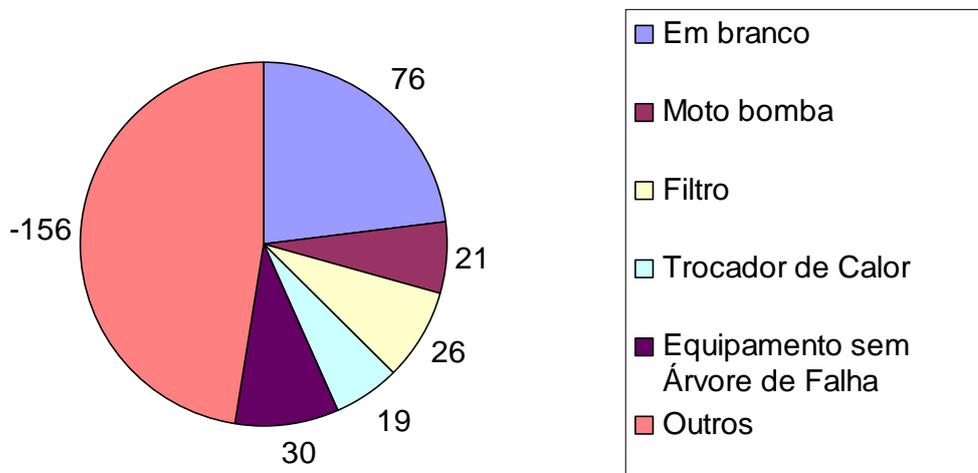
NOME DO EQUIPAMENTO	Total
	5
ARMÁRIO DE EXCITAÇÃO	13
ARMÁRIO DO TRANSFORMADOR DE EXCITAÇÃO	2
BARRAMENTO BLINDADO	3
CENTRO DE CARGA DA UNIDADE - CCU1	2
CENTRO DE CARGA DA UNIDADE - CCU3	1
CENTRO DE CARGA DA UNIDADE - CCU4	1
CENTRO DE CARGA DA UNIDADE - CCU5	2
COMANDO/MONITORAÇÃO/MEDIÇÃO/PROTEÇÃO	2
COMPORTA TOMADA D'ÁGUA	24
CUBÍCULO DO DAG 04	1
DESCARGA	8
GERADOR ELÉTRICO	35
MANCAL COMBINADO	76
MANCAL GUIA DA TURBINA	11
MANCAL GUIA DO GERADOR	42
REGULADOR DE TENSÃO	12
REGULADOR ELETRÔNICO	2
REGULADOR HIDRÁULICO	42
SISTEMA DA TURBINA	3
SISTEMA DE CONTROLE	29
SISTEMA DE FRENAGEM E LEVANTAMENTO	8
SISTEMA DE MEDIÇÃO	20
SISTEMA DE PROTEÇÃO	4
SISTEMA DE RESFRIAMENTO DA UNIDADE	20
SISTEMA DE VEDAÇÃO DO EIXO DA TURBINA	29
SISTEMA DO DISTRIBUIDOR	6
SISTEMAS AUXILIARES DA UNIDADE	1
TURBINA HIDRÁULICA	25
Total geral	429

MANCAL COMBINADO	76
MANCAL GUIA DO GERADOR	42
REGULADOR HIDRÁULICO	42
GERADOR ELÉTRICO	35
OUTROS	234

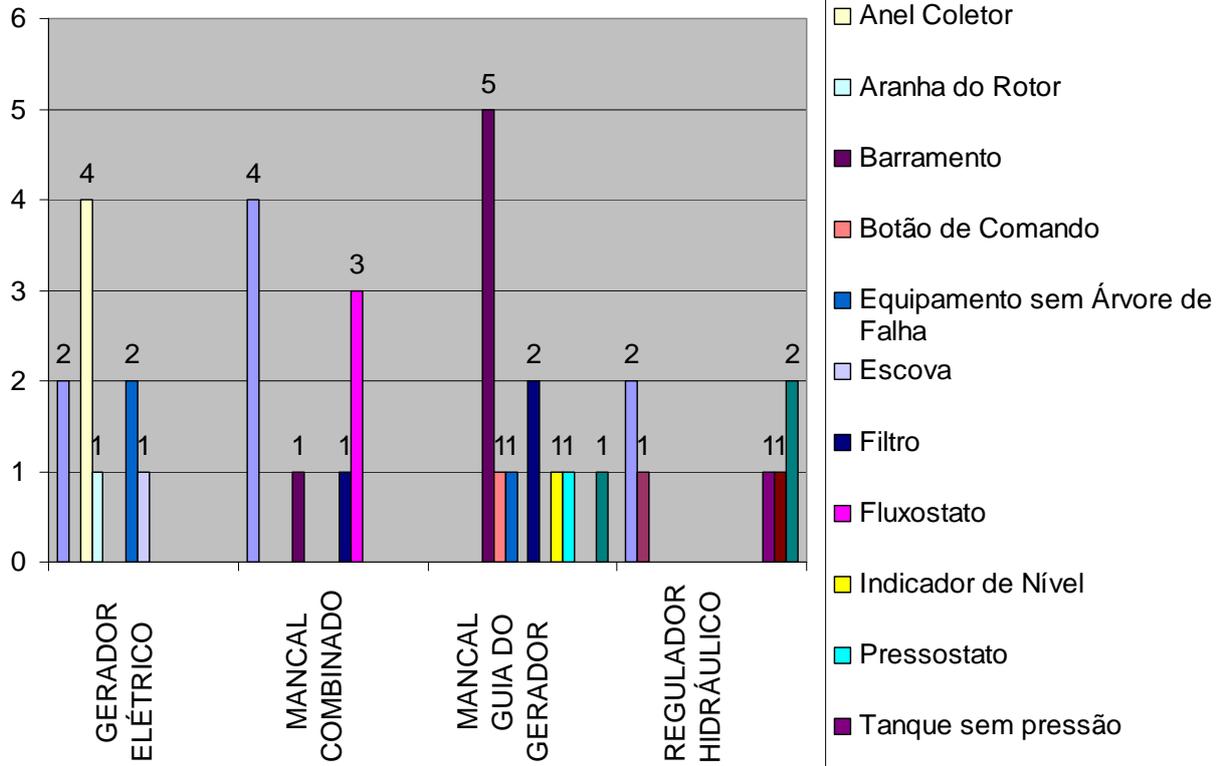
**Equipamentos com maior número de CA's concluídos - período
jan 2000 a nov 2005, Samuel.**



**Número de CA's concluídos por componente.
(total de componentes = 93)**



Número de CA's concluídos para os componentes da máquina 5.



SAMUEL CAS

CÓDIGO OPERACIONAL	SUUGH-01
NOME DO EQUIPAMENTO	(All)
SITUAÇÃO DO CA	(All)

Contagem de Nº DA NOTA

COMPONENTE	DESCRIÇÃO DA NOTA	ANORMALIDADE	CAUSA ANORMALIDADE	SOLUÇÃO ADOTADA
	Aferição da instrument. med. freq. QLC3	Defeito	instrumentos fora de ajuste	aferidos todos transdutores de frequ.dos
	Ajuste m.g intermed e fecham cuba ugh01		Recuperacao ugh01	Ajustado m.g.intermed. e fech. cuba ugh1
	ATUAÇÃO DEFEITO TIRISTORES ARM.1 UHG01		INSP. TIRISTORES ARM. 01	
	CCU1-Entradas 1 e 2 não aceitam comando			
	Centraliz. maq.01 p/ ajuste mancais		ugh01 desmont. p/ manut.	Centralizada a ugh01
	Corr.vaz.agua munhões sup. palhetas ugh1			
	corrigir indicação tensão de excitação			
	CORRIGIR INDICAÇÃO NIVEL ÓLEO MC UGH 01			
	DEF MANOMETRO ENT TROCADOR CALOR UGH01	Defeito		
	DEFEITO BOTOEIRA DE SINALIZAÇÃO FILTRO A	Defeito	BOTOEIRA FILTRO AUTO LIMPANTE	
	Defeito indic.digital temp.metal mgi ug3	Defeito	mau contato no cabo da sonda temperatura	refeita a conexão da sonda
	Desmontagem sistema ved. do eixo ugh01		desmontado para manutenção ugh01	desmontado conforme proposto
	Fechamento guias ar inferior gerador 01		MANUTENÇÃO UGH01	FECHADAS GUIAS AR INFERIOR
	Fechamento guias ar superior gerador 01		MANUTENÇÃO UGH01	FECHADAS GUIAS AR SUPERIOR
	Inst.med. de nivel oleo cuba m.c. ugh01			

	Inst.transdut.grand.eletr. QLC ugh01			
	Limpeza filtros duplex 1/2 mgc ugh01			
	Limpeza troc. calor 02 mgc ugh01			
	Medição entreferro gerador 01		MANUTENÇÃO DEVIDO FALHA UGH0-1	MEDICAO ENTREFERRO
	Montagem anel sincronismo palhetas ugh01		desmontago para manutenção ugh01	montado anel sincronismo
	Montagem das camisa m. combinado ugh01		Desmontadas para manutenção	Montadas conforme proposto
	Normalizar automat. válv. 20 bv ugh-01		em condições normais	Feito testes operacionais
	Reposição oleo da ogiva e eixo turb. 01		Retirado oleo para manut. ugh01	Reposto oleo
	RUIDO NOS VENTILAD. OSCIL. 803 UGH03		não foi encontrada	não foi encontrada anormalidade
	SANAR FUGA TERRA UGH01	Defeito		
	VALVULA ALIVIO SIST CIRC OLEO MC UGH01	Defeito	VALVULA ALIVIO SIST CIRC OLEO MC UGH01	
	Varímetro ugh01 QCC inoperante			
	vaz. em geral m. combinado ugh01			
	vaz. excessivo munhões ugh01			
	vaz. m.c., sist.inj.,filtro duplex ugh01			
	Vaz. óleo selo filtro 02 m.g.c ugh-01			
	Vaz.óleo selo volante filtro 01 m.c.ugh1			
Acoplamento	Montagem das talas anel regul. R.V ugh01			efe. a troca das talas
Acumulador	RETIRAR OLEO DO R.V. UGH01 PARA TRATAMEN			
	VAZ. ACUMULADOR AR DE REGULAÇÃO UGH01	Defeito	VAZ. ACUMULADOR AR DE REGULAÇÃO UGH01	
Acumulador ar/óleo	PONTOS DE VAZAMENTO ÓLEO RV UGH01	Defeito	CONEXÕES E TUBULAÇÕES	
Anél Magnético	Balanceamento ugh01	Defeito	maquina desbalanceada	
Aranha do Rotor	Inspeção no anel coletor ugh-02	Defeito	sujeira	Limpeza e medição isolamento
	Limpeza anel coletor ugh01	Defeito	sujeira	Limpeza dos aneis
	Montagem anel coletor gerador 01	Defeito	montagem anel coletor	montagem anel coletor base
Barramento	Montagem do m. guia superior ugh01	Defeito	montagem na cruzeta	montagem na cruzeta
Botão de Comando	Erro leitura no med. energ. ativa ugh03	Defeito	medidor danificado	substituido totalizador digital
Cartela	Oscilação tensão excit.qdo c/ 13,8	Defeito	cartela de regulação fora de ajuste	efetuado ajuste na certela de regulação

	ugh03			
Circuito de comando	Não abertura durante parada parcial ugh1	Defeito	v	
	Verif.funcionamento painel CHTA ugh01	Defeito	Eletrovalvula queimada	substituida eletrovalvula
Comando e Controle	Recuper.cx passagem cabeçote kaplan ugh1	Defeito	QUEBRA NA DESMONTAGEM DA TUBULAÇÃO	FEITO REPARO NA CAIXA DE PASSAGEM
Contator	verif.func. motob. AE/AF ugh01	Defeito	mecanismo (nucleo) danificado	Substituida contatora
Conversor Eletro-Óptico	Relés Temp.fase A trafo excit. danif.	Defeito		relés foram substituidos
Corrente Alternada	ccu-1 não aceita comutação	Defeito	rele falta de ajuste.	feito reajuste do rele
Corrente Continua	Queima botoeira disj. entra 1 CCU1	Defeito	Aquecimento excess. dos cabos	Subst. 02 sinalizadores liga/desliga
Cruzeta	Montagem da cruzeta gerador 01	Defeito	montagem na base	montagem na base
Cuba	Subst. oleo do mgi ugh01	Defeito	contaminação por agua	substituido oleo - 380 litros
Eixo	Retirar ponto quente pnl mgs ugh01	Defeito	PAFUZO DA RÉGUA COM FOLGA	FOI SUBSTITUIDO RÉGUA DE BORNE
Eixo do Gerador	Vaz. oleo valv. troc. calor 01 ugh01	Defeito	parafusos frouxos	reaperto dos parafusos
Eletroválvula	Filtrar óleo insp. válvulas R.V. UN-01	Defeito	oleo contaminado	limpeza e filtragem de oleo
Equipamento sem Árvore de Falha	AJUSTE INDIC. POTENCIA ATIVA UGH03 QCC	Defeito	transd. potencia e indic. fora de ajuste	será feito ajuste transdutor/indicado
	Colocar em funcionamento da UTR03	Defeito
	Reparar valv./mont.novo troc.02 mgc ugh1	Defeito	BORRCHA DANIFICADA	substituição da mesma
Filtro	DEF. BOTOEIRA FILTRO ALTO LIMPANTE UGH01	Defeito	DEF. BOTOEIRA FILTRO ALTO LIMPANTE UGH01	
	LIMP. FILTRO N° 1/2 CENTRALINAS MGS UGH1	Defeito	LIMP. FILTRO N° 1/2 CENTRALINAS MGS	
	Limpeza filtro 02 mgc ugh01	Defeito	excesso de sujeira	limpeza com querosene, agua e sabao
	Limpeza filtro duplex m.c. ugh01	Defeito	excesso de sujeira	limpeza com querosene
			sujeira do oleo	Limpeza e inspeção
	LIMPEZA FILTRO DUPLEX M.G.C UGH01	Defeito	sujeira	limpeza
	LIMPEZA FILTRO N° 1 OLEO MGS UGH01	Defeito	LIMPEZA FILTRO N° 1 OLEO MGS UGH01	efetuado limpeza nos dois filtros
	Limpeza filtro oleo m.g.c ugh01	Defeito	impurezas nos filtros	limpeza com oleo diesel
	Limpeza filtro oleo mgs ugh01	Defeito	Limpeza filtro oleo mgs ugh01	substituição dos filtro oleo
	Limpeza filtro sist. resfr.mgs ugh01	Defeito	lsujeira	limpeza
Limpeza troc. calor 1 e 2 mgc ugh01	Defeito	ECESSO DE SUJEIRA NO	limpeza	

			FILTRO	
	SANAR VAZAMENTO ÓLEO NO FILTRO DUPLEX UG	Defeito	VAZAMENTO POR UM ELEMENTO FILTRO TELA	
	SINALIZAÇÃO FILTRO OBSTRUÍDO-MC UGH01	Defeito	FILTRO SUJO	EFETUADA LIMPEZA NOS ELEMENTOS
Fluxostato	Ajuste disposit.med. espelho M.C. ugh01	Defeito	Fora de ajuste	Ajustado medidor na oficina mecanica
	Filtro duplex mont. sujo m.comb. ugh01	Defeito	FILTRO SUJO	LIMPEZA DOS FILTROS MONT. E JUSANTE
	Fluxostato 80GAR ugh01 com defeito	Defeito	Fluxostato 80GAR ugh01 com defeito	FOI SUBSTITUIDO FLUXOSTATO DE 80GAR
	Levantamento cone suporte ugh01			
	Montagem das sapatas ugh01	Defeito	Montagens dos patins novos	montagens dos patins novos
	Montagem mancal combinado ugh01	Defeito	montagem	montagem do mancal combinado
	ttVAZ.AGUA SONDAS ENTR.TROC.CALOR UGH 1	Defeito	vazamento de agua	foi retirado do local a sonda e aplicado
Fonte de Alimentação	NORMALIZAR ALIMENTAÇÃO 220 VCA CLP UGH1	Defeito	FONTE DE ALIMENTAÇÃO DA CLP UGH1.	A ALIMENTAÇÃO DE 220 VCA.....
	Retirar ponto quente motob. AJ ugh01	Defeito	FOLGA NO PARAFUZO DE APERTO	EFETUADO REAPERTO
Fusível	FALTA SINALIZAÇÃO COMPORTA ABERTA UGH01	Defeito	FALTA SINALIZAÇÃO COMPORTA ABERTA UGH01	SUBSTITUIÇÃO DE FUSIVEL
Indicadores	Defeito indic. tensão excit. ugh01	Defeito	FALHA NA COXEXÃO DO TRANSDUTOR	REFEITA A COXEXÃO NO TRANSDUTOR
Instrumentação	INSERIR TRIP FASE V RELE 49TE UGH01	Defeito	INSERIR TRIP FASE V RELE 49TE UGH01	foi reinserido o cabo no relé
Instrumentação do mancal	CORRIGIR INDICAÇÃO DE NIVEL DE ÓLEO MC	Defeito	placa eletronica fora de ajuste	efetuado ensaio de nivel
Junta de vedação	FAZER AJUSTE NA GAXETA MOTOBOMBA AL UGH1	Defeito	FAZER AJUSTE NA GAXETA MOTOBOMBA AL UGH1	FOI COLOCADO 3 CORDÕES GAXETA
Junta de Vedação do Eixo	Ajuste m.g superior e fecham cuba ugh01	Defeito	estava sem ajuste de projeto	ajustado para fol de 0,22 mm
Medidores	SIST. MEDIÇÃO TEMPERATURA GERADOR UGH01	Defeito	SIST. MEDIÇÃO TEMPERATURA GERADOR	
Moto bomba	Motob.al não succiona val.saída não veda	Defeito	VALV.ISOLAMENTO E RETENÇÃO DANIFIC	SUBST. VALV. DE ISOL. E RETENÇÃO
	motor queimado motob. AL ugh01	Defeito	motor queimado	troca do motor e bomba
	Perda escorva vaz.gaxeta motb.ak ugh01	Defeito	VIDA ÚTIL	SUBSTITUIDO GAXETAS
	REG. VEL. MOTOB. AE/AF UGH01	Defeito	REG. VEL. MOTOB. AE/AF UGH01	

	RUIDO ANORMAL MOTOBOMBA AL	Defeito	fim da vida util rolamento	substituição dos rolamentos
Óleo Lubrificante	COMPLETAR NIVEL BAIXO OLEO MGS UGH01	Defeito	NIVEL BAIXO OLEO MGS UGH01	FOI COMPLETADO COM 30 LT'S CADA GERADOR
	Reposição do oleo mgc ugh01	Defeito	foi trocado a carga de oleo	foi trocado carga de oleo(contaminado)
	Subst. oleo m.g.i ugh01	Defeito	ENTRADA DE AGUA NO M.G.I	SUBSTITUIDO A CARGA DE OLEO
Painel e tabuleiro	SANAR FUGA TERRA COMP TOMADA D'ÁGUA UGH1	Defeito	FUGA TERRA COMPORTA TOMADA D'ÁGUA	
Painel elétrico	FALTA SINALIZAÇÃO TENSÃO EXCITAÇÃO UGH01	Defeito	FALTA SINALIZAÇÃO TENSÃO EXCITAÇÃO UGH01	SUBSTITUIÇÃO DE RELE
	SUBST CONTATORA ARM VENT TIRITORES UGH01	Falha	SUBST CONTATORA ARM VENT TIRITORES UGH01	FOI SUBST. CONTATORA
Pás	Acoplamento eixo intermed. gerador 01	Defeito	acoplar ao gerador	acoplado ao gerador
	Alinhamento ugh01	Defeito	alinhar eixo com gerador	retirado para manu.
Pressostato	Inst.termôm./pressost. dig.tq. R.V ugh1	Defeito	defeito pressostato mecanico	Instalado pressostato digital
Purgador	SUBS.PURG.DRENO BALÃO AR FRENAGEM UGH01	Defeito	QUEIMA	TROCA DE PURGADOR
Rede de Comunicação	FALTA COMANDO NA COMUTAÇÃO CCU1 UGH01	Defeito	FALTA COMANDO NA COMUTAÇÃO CCU1	SUBSTITUIÇÃO RELE QUEIMADO.
Relé	ATUAÇÃO RELE 49TE UGH01	Defeito	ATUAÇÃO RELE 49TE UGH01	
Relé Auxiliar	Defeito Secador de ar barram. blindado	Defeito	pressostato fora de ajuste	efetuado ajuste no pressostato
Roda Turbina	Med, folga anel descarga e pas turb 01	Defeito	efetuado medidas	efetuado medidas
Tampa	Soldar tubo blind.t.superior poço tub 01	Defeito	VAZAMENTO NA TUBULAÇÃO DO POÇO.	CONFORME O PROPOSTO.
Tanque	COMPLETAR NIVEL OLEO CENTRALINA UGH01	Falha	COMPLETAR NIVEL OLEO CENTRALINA UGH01	NIVEL DE OLEO FOI COMPLETADO
	Tampa piso do gerador 01 solta	Defeito	tampa sem parafuso	colocado parafuso na tampa
Tanque sem pressão	FILTRO OLEO TRANSDUTOR REG VEL UGH01	Defeito	FILTRO OLEO TRANSDUTOR REG VEL UGH01	LIMPEZA COM JATO AR E QUEROSENE
	TANQUE SEM PRESSÃO DA UGH01	Defeito	TANQUE SEM PRESSÃO DA UGH01	
Termostato	Ajuste med. nivel m.g.c ugh01	Defeito	medidor fora de ajuste	efetuado ajuste no medidor
	Ajuste med. nivel m.g.s ugh01	Defeito	Dispositivo fora de ajuste	efetuado ajuste no sensor de nivel
	Defeito sinal./limpez boia tampa turb.01	Defeito	contatos magnéticos da boia danificados	substituição dos contatos de nivel
Trocador de Calor	LIMP RADIADORES GER ELE PRINCIPAL UGH01	Falha	LIMP RADIADORES GER ELE PRINCIPAL UGH01	
	LIMPEZA NOS TROCADORES DE CALOR UGH01	Defeito	LIMPEZA NOS TROCADORES DE CALOR UGH01	

	Limpeza troc. calor 1 mgc ugh01	Defeito	temperatura alta	temperatura alta
	LIMPEZA TROCADOR DE CALOR 1 E 2 MGS UGH1	Defeito	SUJEIRA MGS	
	LIMPEZA TROCADOR DE CALOR 1 E 2 RV UGH1	Defeito	LIMPEZA TROCADOR DE CALOR 1 E 2 RV UGH1	LIMPEZA COM JATO DE AR.
	Montagem placas corrugadas M.C UGH 1 e 3			MONT DE 90 PLACAS TROC CALOR UGH01
	Subst. oleo cuba m.combinado ugh01	Defeito	contaminação do óleo através do tc de cal	substituição completo do tc
Tubulação	RETIRADA TROCADOR CALOR AVARIADO UGH01	Defeito	RETIRADA TROCADOR CALOR AVARIADO UGH01	retirada do trocador de calor
Tubulações	Montagem cabeçote kaplan e tubulações	Defeito	foi desmontado para atender manu guh01	atender manut. ugh01
	Revisar motoboma ak e al ugh01	Defeito	Desgaste nas motobombas	Subst.rolamentos,,gaxetas e anel desgast
Unidade Geradora Hidráulica	Ensaio elétrico/abre link gerador 01	Defeito	retorno da ugh para operação após manute	
	Med. tensão polo a polo gerador 01	Defeito	retorno ugh 01 a operação	testes de montagem após manut MC
	Mont. parte eletr. anel coletor gerad 01	Defeito	Retorno da manut. do mancal de escora	efetuada montagem do anel coletor
	Retornar com óleo na orgiva	Defeito		
Válvulas	BAIXO RENDIMENTO MOTOBOMBAS AK/AL UGH 01	Defeito	válvula de retenção não veda	troca da válvula
	Subst. valv.isolad.troc. calor m.c.ugh01	Defeito	Falta vedação nas válvulas	Substituídas válvulas
Grand Total				

7. TAXA DE FALHAS (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

7.1 TAXA DE FALHAS BALBINA

	2003	2004	2005	jan	fev	mar	abr	mai
Realizado Acumulado								
Meta Anual								
Realizado Mensal				4,37	3,75	4,45		
Meta Mensal				4,88	4,51	3,97	4,26	4,57
Anos Anteriores			4,58					

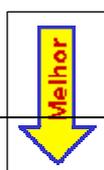
Meta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
------	------	------	------	------	------

Realiz.			
	0,00	0,00	0,00

2003	2004	2005	2006 Acumulado
0,00	0,00	0,00	0,00

jun	jul	ago	set	out	nov	dez	2006
							4,45
							4,58
4,71	4,94	5,31	4,80	4,10	4,31	4,58	

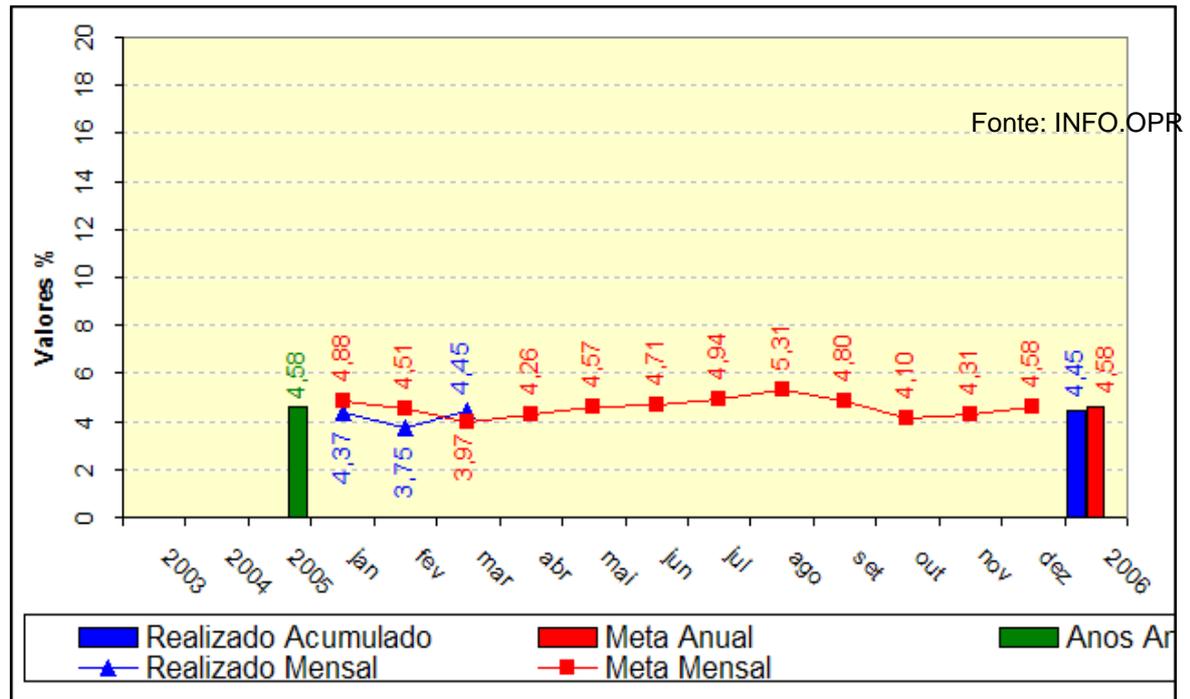
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
------	------	------	------	------	------	------





TF – TAXA DE FALHA

TF – Taxa de Falha da UHE Balbina



7.2 TAXA DE FALHAS SAMUEL

	2003	2004	2005	jan	fev	mar	abr	mai
Realizado Acumulado								
Meta Anual								
Realizado Mensal				13,53	12,16	11,22		
Meta Mensal				12,33	13,00	13,54	10,12	10,64
Anos Anteriores	6,29	5,92	14,55					

Meta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
------	------	------	------	------	------

Realiz.			
	0,00	0,00	0,00

2003	2004	2005	2006 Acumulado
0,00	0,00	0,00	0,00

jun	jul	ago	set	out	nov	dez	2006
							11,22
							8,30
9,31	9,17	9,20	9,14	9,25	8,30	8,30	

0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
------	------	------	------	------	------	------

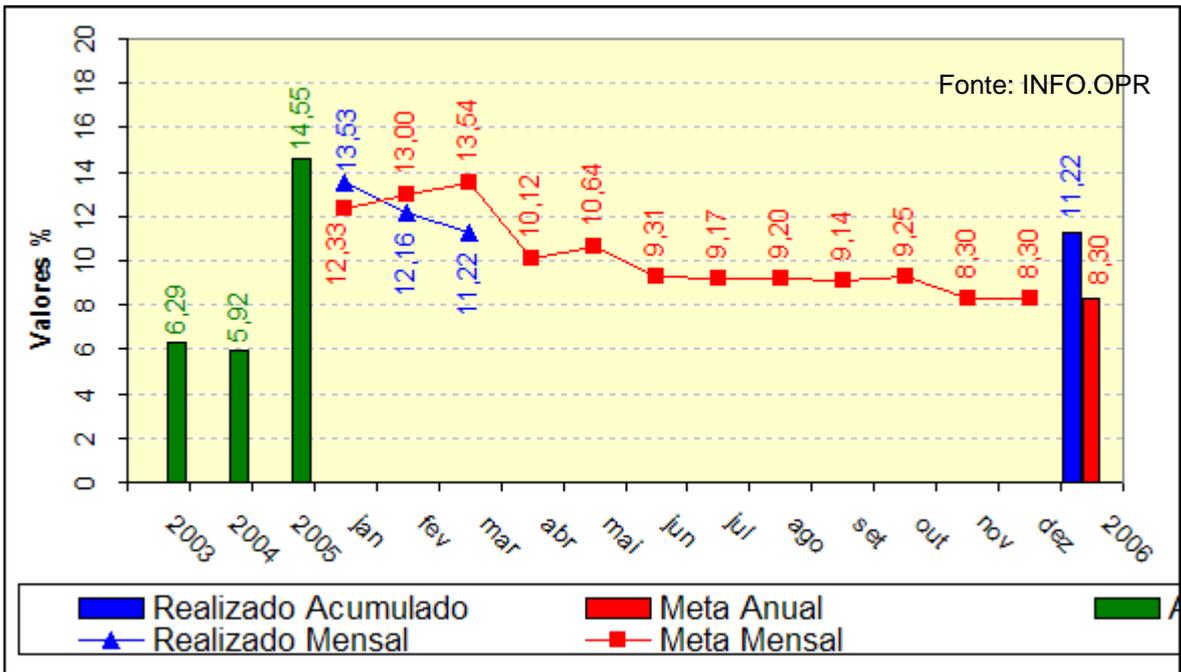


Melhor

TF – TAXA DE FALHA

TF – Taxa de Falha da UHE Samuel





7.3 DADOS BRUTOS TAXA DE FALHA

$$TF = (NFacum * HPacum) / Hsacum$$

		HPmes	HPacum	NFmes	NFacum	DURmes	DURacum	HSmes	Hsacum	TF	META
2002	JAN	744,00		3		32,55		3356,10			
	FEV	672,00		0		0,00		1542,58			
	MAR	744,00		0		0,00		2981,00			
	ABR	720,00		0		0,00		1521,15			
	MAI	744,00		2		95,27		1956,93			
	JUN	720,00		0		3,83		1956,07			
	JUL	744,00		1		0,58		2129,87			
	AGO	744,00		1		1,77		1688,20			
	SET	720,00		0		0,00		1442,13			
	OUT	744,00		1		0,77		2057,47			
	NOV	720,00		3		14,20		2498,35			
	DEZ	744,00		2		1,50		2253,23			
2003	JAN	744,00	8760,00	1	11	23,63	141,55	3365,27	25392,25	3,79	
	FEV	672,00	8760,00	3	14	186,57	328,12	3103,80	26953,47	4,55	
	MAR	744,00	8760,00	1	15	0,22	328,34	2226,42	26198,89	5,02	
	ABR	720,00	8760,00	0	15	0,00	328,34	2146,08	26823,82	4,90	
	MAI	744,00	8760,00	2	15	43,67	276,74	2919,85	27786,74	4,73	
	JUN	720,00	8760,00	3	18	1,52	274,43	2526,40	28357,07	5,56	
	JUL	744,00	8760,00	1	18	1,37	275,22	1194,80	27422,00	5,75	
	AGO	744,00	8760,00	1	18	0,60	274,05	1282,12	27015,92	5,84	
	SET	720,00	8760,00	0	18	0,00	274,05	2307,22	27881,01	5,66	
	OUT	744,00	8760,00	1	18	732,05	1005,33	1521,45	27344,99	5,77	
	NOV	720,00	8760,00	2	17	11,90	1003,03	2007,95	26854,59	5,55	
	DEZ	744,00	8760,00	4	19	167,03	1168,56	1857,73	26459,09	6,29	
2004	JAN	744,00	8760,00	3	21	0,00	1144,93	3001,63	26095,45	7,05	
	FEV	696,00	8784,00	0	18	0,00	958,36	2408,77	25400,42	6,22	
	MAR	744,00	8784,00	0	17	19,87	978,01	1839,20	25013,20	5,97	

		ABR	720,00	8784,00	0	17	170,22	1148,23	2733,85	25600,97	5,83	
		MAI	744,00	8784,00	3	18	0,00	1104,56	1603,13	24284,25	6,51	
		JUN	720,00	8784,00	0	15	186,98	1290,02	1856,53	23614,38	5,58	
		JUL	744,00	8784,00	1	15	0,08	1288,73	2094,90	24514,48	5,37	
		AGO	744,00	8784,00	1	15	0,00	1288,13	294,47	23526,83	5,60	
		SET	720,00	8784,00	0	15	0,50	1288,63	1561,25	22780,86	5,78	
		OUT	744,00	8784,00	1	15	0,00	556,58	473,18	21732,59	6,06	
		NOV	720,00	8784,00	3	16	0,00	544,68	1770,75	21495,39	6,54	
		DEZ	744,00	8784,00	2	14	29,33	406,98	1125,85	20763,51	5,92	
	20 05	JAN	744,00	8784,00	5	16	48,30	455,28	1454,72	19216,60	7,31	
		FEV	672,00	8760,00	1	17	34,20	489,48	2262,90	19070,73	7,81	
		MAR	744,00	8760,00	0	17	0,00	469,61	1415,13	18646,66	7,99	
		ABR	720,00	8760,00	10	27	70,72	370,11	2885,62	18798,43	12,58	
		MAI	744,00	8760,00	1	25	0,70	370,81	2050,92	19246,22	11,38	
		JUN	720,00	8760,00	4	29	81,02	264,85	1576,25	18965,94	13,39	
		JUL	744,00	8760,00	1	29	0,05	264,82	869,48	17740,52	14,32	
		AGO	744,00	8760,00	0	28	0,00	264,82	229,98	17676,03	13,88	
		SET	720,00	8760,00	1	29	16,70	281,02	1001,57	17116,35	14,84	
		OUT	744,00	8760,00	0	28	0,00	281,02	427,92	17071,09	14,37	
		NOV	720,00	8760,00	4	29	31,63	312,65	1729,38	17029,72	14,92	
		DEZ	744,00	8760,00	0	27	0,00	283,32	349,80	16253,67	14,55	
	20 06	JAN	744,00	8760,00	3	25	1,12	236,14	1390,82	16189,77	13,53	12,33
		FEV	672,00	8760,00	0	24	0,00	201,94	3360,00	17286,87	12,16	13,00
		MAR	744,00	8760,00	0	24	0,00	201,94	2868,18	18739,92	11,22	13,54
		ABR	720,00	8760,00		14		131,22		15854,30		10,12
		MAI	744,00	8760,00		13		130,52		13803,38		10,64
		JUN	720,00	8760,00		9		49,50		12227,13		9,31
		JUL	744,00	8760,00		8		49,45		11357,65		9,17
		AGO	744,00	8760,00		8		49,45		11127,67		9,20
		SET	720,00	8760,00		7		32,75		10126,10		9,14
		OUT	744,00	8760,00		7		32,75		9698,18		9,25
		NOV	720,00	8760,00		3		1,12		7968,80		8,30
		DEZ	744,00	8760,00		3		1,12		7619,00		8,30
BAL BINA	20 02	JAN										
		FEV										
		MAR										

	ABR									
	MAI									
	JUN									
	JUL									
	AGO									
	SET									
	OUT									
	NOV									
	DEZ									
20	JAN									
03	FEV									
	MAR									
	ABR									
	MAI									
	JUN									
	JUL									
	AGO									
	SET									
	OUT									
	NOV									
	DEZ									
20	JAN	744,00	744,00							
04	FEV	696,00	1440,00							
	MAR	744,00	2184,00							
	ABR	720,00	2904,00							
	MAI	744,00	3648,00							
	JUN	720,00	4368,00							
	JUL	744,00	5112,00							
	AGO	744,00	5856,00							
	SET	720,00	6576,00							
	OUT	744,00	7320,00							
	NOV	720,00	8040,00							
	DEZ	744,00	8784,00							
20	JAN	744,00	8784,00	0	0	307,22	307,22	1919,85	1919,85	0,00
05	FEV	672,00	8760,00	2	2	50,18	357,40	1500,67	3420,52	5,12
	MAR	744,00	8760,00	3	5	39,33	396,73	2131,90	5552,42	7,89

	ABR	720,00	8760,00	0	5	9,38	406,11	1865,18	7417,60	5,90	
	MAI	744,00	8760,00	0	5	0,00	406,11	2106,57	9524,17	4,60	
	JUN	720,00	8760,00	1	6	0,17	406,28	2865,77	12389,94	4,24	
	JUL	744,00	8760,00	1	7	48,67	454,95	3353,18	15743,12	3,90	
	AGO	744,00	8760,00	0	7	0,00	454,95	2409,67	18152,79	3,38	
	SET	720,00	8760,00	3	10	7,53	462,48	2458,02	20610,81	4,25	
	OUT	744,00	8760,00	4	14	4,93	467,41	3183,55	23794,36	5,15	
	NOV	720,00	8760,00	1	15	2,35	469,76	3283,52	27077,88	4,85	
	DEZ	744,00	8760,00	0	15	0,00	469,76	1633,08	28710,96	4,58	
20 06	JAN	744,00	8760,00	0	15	0,00	162,54	3252,18	30043,29	4,37	4,88
	FEV	672,00	8760,00	0	13	0,00	112,36	1816,42	30359,04	3,75	4,51
	MAR	744,00	8760,00	6	16	65,53	138,56	3246,08	31473,22	4,45	3,97
	ABR	720,00	8760,00		16		129,18		29608,04		4,26
	MAI	744,00	8760,00		16		129,18		27501,47		4,57
	JUN	720,00	8760,00		15		129,01		24635,70		4,71
	JUL	744,00	8760,00		14		80,34		21282,52		4,94
	AGO	744,00	8760,00		14		72,81		18872,85		5,31
	SET	720,00	8760,00		11		67,88		16414,83		4,80
	OUT	744,00	8760,00		7		65,53		13231,28		4,10
	NOV	720,00	8760,00		6		65,53		9947,76		4,31
	DEZ	744,00	8760,00		6		65,53		8314,68		4,58

8. INFORMATIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO (PRODUTO ETAPA 1 ANO 1)

8.1 HISTÓRICO

A interação da Manutenção com sua evolução pode ser demarcada nos seguintes períodos, segundo Tavares (2002):

A partir dos anos 60

Com a difusão dos computadores, a área de manutenção passou a utilizar métodos de planejamento e controle de manutenção automatizados, reduzindo os encargos burocráticos dos executantes de manutenção. Esta atividade implicou em novas setorizações como: área de estudos de ocorrências, área de planejamento de controle entre outras.

A partir dos anos 80

Com o desenvolvimento dos microcomputadores a custos reduzidos e linguagem simples, os órgãos de manutenção tiveram opção de se desenvolver e processar seus próprios programas, eliminando os inconvenientes da dependência de disponibilidade humana e de equipamentos, para o atendimento às suas prioridades de processamento das informações pelo computador central, além das dificuldades de comunicação na transmissão de suas necessidades para o analista de sistemas, nem sempre familiarizados com a área de manutenção.

A partir dos anos 90

Com as exigências do aumento de qualidade dos produtos e serviços pelos consumidores, a manutenção passou por grandes aprimoramentos na sua gestão. Passou a ser um elemento importante no desempenho dos equipamentos em grau de importância aos já praticados na operação, começando a fazer parte do planejamento estratégico das empresas onde informatização é a condição para existir em mercados competitivos. Este quadro gerou enorme profusão de software e o aparecimento e desenvolvimento de empresas especializadas em software para manutenção.

Na atualidade, a título de facilidade e compreensão, podem ser identificadas três linhas de convergência de softwares de manutenção, baseado nas classificações de Lacerda (1997, TT064).

- ✓ Softwares de gestão: com módulos para gerenciamento de mão-de-obra, materiais, controle de custos, emissão de relatórios gerenciais e outras facilidades de tomadas de decisão. Enquadram-se na linha de gestão empresarial de ativos (EAM-Enterprise Asset Management) e gestão da manutenção (CMMS -Computerized Maintenance Management Software).
- ✓ Softwares específicos ou especializados: enquadram-se neste bloco, softwares de manutenção específica por equipamento, por fabricante, normalmente envolvendo diagnósticos. Engloba também os sistemas especialistas em franca ascendência, bem como softwares específicos empregando outras técnicas de inteligência artificial.
- ✓ Softwares de apoio: enquadram-se neste bloco todos os outros softwares que não forem de gestão ou específicos.

É possível um software apresentar características de mais de uma convergência, principalmente se tiver sido desenvolvido modularmente, como no caso de um sistema de gestão, que tenha módulo para movimentação e outro de sistema especialista. O enquadramento de um software dar-se-á pela convergência dominante.

Atualmente existe uma ampla gama de softwares de manutenção sendo comercializados, oferecendo soluções em função do produto, tecnologia, mercado e estratégia das diversas empresas. Este mercado, segundo Tavares (2002), representou, em 1997, mais de 900 milhões de dólares de faturamento, dos quais 56,6% na América do Norte, 27,5% na Europa, 10,3% na Ásia e Oceania e 5,7% na América Latina.

O SMRP (2002) dos Estados Unidos, em sua última pesquisa, registrou entre 2000 e 2001, que 90% das plantas pesquisadas têm um Sistema de Gerenciamento Computadorizado de Manutenção (CMMS) para gerenciar equipamento, material de trabalho e dados de custo, de forma a gerenciar a manutenção como a chave da operação total.

Os softwares CMMS mais comumente usados são: MÁXIMO (18%), SAP (13%), MP2 (13%) e o WOMANS (5,3%). O MP2 é o mais extensivamente usado em pequenas plantas, enquanto o SAP é largamente usado em grandes plantas.

A análise do SMRP também indica que, apesar dos CMMS fornecerem um sistema de facilidades e estrutura de informações para integração das melhores práticas no processo de manutenção, só alcançam sucesso na sua utilização, em organizações comprometidas com planos estratégicos de longo prazo. Caso contrário, o CMMS cai em desuso e somente 23% das plantas planejam e programam todas suas atividades de manutenção de sistema. Uma análise mais detalhada do problema pode ser encontrada em Dunn (2001).

No Brasil, a oferta de softwares de gerenciamento da manutenção é grande e atende a uma variada gama de requisitos, porém ainda é substancial o desconhecimento das potencialidades da área de softwares especializados, segundo atesta MyQ. (1999, p.31).

A seguir (tabela 8.1) apresentam-se alguns softwares especializados de gerência de manutenção mais difundidos:

Tabela 8.1: Softwares mais difundidos Fonte: MyQ, (1999, p.31) e MyQ (2000, p.34-35).

FABRICANTE	SOFTWARE
Datastream (SP)	MP5, MP2Enterprise, MP2Professional, Maintainit
Protam Eng. de Manutenção (SP)	Coswin
SAM SERVICE (SP)	MAC ACTIVE (FULL) e LITE
ASTREIN Informática (SP)	SIM
Maximiza Consultoria Sistema (SC)	Sadege
MiDS Sistemas (SP)	Máximo
SPES Eng. De Sistemas	SMI

No Documento Nacional de 1995:

- ✓ o percentual de 90% de carência de treinamento;
- ✓ aplicação de recursos de manutenção em 32,8% para corretiva e 18,65% de preditiva;
- ✓ 12,7% não monitoram equipamentos, 47,6% fazem monitoração manual, 29,1% fazem monitoramento com coletor de dados e softwares e 10,6% fazem monitoramento on-line.

No Documento Nacional de 1995:

- ✓ em 74% das empresas existem programas de treinamento para o pessoal de manutenção;

- ✓ aplicação de recursos de manutenção em 25,53% para corretiva e 18,54% de preditiva;
- ✓ ferramentas utilizadas para controle da qualidade: RCM (2,53%), 5S (40,51%), CCQ (10,63%), IPM (16,20%) e outras (17,72%);
- ✓ 10,17% não monitoram equipamentos, 30,51% fazem monitoramento manual, 50,85% fazem monitorização com coletor de dados e software;
- ✓ 10,17% fazem monitoramento automático on-line.

No Documento Nacional de 2001: Conforme apresentado no capítulo 2, o custo da manutenção em relação ao faturamento das empresas continuava representando parcela significativa do PIB brasileiro fornecido pela FGV:

- ✓ 2001: 4,47%-US \$ 26,0 bilhões
- ✓ 1999: 3,56%-US \$ 27,6 bilhões
- ✓ 1997: 4,39%-US \$34,0 bilhões
- ✓ 1995: 4,26%-US \$ 23,1 bilhões
- ✓ Média: 4,2% do PIB. US \$ 28 bilhões

Comparando-se com a análise do SMRP americano, atualmente custos de manutenção está na ordem de 9 a 15% das vendas e em outra estatística na ordem de 8 a 12% do custo dos produtos destas empresas.

Estes dados são importantes para se ter uma idéia do desafio que as empresas ainda devem enfrentar para sua informatização e conseqüente automação de procedimentos de manutenção.

Há ainda muito por fazer na integração da manutenção com outros setores da organização, no desenvolvimento de técnicas preditivas, entre outras, e todas estas mudanças acompanhadas da evolução das técnicas de computação em termos de Inteligência Artificial, redes de computadores e internet. Um pequeno ensaio deste contexto pode ser visto em Lacerda (1997, TT064).

A Eletronorte utiliza o SAP-R3 em suas instalações, em especial de Samuel. Em Balbina será utilizado o software Maximo e os dados relativos aos cartões de anomalias, para efeito deste trabalho, são utilizados do SAP-R3 associado a usina de Samuel, já que Balbina não tem SAP.

8.2 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO CONTEXTO DA MANUTENÇÃO

Inserida no contexto computacional, a Inteligência Artificial (IA), segundo análise de Barreto (1998, p.04) nasceu em 1956 na conferência histórica de Dartmouth, New Hampshire. Este encontro foi também o primeiro entre os quatro pesquisadores de IA nos Estados Unidos durante duas décadas: Mc Carthy, Minsky, Newell e Simon. Deste encontro nasceram os dois paradigmas da inteligência artificial: simbólica e conexionista, e uma definição de IA atribuída a John McCarthy, como sendo o campo da Ciência da Computação que se dedica ao estudo e modelagem da inteligência humana.

Na IAS (Inteligência Artificial Simbólica) o comportamento inteligente global é simulado, sem considerar os mecanismos responsáveis por este comportamento. Na IAC (Inteligência Artificial Conexionista) acredita-se que construindo máquina que imite a estrutura do cérebro ela apresentará inteligência. (Barreto, 1998, p.04). Progressivamente as duas correntes separam-se e só se reencontraram a partir do final da década de 80.

Muito se evoluiu desde Dartmouth e, na atualidade, existe uma diversificação expressiva de disciplinas de IA, conforme pode-se constatar no quadro evolutivo da IA (tabela 8.2) e pelas referências que servem de exemplos, a seguir:

- ✓ Medsker (1995, p.298) analisa a contribuição da IA, em que os sistemas inteligentes tendem a utilizar, sempre que necessário, várias filosofias e tecnologias diferentes como Redes Neurais, Lógica Fuzzy, Algoritmos Genéticos, Raciocínio Baseado em Casos, Multimídia, Agentes, Técnicas de busca e filtragem para Data Mining e Sistemas Especialistas.
- ✓ Brooks (1999) explica o objetivo intelectual do laboratório de IA do MIT, que é entender como trabalha a mente humana. Acredita-se que a visão, robótica e linguagem são as chaves para entendimento da inteligência, e neste sentido o laboratório do MIT faz mais investimentos do que muitos laboratórios de Inteligência Artificial. As linhas de pesquisa são:
 - Aprendizagem
 - Inteligência Artificial
 - Gestão de Informação
 - Visão Médica
 - Visão Geral
 - Visão Aplicada a Pessoas & Atividades
 - Robótica Medica
 - Arquitetura Cognitiva
 - Linguagem
 - Novos Modelos de Computação

Tabela 8.2: Evolução da IA A divisão em épocas foi adaptação de Barreto (1998, p.05-06)

1940		Fim da 2ª Guerra 1950		1960	1970	1980	1990	2000
Modelo Neuronal (McCulloch e Pitt)				Inteligência Artificial J.McCarty M.Minsk		Agentes IA Distribuída (C.Hewitts) Software de Reconhecimento de padrões		Sistemas Híbridos
		Teórico Lógico (Simon, Newell)			Solucionador geral de Problemas (Newell)	Software de Linguagem	Shells de Inteligência	
	ciência da informação			Sistemas especialistas (E.Feigenbaum)			Reconhecimento de Imagens	
Cibernética (Máquinas de Feedback de Wiener)				Conjuntos Difusos (L.Zadeh)		Algoritmos Genéticos (J.Holland)	Raciocínio baseado em casos (R.Schank)	
		Perceptron (Rosenblatt)				Rede de Hoepfield	Sistemas de Conhecimento (ESPRIT II)	
ÉPOCA PRÉ-HISTÓRICA ATÉ 1966		ÉPOCA CLÁSSICA (1956-1970)		ÉPOCA ROMÂNTICA (1970-80)		ÉPOCA MODERNA (1980-90)	ÉPOCA CONTEMPORÂNEA (1990-actual)	

- ✓ Laudon (1999, p.329) discorre sobre a Inteligência Artificial mostrando que ela não é um fenômeno isolado, mas uma família de atividades por vezes relacionadas, em que cada uma busca capturar algum aspecto da inteligência dos seres humanos e de seu modo de ver. Os cientistas da computação, engenheiros eletrônicos, psicólogos, lingüistas, fisiologistas e biólogos estão envolvidos nesta busca, que os leva a pesquisar a linguagem natural, a

- robótica, os sistemas perceptivos, os sistemas especialistas, as redes neurais e o software inteligente.
- ✓ Simpósio patrocinado pela AAAI – Associação Americana de IA objetivou mostrar a relevância das técnicas de IA em manutenção de equipamentos, evidenciando áreas como:
 - planejamento da manutenção;
 - planejamento de ações corretivas;
 - agentes inteligentes via internet para tarefas de monitoração;
 - máquina de aprendizado para reconhecer e classificar novos comportamento do sistema, entre outras (AIES, 1999).
 - ✓ O quarto evento da Conferência Internacional de Aplicação de Sistemas Inteligentes em Sistemas de Potência. Esta conferência é dedicada para aplicação de técnicas de sistemas inteligentes, como redes neurais artificiais, sistemas fuzzy, algoritmos genéticos, raciocínios baseado em casos, sistemas de conhecimento e outras técnicas, no desenvolvimento de novos aplicativos a serem utilizados nas diversas áreas dos sistemas de potência, incluindo desde de projeto, planejamento, operação, manutenção até o equipamento elétrico propriamente dito (ISAP, 1999).
 - ✓ Conferência Internacional de Inteligência Artificial patrocinada pelo IEEE dos Estados Unidos fomenta o desenvolvimento de técnicas de IA em diversos segmentos: como Engenharia Elétrica, Engenharia Eletrônica, Telecomunicações, processos industriais, medicina e entre outros (IEEE AIS, 2002). Muitas outras referências poderiam ser citadas, porém, em síntese, o objetivo da IA segundo Bittencourt (1998, p.15): “É a criação de modelos para a inteligência e a construção de sistemas computacionais baseados nesses modelos. O caráter dual deste objetivo levou, naturalmente, a pesquisa e o desenvolvimento em IA e cristalizaram-se em torno de três tipos de atividades:
 - Desenvolvimento de modelos para a inteligência humana, tema da ciência cognitiva (psicologia computacional);
 - Desenvolvimento de aplicações educacionais, comerciais ou industriais utilizando técnicas de IA.
 - Desenvolvimento de técnicas computacionais que apresentem potencial para a simulação de comportamento inteligente.”

8.3 A IA NA MANUTENÇÃO E SISTEMA DE POTÊNCIA

Na Manutenção, os primeiros exemplos mais conhecidos de aplicabilidade de IA ficam por conta do setor da Aviação, conforme Botelho (1991, p.08). Uma publicação de Richardson, 1985, intitulada “Artificial Intelligence in Maintenance”, pelo Instituto de Denver, da Universidade do Colorado, EUA, relaciona uma série de trabalhos desenvolvidos pelo segmento militar industrial e comercial da aviação norte-americana envolvendo sistemas especialistas.

A partir deste ponto até os dias atuais de 2002, houve uma ampla profusão de pesquisas, trabalhos e centros desenvolvedores de técnicas de IA tanto em Manutenção quanto em Sistemas de Potência. Grande parte deste esforço concentraram-se, entre outros exemplos, em institutos como o IEEE dos EUA, IEE do Japão, EPRI dos EUA; de associações como o AAAI dos EUA; conferências como CIGRÉ, ISAP e IEEE-AIS; no Brasil como o SNPTEE, ELARC E ABRAMAN.

Desta profusão ficou evidenciado que as técnicas de IA mais difundidas em sistemas de manutenção e em especial sistemas de potência são:

- ✓ sistemas especialistas
- ✓ redes neurais
- ✓ algoritmos genéticos
- ✓ agentes inteligentes

Neste trabalho não se diferenciou aplicação de IA em manutenção e operação, pois RCM analisa função e não o equipamento propriamente dito, ela só tem sentido quando integrada com a operação.

Especificamente, a CBM (Condition Based Maintenance) apresenta um campo promissor para aplicação das técnicas de IA, em que se destacam na atualidade sistemas especialistas e redes neurais.

As referências ajudam a corroborar as constatações em epígrafe e apontam também tendências para tempos futuros:

- ❖ Lin (1992, p.1141-1147) apresenta um sistema especialista baseado em conhecimento para auxiliar na tomada de decisão da manutenção programada de gerador na Taiwan Power Company.
- ❖ Botelho (1991) revela esforços de aplicação de IA no processo decisório para análise de falha de aviões da Força Aérea Brasileira. Neste trabalho, destacaram-se entre outros benefícios da aplicação de sistemas especialistas no gerenciamento da manutenção como: redução de erros de diagnósticos, melhoria na tecnologia de treinamento com sistemas tutoriais e a otimização do manuseio da informação técnica da manutenção.
- ❖ Tomsovic (1994, p.363-370) sugere vários métodos para extração de informações de dados de teste para monitoração da condição de equipamento usando conjuntos fuzzy e redes neurais artificiais.
- ❖ Archon (1998, p.01-03) O projeto Archon é um dos principais projetos de inteligência artificial distribuída, podendo ser usado em domínios industriais reais. Atualmente empregado em concessionária na Espanha para gerenciamento de transporte de energia.
- ❖ Ribeiro (1995, ELARC) utilização de sistema especialista no restabelecimento inteligente de subestações.
- ❖ Tiburcio (1995, GrupoX) avalia o estado operativo de sistemas de potência, sua segurança e quais ações são adequadas para intensificar esta segurança empregando redes neurais.
- ❖ Martino (1995, grupo XIII) apresenta diagnóstico de transformadores de potência utilizando redes neurais.
- ❖ Belchior (1995, p.219-233) desenvolvimento de sistema especialista para diagnóstico de motores diesel visando manutenção preditiva.
- ❖ Kobaccy (1995, p.831-853) apresenta uma proposta de sistema de suporte à decisão inteligente para avaliação e desenvolvimento de rotinas de manutenção aplicadas a grandes sistemas técnico e complexo. A concepção deste trabalho foi a incorporação de uma base de conhecimento (regras de produção) que permite ao DSS (Decision Support System), baseado em computador, selecionar entre bases de modelos de políticas de manutenção, qual a mais adequada a ser empregada aos dados de um determinado contexto
- ❖ Lacerda (1997, TT064) analisa a informatização integrada da manutenção industrial com a manufatura e aplicações de sistemas especialistas na manutenção.
- ❖ AIES (1999) – 1999 AAAI Spring Symposium on AI in Equipment Maintenance Service. Uma Referência para IA aplicada na manutenção de equipamentos das seguintes áreas: indústria automotiva, aeronaves, turbinas a gás, bombas, inclusive projeto para a manutenabilidade.
- ❖ Técnicas de IA exploradas: Clustering, sistemas especialistas, redes neurais, redes bayesianas, redes de crença, raciocínio baseado em casos, entre outros.
- ❖ Reis (2000, p.102-107) discute sistemas especialistas para diagnósticos de máquinas e manutenção baseada em condição, seu desenvolvimento nos laboratórios das universidades americanas, sua aplicação na indústria e reconstrução de softwares no Japão.

- ❖ Hiyama (2002) apresenta um survey de 1991 a 1999 sobre a aplicação de sistemas fuzzy em sistemas de potência no Japão, e detalhando sua aplicabilidade em cada área de um sistema de potência com indicação de dezenas de referências bibliográficas a nível mundial.
- ❖ SNPTEE (2001) 16º Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica (aplicações) de IA em trabalhos do: Grupo VIII – Grupo de estudo de subestação e equipamentos elétricos – GSE: novos dispositivos inteligentes em antigas subestações; - critérios para aplicação de sistemas especialistas para diagnóstico de falhas em equipamento de subestações técnicas de sistemas; inteligentes (redes neurais/lógica fuzzy) aplicadas na identificação do envelhecimento de transformadores; - monitoramento e sistema especialista para diagnóstico de equipamentos de subestações; e - reconhecimento de defeitos em equipamentos elétricos de alta tensão utilizando a Teoria Fractal e as Redes Neurais Artificiais.
- ❖ AANN (2002) reúne um pool de dezenas de autores que apresentam aplicações de redes neurais, algoritmos genéticos e lógica fuzzy em sistema de potência. Envolvem trabalhos apresentados entre 1993 a 1995 em fóruns como

8.4 A ENGENHARIA DE CONHECIMENTO COMO DISCIPLINA EMERGENTE DOS SISTEMAS ESPECIALISTAS

A raízes dos sistemas especialistas estão alicerçadas em muitas disciplinas, uma das maiores é a área do processamento humano de informações, chamado ciência cognitiva. Cognição é o estudo de como os humanos processam informações, em outras palavras, é o estudo de como os humanos pensam, especialmente quando resolvem problemas. O estudo da cognição é importante quando se quer fazer os computadores emularem os especialistas humanos.

Na considerada era clássica, um dos projetos mais ambiciosos foi o desenvolvimento do GPS (General Problem Solver), programa criado por Newell e Simon com o objetivo de resolver problemas em geral.

Um dos mais significativos resultados demonstrados por Newell e Simon era o de que a maioria das resoluções dos problemas humanos ou cognição poderia ser expresso por regras de produção do tipo IF-THEN. A regra correspondia a uma pequena coleção modular de conhecimento chamado bloco (chunk).

Exemplo: Se o carro “não dá partida” e o ponteiro do combustível indica “vazio”, então encha o tanque. Os dois autores popularizaram o uso das regras para representar o conhecimento humano e mostraram como o raciocínio podia ser feito através de regras.

A idéia básica, de como era feito o processamento humano (figura 8.1), consiste na entrada sensorial que estimula o cérebro. O estímulo dispara regras apropriadas da memória de longo prazo, as quais produzem respostas adequadas.

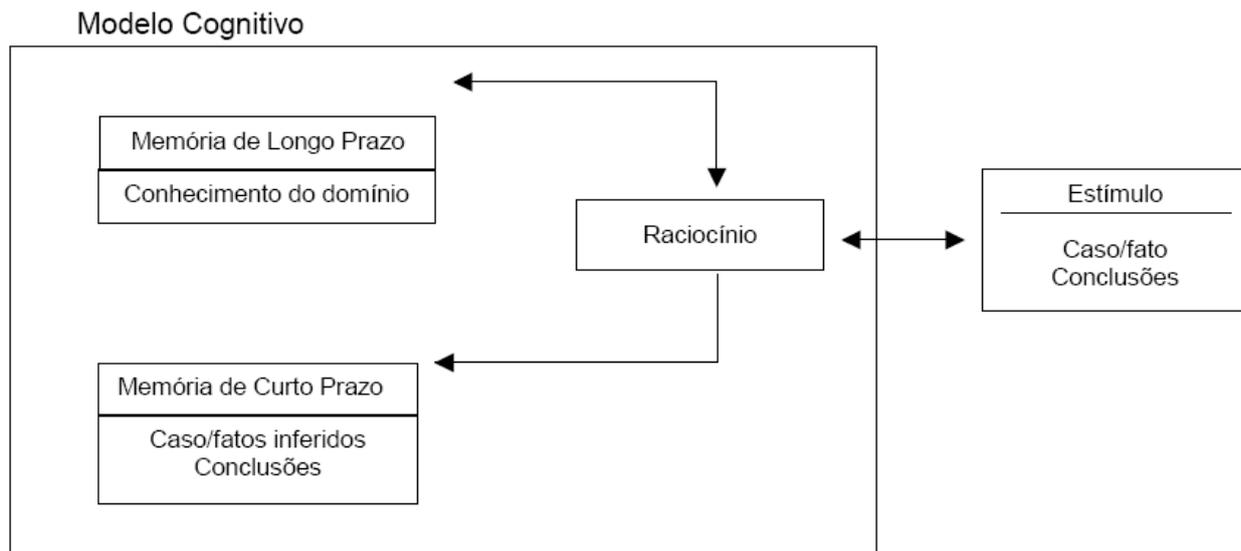


Figura 8.1: Solucionando o problema humano.

Até meados dos anos 60, a maioria das utilizações consistia em produzir sistemas inteligentes com pequenos domínios de conhecimento e poderosos métodos de raciocínio em áreas muito diversificadas. Porém, o GPS mostrou sua debilidade para problemas complexos não demonstrando o mesmo desempenho dos especialistas humanos.

Com o nascer dos anos 70 e, principalmente, balizado pela elaboração do programa DENDRAL, cujo desenvolvimento começou em 1965 na Universidade de Stanford por solicitação da NASA, tornou-se claro que o conhecimento do domínio era a chave para a construção das máquinas solucionadoras de problemas, as quais poderiam funcionar no nível dos especialistas humanos. Embora os métodos de raciocínio fossem importantes, os estudos mostravam que os especialistas utilizavam inicialmente um vasto conhecimento de heurísticas e experiências que acumulavam ao longo dos anos. A habilidade de raciocínio de um especialista não é, geralmente, melhor do que uma pessoa mediana na resolução de um problema não familiar. Tal percepção conduziu os pesquisadores de Stanford a introduzir tais heurísticas no DENDRAL e obter um programa que operava tão bem quanto um especialista humano.

Esta ênfase no conhecimento levou Ed Feigenbaum, um dos idealizadores de DENDRAL, a reivindicar: 1) “no conhecimento reside o poder” e 2) “o processo de construção de tais sistemas deveria ser a Engenharia de Conhecimento”. E, também, conduziu para o paradigma do sistema baseado no conhecimento ou sistema especialista (Durkin, 1994, p.06).

Com aceitação deste paradigma, muitos sistemas de sucesso foram construídos, entre eles: DENDRAL (podia interpretar espectômetros de massa para identificar constituintes químicos); MYCIN (diagnóstico de doenças), DIPMETER (análise de dados geológicos para petróleo); PROSPECTOR (para análise de minerais), XCON/R1 (para configuração de computadores), entre outros.

Este foi o ramo da IA que nasceu na década de 50 como um estudo do processamento humano da informação e que, agora, crescera para atingir o sucesso comercial pelo desenvolvimento de problemas práticos do mundo real.

No final dos anos 70, três conceitos eram convergentes para a maioria dos sistemas desenvolvidos: as regras, a Shell e o conhecimento (figura 8.2).

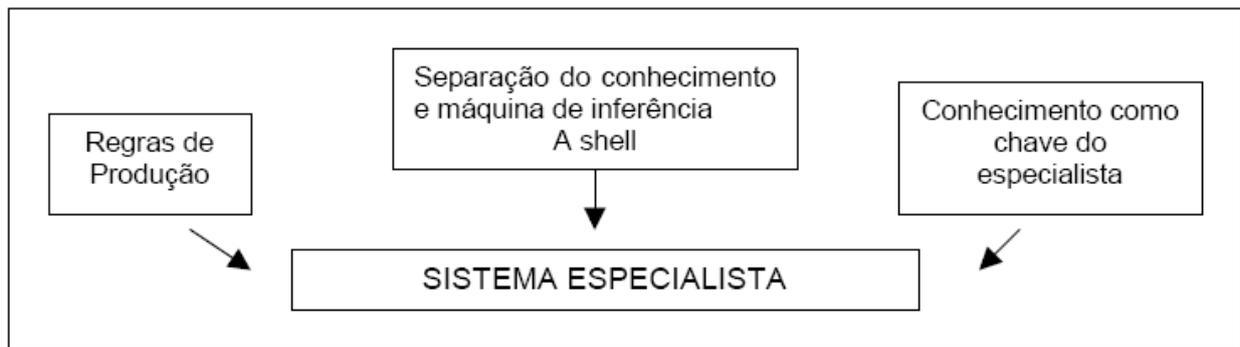


Figura 8.2: Sistemas especialistas.

Até meados dos anos 80, o campo foi dominado pelos sistemas baseados em regras. Contudo, a partir do final dos anos 80, identificou-se um eixo com direção aos sistemas orientados a objetos. (Sistemas especialistas baseados em frames com técnicas oriundas da programação orientada à objetos). Frames é uma estrutura de dados, proposta por Minski (1975), para codificar conceitos numa informação típica computacional.

As idéias apresentadas até aqui corresponderam à primeira geração de sistemas de conhecimento, conforme figura 8.3:

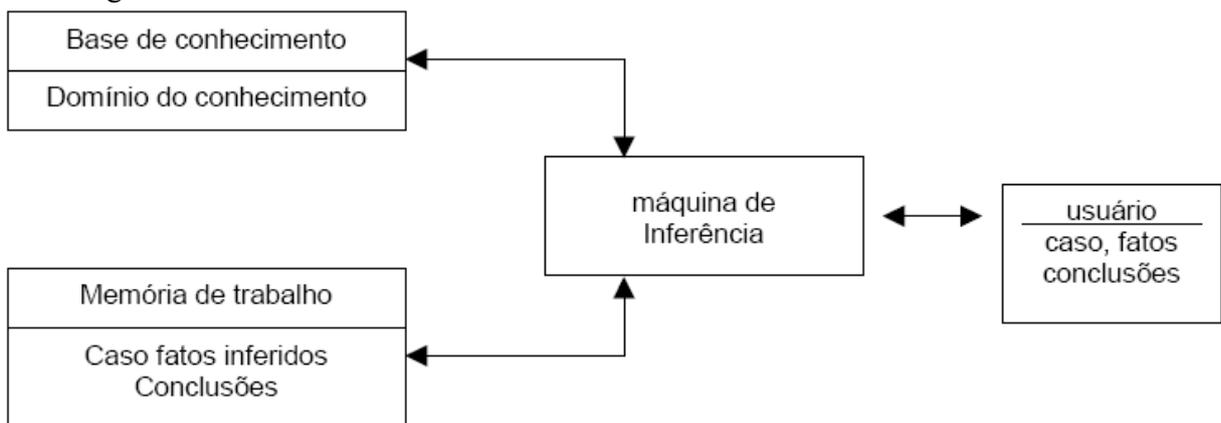


Figura 8.3: Sistema Especialista de 1º Geração

A máquina de inferência interagindo numa base de conhecimento, usualmente regras de produção. Clancey (1985) mostrou em sua análise do Mycin, que a base de conhecimento escondia várias e importantes propriedades do processo de raciocínio e da estrutura do conhecimento no domínio de aplicação. Certas regras, ou partes das regras, que preenchem certos papéis no processo de raciocínio, ficam implícitas na organização do sistema de conhecimento, prejudicando-o em termos de aquisição, refinamento e reutilização.

Este problema não é específico do sistema de conhecimento, ocorre também na área de representação do conhecimento. Tais fatos também ficaram evidentes no trabalho de Brachman (apud Schreiber, 2002).

Ocorreu na época uma variedade de opiniões e explicações, que convergiram para o AAI80, quando Newell apresentou a “hipótese do nível de conhecimento”. (SCHREIBER, 2002). Esta hipótese tinha por propósito realizar a descrição de um sistema inteligente em termos de seu comportamento racional, independente de sua representação simbólica, em regras, frames ou lógica (o nível simbólico).

Durante os anos 80, esta idéia conduziu à pesquisa da engenharia do conhecimento para resolver os problemas mencionados. O objetivo do modelo do nível de conhecimento de um sistema de

conhecimento é fazer a organização do conhecimento um sistema explícito. Surgia, então, o movimento da 2ª geração de sistemas de conhecimento.

Muito se pesquisou e se desenvolveu até os dias atuais, culminando em sistemas de conhecimento como o CommonKADS, terminado em 1995, fruto de um expressivo investimento europeu, o projeto ESPRIT. Este sistema sintetiza os últimos avanços em análise de sistemas, orientação a objetos, gerenciamento da informação, entre outras disciplinas. Permite apreender, então, o conhecimento de qualquer área de uma organização, inclusive o gerencial, na forma de tarefas de conhecimento intensivo.

A RCM é um método científico de realizar manutenção e está centrada no elemento humano, em que no estabelecimento das tarefas de manutenção, o computador é simplesmente usado para armazenar e ordenar o conteúdo gerado durante a análise de RCM. Possui um poderoso sistema de aquisição de conhecimento, tanto explícito, como tácito, em que uma tarefa estabelecida pode possuir um conhecimento intensivo integrado de várias especialidades, conforme figura 4.4: área elétrica(EE), mecânica(EM), econômica(EEc), de confiabilidade(EC), produção(EP) e gerencial(G). A Figura 8.4 a seguir sintetiza a concepção:

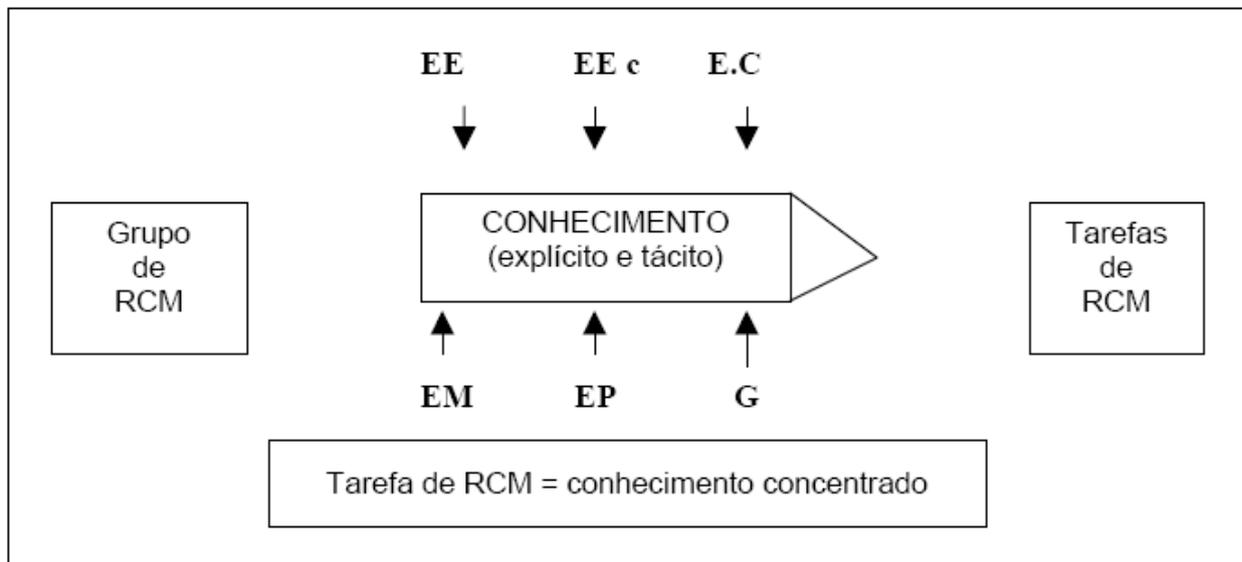


Figura 8.4: Conhecimento x RCM

Após o estabelecimento das tarefas de RCM, elas são integradas aos planos de manutenção existentes e transformadas em rotina.

As técnicas de IA empregadas na manutenção de sistemas, em especial sistemas de potência, são de abordagens limitadas e ficam restritas a domínios específicos. São enfatizadas, principalmente, para manutenções preditivas, em forma de sistemas especialistas, redes neurais e lógica fuzzy.

A emergência dos sistemas de conhecimento de 2ª geração, conforme citado no item anterior, permite apreender o conhecimento de qualquer área da organização na forma de tarefas de conhecimento intensivo, sendo representado em camadas ou níveis conforme Figura 8.4. Permite significativa flexibilização e facilidade de tratamento do conhecimento, sendo por exemplo, o CommonKADS desenvolvido no seio do projeto ESPRIT da comunidade Européia, com proposta de ser sistema padrão para o Leste Europeu.

8.5 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS UTILIZADAS

Neste trabalho serão utilizadas as seguintes ferramentas computacionais: Relex, ReliaSoft e Jess.

8.5.1 RELEX: ANÁLISE DE CONFIABILIDADE

Relex FMEA foi desenvolvido para manipular suas análises FMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falha) com poder e flexibilidade. A metodologia contida no Relex FMEA lhe permite, de maneira fácil e rápida, analisar as modos de falhas potenciais do seu sistema e os efeitos para estas falhas.

Várias indústrias possuem seu próprio modelo de FMEA, que são totalmente suportados pelo Relex. As indústrias Aeroespacial e de Defesa utilizam geralmente o padrão MIL-STD-1629 FMECA (o C em FMECA representa o cálculo de Criticalidade) ou o padrão SAE ARP5580 FMEA. Fornecedores da indústria Automotiva usam o padrão SAE J1739, ou eles podem utilizar as metodologias automotivas AIAG (Automotive Industry Action Group), Daimler Chrysler, Ford, ou GM. Outras indústrias geralmente adotam um destes padrões, algumas vezes customizando os para atender a seus próprios requerimentos. O Relex suporta estes vários padrões e também lhe permite customizá-los ou criar combinações e atender suas necessidades.

SUPPORTED FMEA TYPES	
• Process	• SAE ARP 5580
• Design	• AIAG
• Piece-Part	• Ford
• Automotive	• GM
• MIL-STD-1629	• Daimler Chrysler

O Relex FMEA suporta FMEAs de processo e projeto. FMEAs de projeto são usados para analisar um sistema e determinar como os vários modos de falha afetam a operação do sistema. O projeto pode consistir de hardware e software, e a análise pode ser feita em qualquer nível, dos componentes ao sistema. FMEAs de Processo, em contraste, são usados para analisar como as falhas na manufatura ou outros processos afetam a operação do sistema.

Ligado Automaticamente com outros Módulo do Relex

O Relex FMEA pode ser usado como um pacote isolado ou em conjunto com outros módulos do Relex. Devido aos produtos Relex dividirem a mesma Base de Dados, informações geradas em outros módulos podem ser imediatamente disponibilizadas no Relex FMEA. Como você determina uma hierarquia de sistema e adiciona componentes, estes dados são reconhecidos em todos os módulos do Relex.

O Relex FMEA também acessa taxas de falha calculadas no módulo Relex Reliability Prediction. Qualquer alteração nestes valores são automaticamente atualizadas no Relex FMEA. Usando a inovativa integração entre os módulos Fault Tree e FMEA, você pode gerar árvores de falha mostrando os modos de falha que contribuem para o efeito final.

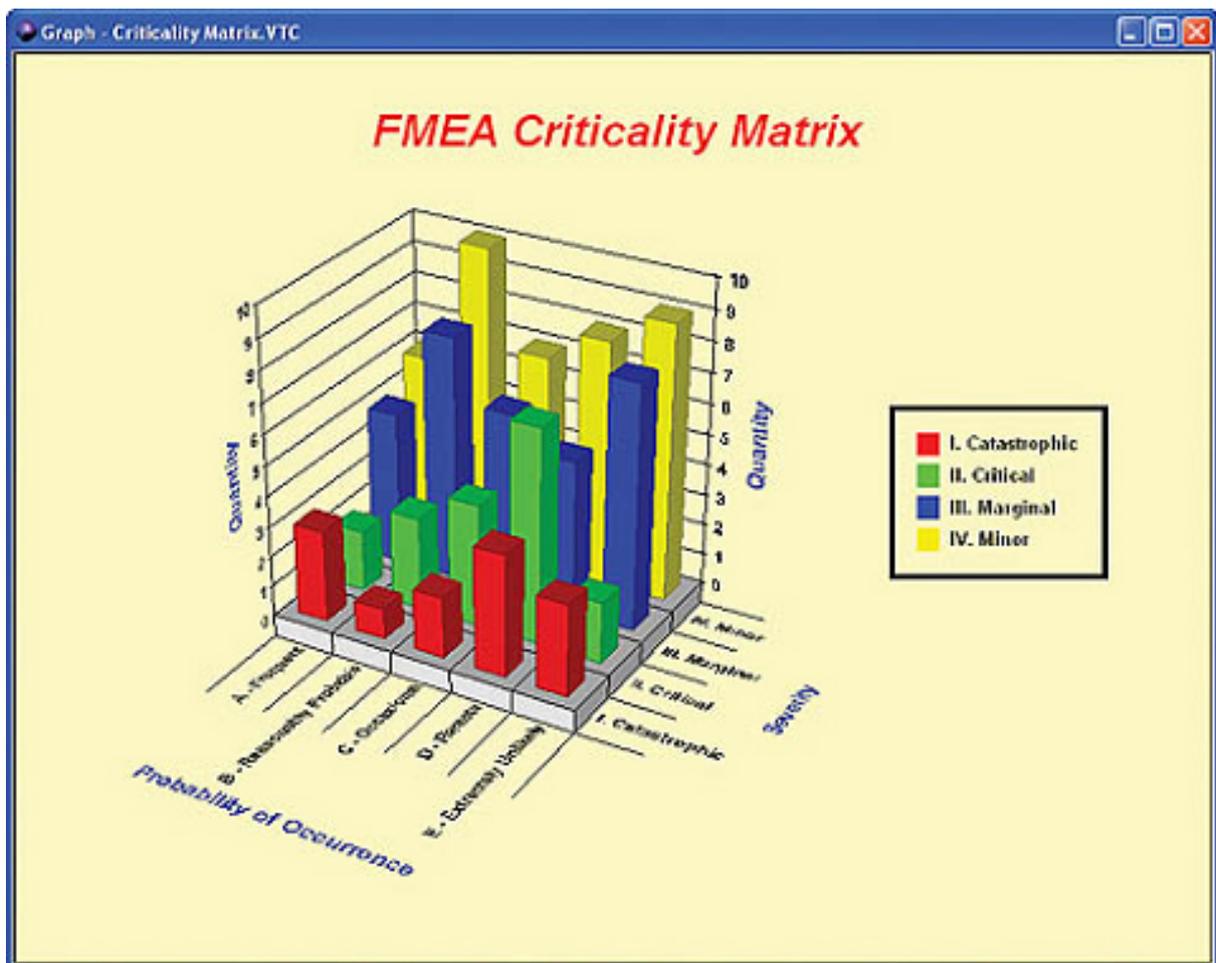


Figura 8.5: Matriz de Criticalidade – A matriz de Criticalidade lhe permite identificar a maioria modos de falha críticos e suas distribuições!

Relax RBD (Reliability Block Diagram)

Análise de Sistemas Redundantes Complexos

O Relax Reliability Block Diagram (RBD) é um avaliador completo, com diversos recursos gráficos para a análise de Diagrama de Blocos. A interface de usuário é muito intuitiva e lhe permite desenhar o seu sistema na tela. Depois de entrar os parâmetros do seu sistema, a máquina de cálculo do Relax RBD faz o resto – gerando resultados precisos rapidamente de confiabilidade e manutenibilidade. O Relax RBD calcula uma larga diversidade de medidas, incluindo confiabilidade, disponibilidade, MTBF, taxas de falha, número esperado de falhas, indisponibilidade media, total downtime, frequências, e taxas de risco. O Relax RBD também determina os caminhos críticos do seu sistema.

A Força por trás do Sistema: A Máquina de Cálculo Monte Carlo

O coração do Relax RBD é uma poderosa máquina de cálculo. Quando você analisa seu diagrama, a máquina de cálculo primeiro determina se os resultados podem ser obtidos através de uma solução analítica. Se for o caso, o Relax RBD calcula estes resultados de maneira muito rápida e eficiente. Entretanto, se seu sistema requer uma solução por simulação, o Relax RBD automaticamente utiliza a máquina de Monte Carlo para completar a análise. Esta construção inteligente garante que o Relax RBD emprega a melhor técnica para analisar cada diagrama individualmente.

A máquina de cálculo Monte Carlo é focada na performance, sendo assim as simulações são feitas

de maneira muito eficiente. Primeiro, máquina de cálculo mantém a precisão computacional o tempo todo. Então, os calculos são otimizados em velocidade e performance, garantindo que os resultados estarão disponíveis quando você precisar deles. O time de matemáticos da Relex Software estão continuamente trabalhando para garantir que as ultimas técnicas de simulação de Monte Carlo estejam sendo empregadas. O RBD suporta distribuições de falha e reparo incluindo: exponencial, lognormal, normal, Rayleigh, time-independent, Weibull, e uniform. A máquina de cálculo Monte Carlo também suporta uma larga variedade de diagramas incluindo: séries simples, operações em paralelo, redundante passivos, redes em ponte (bridge networks), e qualquer tipo de configuração randômica de redes. Esta combinação poderosa significa que o Relex RBD pode lidar com as mais complexas configurações.

Customização é a Chave

Como em todos os módulos do Relex, flexibilidade é um componente chave do Relex RBD. Você pode customizar cada aspecto dos seus diagramas para atender as suas necessidades. A interface de usuário suporta blocos simples assim como imagens complexas de fontes externas. Fontes, Cores e especificações da interface estão em suas mãos. O Relex RBD a também lhe permite especificar cálculos de acordo com suas necessidades. Você tem controle dos parâmetros de cálculo que irão afetar os seus resultados.

Integração do RBD

O Relex RBD é totalmente integrado com outros módulos do Relex. Por exemplo, seus diagramas RBD podem ser ligados diretamente com itens do Relex Reliability Prediction. Usando este recurso, o blocos do Relex RBD são automaticamente atualizados com os dados de falha que sofreram alterações no Relex Reliability Prediction. Também, informações de reparo podem ser associadas com o Relex Maintainability Prediction. O Relex Fault Tree pode ser usado in conjunção com o Relex RBD ligando árvores de falha diretamente aos blocos RBD. Um dos pontos de integração mais poderosos é a habilidade de ligar figures do RBD co dados do Relex Weibull. Esta completa integração de produtos é unicamente encontrada no Relex, e acrescenta grande flexibilidade, agilidade e eficiência na análise do seu sistema.

O Relex RBD modela sistemas de extrema complexidade! Utilizando a fantástica máquina de cálculo Monte Carlo e uma Interface amigável.

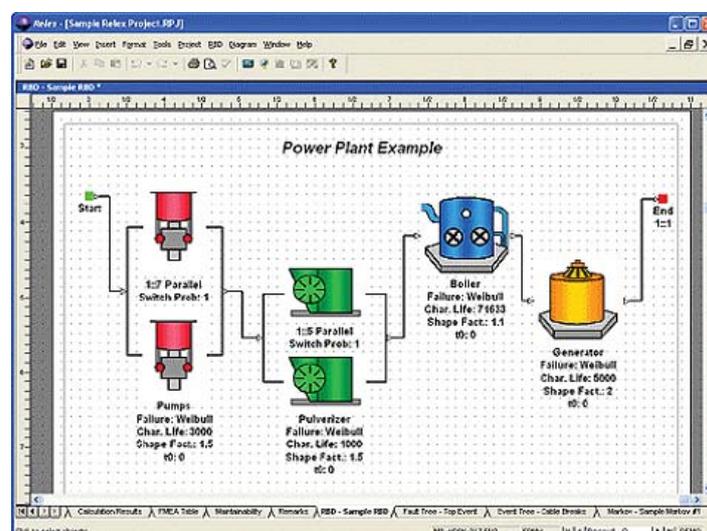


Figura 8.6: Interface Gráfica do RBD – o Relex RBD lhe permite criar de maneira rápida e fácil modelos de sistemas.

Relex Maintainability Prediction

Ferramenta de Análises de Predição de Manutenibilidade e Cálculos de MTTR

Predições de Manutenibilidade lhe permitem analisar medidas de reparo do seu sistema ou processo. Oferecendo uma abordagem organizada para definir propriedades de reparo do seu sistema, o Relex Maintainability Prediction prove uma sólida base para geração de análises de manutenibilidade. Através da avaliação de estatísticas de reparo, você pode trabalhar para minimizar tempos de reparo, reduzindo o tempo de equipamento parado e aumentando a disponibilidade.

O Relex Maintainability Prediction lhe permite definir suas tarefas de reparo e facilmente o reuso desta informação em seus projetos. Usando estas medidas, o Relex Maintainability Prediction calcula uma série de parâmetros de manutenção incluindo MTTR (Tempo médio de reparo), tempo médio de manutenções corretivas, tempo médio de manutenções preventivas, e tempo máximo de manutenções corretivas.

Estrutura Intuitiva para a Entrada de Dados e Cálculo de Tempos de Reparo

O Relex Maintainability Prediction está baseado no padrão mais aceito para predições de manutenibilidade - MIL-HDBK-472, Procedimentos 2, 5A, e 5B. O Relex Maintainability Prediction organiza suas análises incorporando estas metodologias em uma base fácil de usar. Você pode definir tarefas de reparo desde um nível funcional baixo até um nível funcional alto. O Relex Maintainability Prediction também suporta o conceito de saídas FD&I (Fault Detection and Isolation), então você identificar a lista de passos necessários para identificar os primeiros sinais para a detecção da falha e então quais ações para isolá-la e evitar danos maiores ao sistema. O Relex Maintainability Prediction pode avaliar parâmetros de manutenção de sistemas através de suas tarefas de reparo, características FD&I, ou uma combinação dos dois.

O Relex Maintainability Prediction inclui uma biblioteca de tarefas advinda diretamente da norma MIL-HDBK-472. Você pode adicionar tarefas nesta biblioteca ou criar suas próprias bibliotecas. Você pode também criar e definir seu próprio modelo de níveis de reparo, em adição os níveis já suportado são depot, intermediate, e organizational, para refletir melhor os processos em sua organização.

Integração Dinâmica em seus Cálculos de Manutenibilidade

O Relex Maintainability Prediction é totalmente integrado com outros módulos do Relex. O Relex Maintainability Prediction pode ser usado independentemente ou associado com os módulos, Relex Reliability Prediction e Relex FMEA para dados de taxas de falha e definições do sistema. Este nível de interatividade possibilita uma troca de dados de confiabilidade gerando grande flexibilidade e produtividade.

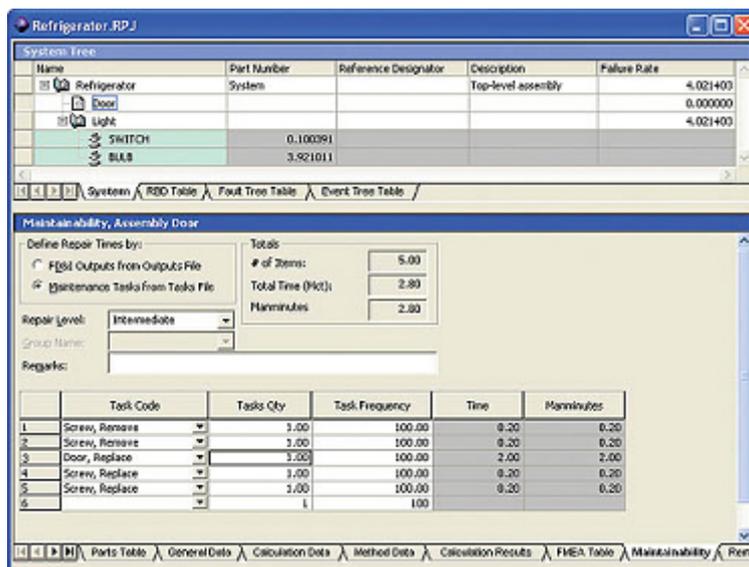


Figura 8.7: Informações de Manutenibilidade - o Relx Maintainability Prediction lhe permite entrar tempos de reparo ou saídas FD&I para cada item reparável.

Inúmeros Cálculos e Apresentações de Resultados

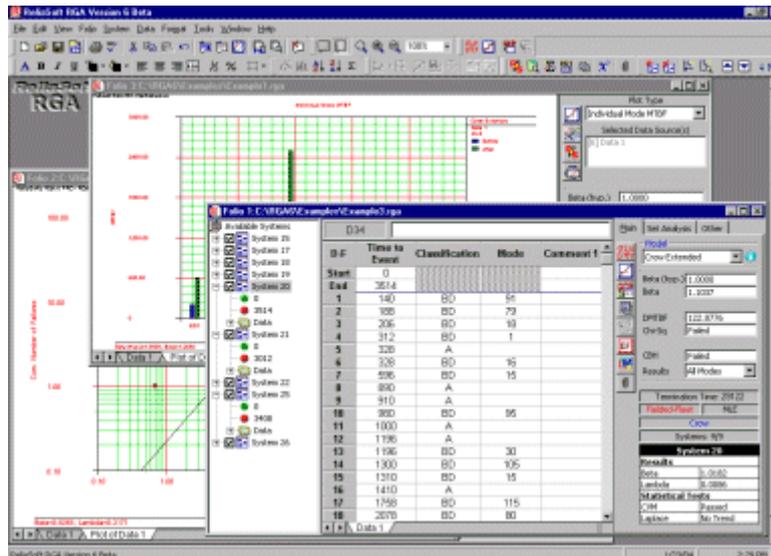
O Relx Maintainability Prediction pode efetuar vários cálculos incluindo Tempo Médio de Reparo, Percentual de Isolação de item reparável, Homem-Horas médio por Reparo, Homem-Horas médio por hora de operação, Tempo máximo de manutenção Corretiva e muito mais. Os resultados do Relx Maintainability Prediction podem levar em conta dados de disponibilidade do Relx Reliability Prediction.

O Relx Maintainability Prediction inclui os recursos do Relx como, relatórios padrão, um poderoso customizador de relatórios, uma flexível ferramenta de exportação e importação de dados (CAD Import/Export Wizard™). Você pode exportar dados do Relx Maintainability Prediction no formato MIL-STD-1388 2B LSAR. Projetado visando a engenharia simultânea, o Relx Maintainability Prediction é uma excepcional ferramenta de análise.

8.5.2 RELIASOFT:

O **RG 6** possui incomparável capacidade de analisar dados de crescimento da confiabilidade, fazer projeções e analisar sistemas reparáveis com grande flexibilidade para entrada de dados e diversas opções de análise dependendo dos dados e do tipo de análise.

Trabalhando em conjunto com [Dr. Larry Crow](#), um dos maiores conhecedores no assunto de Análise do Crescimento da Confiabilidade e consultor em diversas indústrias e entidades governamentais. A ReliaSoft desenvolveu o **RG 6** como a próxima geração de softwares para análise de crescimento da confiabilidade e dados de campo (sistemas reparáveis).



Análise de Crescimento da Confiabilidade e Resultados

Tanto o **RGA 6** quanto o **RGA 6 PRO** possui os modelos tradicionais para análise do crescimento da confiabilidade: Crow-AMSAA (N.H.P.P.), Duane, Standard Gompertz, Lloyd Lipow, Modified Gompertz e Logistic. Você pode utilizar esses modelos para análise do tempo até falha (contínuo), sucesso/falha (discreto) e dados de confiabilidade de uma variedade de tipos de teste de desenvolvimento (crescimento de confiabilidade). Os resultados da análise incluem:

- ✓ Intensidade de Falha;
- ✓ Número de Falhas Esperadas;
- ✓ Tempo/Estágio para alcançar um determinado MTBF.

Projeções, Planejamento e Gerenciamento do Crescimento da Confiabilidade

RGA 6 PRO possui todas as metodologias desenvolvida pelo Dr. Larry Crow para analisar diferentes tipos de estratégias de desenvolvimento que podem ser empregadas: test-fix-test, test-find-test or test-fix-find-test. Esta metodologia permite fazer projeções do crescimento de confiabilidade e criar estratégias para avaliar e gerenciar esse crescimento. Os resultados da análise incluem:

- ✓ MTBF Demonstrado;
- ✓ MTBF Projetado;
- ✓ Crescimento Potencial do MTBF ou Intensidade de Falha;
- ✓ Modos de Falhas Ocultos.

Análise de Dados de Campo (Sistemas Reparáveis)

RGA 6 PRO possui todas as metodologias desenvolvida pelo Dr. Larry Crow para analisar dados de campo de sistemas reparáveis, que pode ser usado para estimar o tempo ótimo de troca (*overhaul*) e outras medidas de interesse **sem grande detalhes do conjunto de dados que geralmente é necessário**.

Características Incomparáveis

O **RGA 6** possui todas as características esperadas de um software da ReliaSoft, bem como todas as características para especificar requisitos de crescimento de confiabilidade e análise de sistemas reparáveis. Possui uma interface com o usuário muito amigável e intuitiva, relatório automáticos em Word e Excel, Ferramentas de análises customizadas (General Spreadsheet, Function Wizard), documentação completa sobre o uso do software e teoria, suporte técnico gratuito e muito mais.

8.5.3 JESS

É um engenho de regra e ambiente de scripting semelhante ao CLIPS desenvolvidos pela NASA. Jess é totalmente escrito em plataforma Java. Jess é um sistema de cadeia de produção com encadeando para frente que usa algoritmo RETE. É grátis para propósito acadêmico e pode ser carregado de <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>. Não há nenhuma necessidade para instalar Jess em sua máquina, só necessitando de uma máquina Java. Você poderia usar o ambiente via Web (applet java) ou simplesmente conectando a máquinas como via terminal remoto. Maiores informações na URL :

<http://students.cs.tamu.edu/ganeshr/cpsc625/jess/tutorial.html#1>

<http://graco.unb.br/alvares/Jess60/>
<http://graco.unb.br/alvares/Jess60/console.html> (figura 8.1)

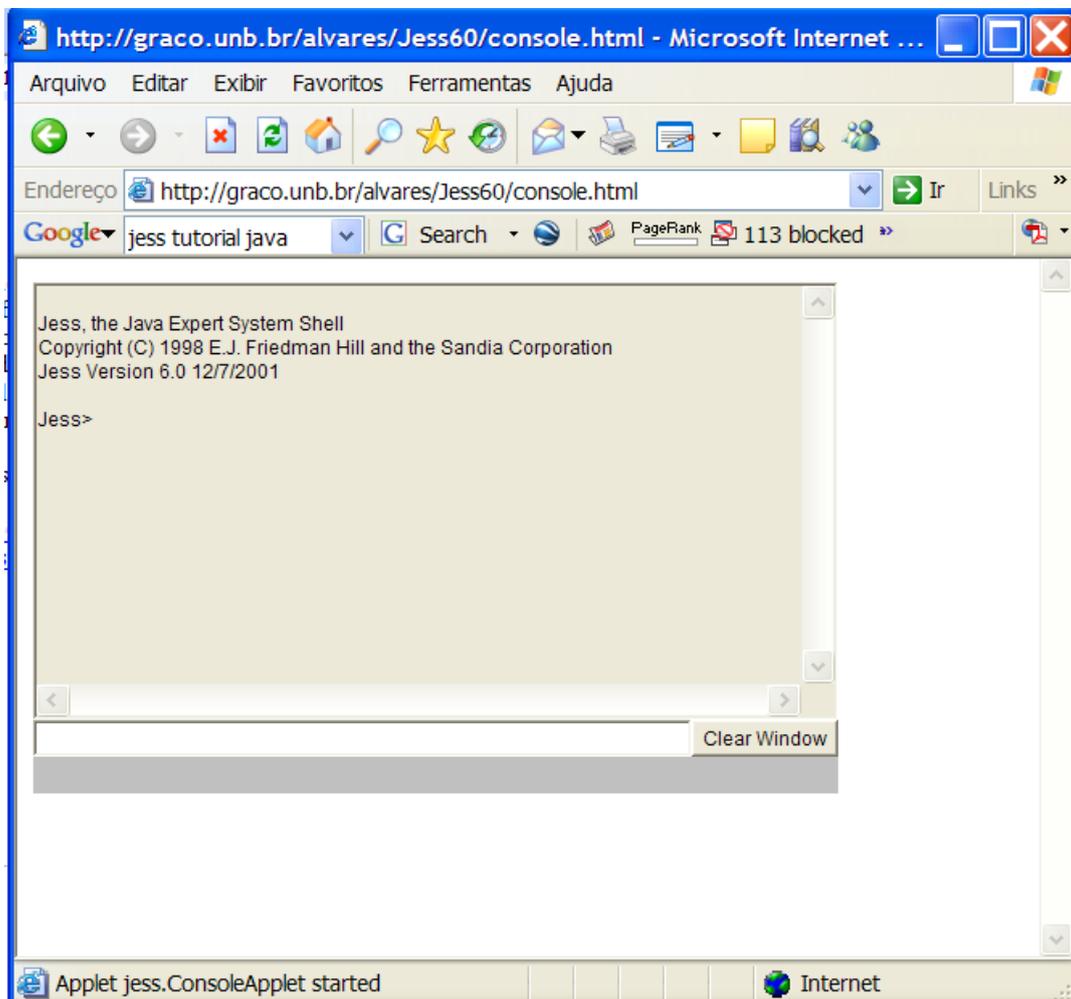


Figura 8.1 – Jess 6.0 sendo acessado via applet java.

JESS Tutorial

Author: [Ganesh Rajagopalan](mailto:ganeshr@cs.tamu.edu) (ganeshr@cs.tamu.edu)
Teaching Assistant, [CPSC-625 Artificial Intelligence](#)
Department of Computer Science

1. [What is JESS?](#)
2. [Invoking JESS](#)
3. [Programming in JESS](#)
4. [Identifier and Datatypes](#)
 - 4.1 [Atoms](#)
 - 4.2 [Numbers](#)
 - 4.3 [Strings](#)
 - 4.4 [Lists](#)
5. [Variables](#)
 - 5.1 [Binding](#)
 - 5.2 [Multi-field variables](#)
 - 5.3 [Global Variables](#)
6. [Type checking and Conversion](#)
 - 6.1 [Type Checking](#)
 - 6.2 [Type Casting](#)
7. [Operators](#)
 - 7.1 [Arithmetic](#)
 - 7.2 [Comparison](#)
 - 7.3 [Logical](#)
8. [Facts](#)
 - 8.1 [Add Facts](#)
 - 8.2 [Remove Facts](#)
 - 8.3 [Using templates](#)
9. [Rules](#)
10. [Functions](#)
11. [I/O operations](#)
 - 11.1 [Standard I/O](#)
 - 11.2 [File I/O](#)
12. [Debugging](#)

1. What is JESS?

Jess stands for Java Expert System Shell. It was developed by Ernest Friedmal-Hill at Sandia National Lab. It's a rule engine and scripting environment similar to CLIPS developed by NASA. Jess is totally written in Java platform of Sun Microsystems. Jess is a forward chaining production system that uses RETE algorithm. It's free for academic purpose and can be downloaded from <http://herzberg.ca.sandia.gov/jess/>. There is no need for your to install Jess in your machine as it is installed already in CS UNIX machines. You could use it by simply connecting to machines like alice,dogbert and dogbert through telnet. This tutorial covers most of the things that you need to know to implement the project. But, not all the functionalities/functions in Jess are covered in this tutorial. You are recommended to read the user's manual in the above webpage also.

2. Invoking JESS

Jess is located in the folder `/share/jess`. For your convenience you could add this classpath in your `.rc` file.

```
> setenv CLASSPATH ./share/jess
```

To run JESS, just type

```
> java jess.Main
```

(If you already have some `CLASSPATH` defined in your `.rc` file, append this classpath to them, otherwise you might overwrite it)

Typing the above command, will put you in "`Jess>`" prompt. This is the shell that you are going to interact with. To exit from this shell, you should type and for any command, remember those brackets!

```
Jess> (exit)
```

```
>
```

You can use your UNIX system commands even from the Jess prompt by the following way.

```
Jess> (system pwd)
```

```
/user/ganeshr/teaching/cpsc625/jess
```

```
<External-Address:java.lang.UNIXProcess>
```

3. Programming in JESS

Though you can write Java programs and use the rete engine of Jess, it is sufficient that you interact with Jess shell alone. You don't need to know Java to program in Jess. You basically need to know only the Jess scripting language. You can define facts and rules from the command prompt. Jess stores them in its internal knowledge base, but never gives you access after you clear the memory. So, type your script in a separate file and call that file from Jess prompt. You can use whatever editor you want to edit your file. If the file name is `cat.clp`, you can load it by

```
Jess> (batch cat.clp)
```

The comments/documentation can be written by preceding it with a ";" character.

```
;; Agent moves forward
```

All the facts that you give gets an id and goes into the knowledge base. The rules go to the rule base. When you run a Jess program, it runs as long as it doesn't find any rule to fire or gets a termination signal which is (`halt`) equivalent to `exit()/System.exit()` in other languages. In a sense, execution of a Jess program is basically firing of rules that keeps modifying the KB until the goal is reached. After you load your program using `batch` command, you should use the command `reset` to clear the working memory and load the facts into it. To run your program, use the command `run`. You can use `clear` to clear the working memory, but you should consult (`batch`) your file again after using this command.

```
Jess> (batch cat.clp) ;; loads the facts and rules into knowlege base
```

```
Jess> (reset) ;; clear the working memory loads them into working memory
```

```
Jess> (run) ;; runs the script
```

```
Jess> (clear) ;; clears Jess (after this reset or run will not work)
```

4. Identifiers and Datatypes

4.1 Atoms

The atoms is the basic unit in Jess representation. It can contain letters or numbers or characters like \$, *, =, +, /, <, >, _, ?, #. The most important thing to note is that everything in Jess is CASE SENSITIVE. This might be the major source of errors when you start programming in Jess. The boolean values in Jess are TRUE and FALSE (again, they are case sensitive). The Jess equivalent of C's NULL or Java's null is *nil*.

4.2 Numbers

Jess allows floating point and integer numbers. They are like any other language that you would have programmed with.

4.3 Strings

The strings should be enclosed between double quotes. You can use the escape character if you want Jess to ignore double quotes. *str-length* can be used to find the length of a string. *str-cmp* will let you compare two strings. It returns 0 if the two strings are identical, else a negative/positive value.

```
Jess> (str-length "howdy")
5
Jess> (str-length "how\"dy")
6
Jess> (str-compare "Aggie" "Aggie")
0
```

4.4 Lists

List is a collection of one or more atoms, strings, numbers or lists between parentheses. As you can see, list is the base for the whole syntax of Jess.

```
Jess> (+ 1 2)
3
```

5. Variables

5.1 Binding

The variables should be denoted with a preceding "?". You can use *bind* to associate something to a variable.

```
Jess> (bind ?x "Howdy")
```

You don't have to declare variables before using them.

```
Jess> (bind ?x 1)
1
Jess> (= ?x 1)
TRUE
```

```
Jess> (> ?x 2)
FALSE
```

5.2 Multi-field Variables

Multi-field variables are special variables with \$ sign preceding them and they refer to a special kind of list. The following functions can be used with these variables.

```
Jess> (bind $?courses (create$ 625 629 613 606))    ;; creates a multi-field list and assign to
multi-field variable
(625 629 613 606)
Jess> $?courses
(625 629 613 606)
Jess> (first$ $?courses)                          ;; returns the first element
(625)
Jess> (rest$ $?courses)                           ;; returns rest of the elements
(629 613 606)
Jess> (complement$ $?courses (create$ 601 602 603 604 605 629 613)) ;; returns all elements of
second multi-field not in first one
(601 602 603 604 605)
Jess> (delete$ (create$ 100 101 102 103 104) 2 4)   ;; deletes between the range 2 and 4
(between 2nd and 4th element in list)
(100 104)
```

5.3 Global Variables

All local variables that you might create will be destroyed when you execute the command *reset*. You can also have global variables. The global variables will persist even after using (*reset*) (i.e. even if you assign the variable to something else, it will still remain the initial one after reset). If you want the global variable to reflect the change even after reset, use (set-reset-globals nil)

```
Jess> (defglobal ?*a* = 100)
TRUE
Jess> ?*a*
100
Jess> (bind ?*a* 50)
50
Jess> (reset)
TRUE
Jess> ?*a*
100
```

6. Type checking and Conversion

The following functions help in type checking (to see whether the variable is an integer etc and to cast a variable to another type. The examples below would be self explanatory.

6.1 Type checking

- (eq <expression> <expression>+) ;; returns true if 1st exp is of the same type as others
- (neq <expression> <expression>+) ;; returns true if 1st exp is of the same type and value as

others

- (integerp <expression>) ;; returns true if the exp is an integer
- (numberp <expression>) ;; returns true if the exp is a number

```
Jess> (bind ?x 1.4)
```

```
1.4
```

```
Jess> (eq ?x 1)
```

```
FALSE
```

```
Jess> (integerp ?x)
```

```
FALSE
```

6.2 Type casting

It's similar to Java's typecasting. Generally, the use of casting in Jess won't be that common in your code.

- (float <numeric-expression>) ;; casting to float
- (integer <numeric-expression>) ;; casting to integer

```
Jess> (bind ?x 1.4)
```

```
1.4
```

```
Jess> (= ?x 1)
```

```
FALSE
```

```
Jess> (= (integer ?x) 1)
```

```
TRUE
```

7. Operators

7.1 Arithmetic

The arithmetic operators are the same in Jess as any other standard programming language. But, you have to represent them in prefix form. If you want to say `x++` somewhere in your program, you should say

```
(bind ?x (+ ?x 1))
```

7.2 Comparison

For testing equality/inequality, you can use the operators in the same way. Remember, `=` is a comparison operator. For assignment, you should use `bind`.

```
Jess> (bind ?x 1)
```

```
1
```

```
Jess> (= ?x 1)
```

```
TRUE
```

```
Jess> (> ?x 2)
```

```
FALSE
```

7.3 Logical

There are three logical operators available in Jess. They are *and*, *or* and *not*. The following example will help you understand their usages and functionalities.

```

Jess> (bind ?x 1)
1
Jess> (and (= ?x 1) (< ?x 0))
FALSE
Jess> (or (= ?x 1) (< ?x 0))
TRUE
Jess> (not (= ?x 5))
TRUE

```

As any other programming language, Jess allows the use of if-then-else statements and while loops.

- (if <expression> then <action>+ else <action>+)
- (while <expression> do <action>+)

8 Facts

The facts are stored in the knowledge base. You can do following things with facts.

8.1 Add Facts

You can use *assert* to add a fact to the KB. Assert is especially helpful when you want to add a fact to a KB when a rule is fired or during the execution of the program. The examples are from the example code *cat.clp*.

```
(assert (Room (x 5) (has-milk TRUE))) ;; asserts that 5th room has milk
```

However, to definite the initial condition of the world, it would be easy to use *deffacts* to assert all facts in one shot.

```
(deffacts init-room
  (Room (x 1))
  (Room (x 2))
  (Room (x 3))
  (Room (x 4))
  (Room (x 5) (has-milk TRUE))
)
```

8.2 Remove Facts

You can remove facts using *retract*. However, the usage of *retract* isn't that simple as you have to first get the fact-id of the fact the concerned fact that you want to remove from KB and then remove it.

```
....
?room <- (Room (x 5) (has-milk TRUE)) ;; gets the fact id
=>
(retract ?room) ;; removes the fact
```

8.3 Using templates

You can roughly compare templates to a struct in C or Class in C++/Java. This is a very handy tool in representing different worlds. The fields inside a template are called slots. You should use *deftemplate* to define a template. The following example would be self explanatory on it's usage.

```
(deftemplate Cat
  (slot x (type integer) (default 1))
  (slot status (default hungry) )
  (slot smells-milk (default FALSE))
)
```

You can use *modify* to change the values of a slot. Look at the following example.

```
...
?cat <- (Cat(x 5))
=>
(modify ?cat (smells-milk TRUE))
```

9 Rules

Rules are responsible for taking actions based on the facts in the KB. The rules have a left-hand-side part and a right-hand-side part with the "implies" operator in between. In a sense, all rules can be compared to a if-else statement in procedural languages. In procedural languages, the statements are executed line by line and only once. But, Jess fires all the rules continuously as long as it's left-hand-side is satisfied. You should use *defrule* to define a rule. The following example defines the rule for moving the cat from current room to the next room.

```
(defrule move
  ?cat <- (Cat(x ?x) (smells-milk FALSE))
=>
  (modify ?cat (x (+ ?x 1) ))
  (printout t "Cat moves to ["?x"]." crlf)
)
```

The above rule would be fired whenever the cat doesn't smell milk. Assume, we defined the initial states using *deffunction* and I want to ask the user whether he is ok with the default values of the location of milk. Now, we might have a conflict of which of these two rules should be executed? In procedural languages, it is easy as the code is executed line by line in a timely fashion. Here, if we have two or more rules with all preconditions satisfied, you should assign some priority (referred as salience) to each rule. The salience should be assigned while you define the rule and it is just a simple integer value. So, in a conflicting scenario, a rule with higher salience would be always executed. We can add the salience value as follows.

```
(defrule move
  (declare (salience 50))
...
=>
....
)
```

10. Functions

In the above discussions, we went through several inbuilt functions in Jess. In addition, you can also define your own function so that you don't have to dump everything inside rules. You should use *deffunction* to define a function. You can call the following function by calling (*change-default*)

```
(deffunction change-default ()
  .....
  (assert (Room (x ?x) (has-milk TRUE)))
)
```

11. I/O operations

11.1 Standard I/O

There are two functions available for taking input from Standard input (your terminal). You can use *read* to read a single atom or string or number. You can also use *readline* to read an entire line as a string.

- (read <router-identifier>) ;; router-identifier has to be *t* for standard input - specifying *t* is optional
- (readline <router-identifier>) ;; --same--

```
Jess> (read t)
or inside the code
(if (eq (read) y) then
  (retract ?room)
  (change-default)
)
```

To write to the terminal, you can use *printout*. As we saw for read, you would specify the router-identifier which is again *t* as you are printing to the standard output (your terminal).

- (printout <router-identifier> <expression>)

```
Jess> (printout t "Howdy!" crlf)
Howdy!
```

11.2 File I/O

File I/O is easy in Jess. Use the *open* function with a <router-identifier> to open a file with read/write/append mode. Then, to read the contents of the file, you can use the *read/readline* function using the same router-identifier that you used for opening the file. Similarly, to write to a file, you can use *printout* function using the same router-identifier that you used for opening the file.

- (open <file-name> <router-identifier> [r or w or a])

The following example would clearly illustrate the usages of the above functions.

```
Jess> (open temp.txt id w)      ;; open a file temp.txt in write mode
id                             ;; returns the router-identifier
```

```

Jess> (printout id "Howdy!!" crlf) ;; writes the string "Howdy!!" into the file corresponding to the
router-identifier id
Jess> (open temp.txt id r)        ;; opens the file temp.txt in read mode
id
Jess> (read id)                   ;; reads the stuff from the file opened using the router-
identifier
Howdy!!
Jess> (system cat temp.txt)       ;; just double-checking - reading the contents using unix
command cat
Howdy!!
<External-Address:java.lang.UNIXProcess>

```

To take the output of your program, you can use the unix command "script <output-file>". After executing this command, do all your stuff with Jess (run your program) and then come back to % prompt and say "exit". This will write all your transactions into the output file. Please follow the following sequence and avoid using screenshots

```

> script output.txt
%java jess.Main
Jess> (run)
..
...
Jess> (exit)
%exit
>more output.txt

```

12 Debugging

Debugging is a challenging task in any language. In procedural languages, printing the variables would help a lot. In Jess, you can use printout function to print stuffs to the terminal. But, it won't be sufficient. You will be interested in seeing which rule fires, what are the current facts in the KB? etc.

The function (watch all) would tell you the different states as the program executes. (equivalent to running in debug mode). Also you can use (facts) command that would list the functions in the knowledge base. (you should use *reset* before using *facts*). Also you can use (*rules*) command that would list the rules from the rule base. You can try the following sequence.

```

Jess> (watch all)
Jess> (batch cat.clp)
Jess> (reset)
Jess> (facts)
Jess> (rules)

```

Pretty print is another nice utility that would print the concerned rule/function/template. The respective functions are *ppdefrule*, *ppdeffunction* and *ppdeftemplate*. The following example shows the usage of *ppdeftemplate*.

```

Jess> (ppdeftemplate Cat)
(deftemplate Cat extends __fact ""
(slot x (default 1) (type 4))
(slot status (default hungry))

```

(slot smells-milk (default FALSE))

Since, Jess has been developed in Java, it would throw an exception when something goes wrong. Read the exception message carefully as it will give an idea of the problem and the line number corresponding to that.

9. MONTAGEM PLANTA DIDÁTICA III FIELDBUS DA SMAR (PRODUTO ETAPA 4 ANO 2)

Com a compra da planta didática III da Smar, que foi entregue na UnB/Graco em 16/05/2006, antecipamos as atividades associadas ao Ano2 Número/Etapa 4 Montagem Planta Didática Smar para treinamento e desenvolvimento. A planta instalada no Graco pode ser vista on-line através da URL (figura 10.1): <http://serpens.enm.unb.br/serpens-java-video.html>.

Está previsto a realização do treinamento Smar em Junho. A data prevista é 19-23 de junho, aguardando confirmação da Eletronorte e Smar, onde teremos a participação de quatro técnicos da Eletronorte. Assim antecipamos a geração deste produto, adiando a sua entrega em sete meses. A sua disponibilização no momento atual é muito importante para o desenvolvimento de várias atividades do projeto.



SMAR Comercial Ltda - Filial Uberlândia
Praça Cicero Macedo, nº 03 - Centro - CEP: 38.400-216
Fone: (34) 3231-2011 / Fax: (34) 3231-2092
Web: www.smar.com.br / E-mail: smar.uberlandia@smar.com.br

smar

Proposta U-50484-C



Figura 10.1 – Planta Didática Smar montada no Graco e detalhes da planta.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

AUGUST, J. **Applied reliability-centered maintenance**. USA: PennWell, 1999.

AUPIED, J.; SANCHIS, G.; GIRARD, A. Experience feedback and implementation of the RCM method in EDF substations. **Doble Company**, [S.l.], ref.62PAIC97, Testing & Maintenance, sec 1-4.1.1997.

AZEVEDO, C. A. Otimização da manutenção pela confiabilidade na indústria europeia. In: II Seminário Brasileiro de Confiabilidade na Manutenção, 1998, São Paulo. **Anais....** São Paulo: Instituto de Engenharia, 1998. p.44-51.

BARROSO, A. C. O.; GOMES, E. B. P. Tentando entender a gestão do conhecimento. **Revista de Administração Pública**, São Paulo, v.33, n.2, p.147-170, mar./abr. 1999.

BRANCO FILHO, G. RCM -manutenção centrada em confiabilidade. In: VI Curso de gerência de manutenção, set. 2000. **Notas de Aula**. Rio de Janeiro. Impresso. 43p.

BRANCO FILHO, G. **Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade**. Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1996.

BRAUER, D. C.; BRAUER, G. D. Reliability-Centered Maintenance. **IEEE Transactions on Reliability**, [S.l.], v.36, n.1, p.17-24, april. 1987.

CASTRO, D. A. Confiabilidade, mitos e realidades. In: 12º Congresso Brasileiro de Manutenção. 1997, São Paulo. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1997. CD-ROM.

CHAVEZ, L. M. C. G.; MEDEIROS, F. E. de. Engenharia de manutenção: fator de mudança. In: 13º Congresso Brasileiro de Manutenção. 1998, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRAMAN,1998. CD-ROM.

COTNAREANU, T. Equipament FMEA - old tools new uses: a tool for preventive maintenance. **Revista Quality Progress**, [S.l.], v. 32, n.12, p.48-52, dez. 1999.

DIAS, A.; SANTOS, C. M. P. dos. O desenvolvimento tecnológico e a gestão da manutenção. In: XVII Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica – COBEM/UNICAMP. **Anais...** Aguas de Lindóia, SP. Nov. 1999. CD-ROM.

ELETROBRÁS. **Plano decenal de expansão**: 2000/2009. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2000.

FLEMING, P. V.; OLIVEIRA, L. F. S. de; FRANÇA, S. R. Aplicações de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em instalações da Petrobrás. In: V Encontro Técnico sobre Engenharia de Confiabilidade e Análise de Risco. 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Petrobrás, 1997.

FERREIRA, A. A. **Gestão empresarial de Taylor aos nossos dias:** evolução e tendências da moderna administração de empresas. São Paulo: Pioneira, 2000.

GRUPO COORDENADOR DE OPERAÇÃO INTERLIGADA/SUBCOMITÊ DE MANUTENÇÃO (GCOI/SCM). **Manual do usuário do sistema estatístico de manutenção.** Rio de Janeiro, 1998.

HELMAN, H.; ANDEREY, P. R. P. **Análise de falhas:** aplicação dos métodos de FMEA e FTA. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

ITAIPU BINACIONAL. **Sistema de operação e manutenção (SOM) - manual de descrição geral do SOM:** manual G01. Foz do Iguaçu - PR, 1998. 38p.

ITAIPU BINACIONAL. **Sistema de operação e manutenção (SOM) codificação de equipamentos e estruturas:** manual G04. Foz do Iguaçu PR, 1998. 468p.

ITAIPU BINACIONAL. Sistema de operação e manutenção (SOM): **inspeção e controle:** manual M01. Foz do Iguaçu - PR, 1998. 750 volumes.

ITAIPU BINACIONAL. **Principais características técnicas.** Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2001.

MATA FILHO, J. N. *et al.* Manutenção Baseada em Confiabilidade e Controle de Custos de manutenção: um time de sucesso na Indústria Aeronáutica. In: 13º Congresso Brasileiro de Manutenção. 1998, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRAMAN, 1998. CD-ROM.

MOBLEY, K.; CASTRO, D. de. Análise da dinâmica operacional. **Revista Manutenção - ABRAMAN**, Rio de Janeiro, n.71, p.17-19, mar./abr. 1999.

MONCHY, F. **A função manutenção.** São Paulo: EBRAS/DURBAN, 1989.

MOORE, R.; RATH, R. Combining TPM and RCM–SMRP: case study. Disponível em: <http://www.smrp.org/VI/case_study/rcm_index.html>.

MOSS, M. A. Designing for minimal maintenance expense: the practical application of

reliability. New York: Marcel Dekker Inc., 1985.

MOUBRAY, J. RCM II: manutenção centrada em confiabilidade. Grã Bretanha: Biddles Ltd., Guilford and King's Lynn, 2000. Edição Brasileira.

NAKAJIMA, S. Introdução ao TPM - Total Productive Maintenance. São Paulo: IM & C - Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NEIVA, F. A. A importância da manutenção no novo setor elétrico brasileiro. Revista Manutenção - ABRAMAN, Rio de Janeiro, n.73, p.4-6, jul./ago. 1999.

NEPOMUCENO L. X. Técnicas de manutenção preditiva. São Paulo: Edgard Blücher, 1989.

NETHERTON, D. Um novo padrão SAE para RCM-SMRP: case study. Disponível em: <<http://www.sqlbrasil.com.br/SQL-RCM2-Casos.html>>.

NOWLAN, F. S.; HEAP, H. F. Reliability centered maintenance. National Technical Information Service, USA, Report n.AD/A066-579, 1978.

NUNES, E.L.; Souza, J.R.R. de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) – Ênfase para Falhas Ocultas. In: XVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE. 2001, Campinas – SP. Anais... Rio de Janeiro: SNPTEE, 2001. CD-ROM.

OLIVEIRA, L. F. S.; DINIZ, F. L. B. Apostila do curso manutenção centrada em confiabilidade – DNV Principia, Foz do Iguaçu, abr. 2001. 102p. Notas de aula. Impresso.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO (ONS). Operação do sistema interligado nacional: dados relevantes de 1999. Rio de Janeiro: ONS, 2000.

PALADY, P. FMEA – Análise dos modos de falhas e efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram. São Paulo: IMAN, 1997.

PINTO, A. K.; XAVIER, J. A. N. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Quality Mark, 1998.

POSSAMAI, O.; Nunes, E. L. Falhas Ocultas e a Manutenção Centrada em Confiabilidade. In: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. 2001, Salvador – BA. Anais... Porto Alegre: ABEPRO, 2001. CDROM.

POSSAMAI, O.; Nunes, E. L.; Moreira E. A Prevenção de Falhas e as Macrofunções de um Método de Manutenção. In: XXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP. 2001, Salvador – BA. Anais... Porto Alegre: ABEPRO, 2001. CD-ROM.

SARMENTO, I. J. D. Estratégia e resultados da implantação da "Manutenção Baseada em Confiabilidade" na Geração da CEMIG. I Seminário Nacional de Manutenção no Setor Elétrico. 2001, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: ABRAMAN. 2001. CD-ROM.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, INC.(SAE). JA1011: evaluation criteria for reliability-centered maintenance (RCM) processes. USA: SAE, 1999.

SLACK, N. et al. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 1997.

SMITH, A. M. Reliability-centered maintenance. California-USA: McGraw-Hill, 1992.

SOUZA, M. S. de; MÁRQUEZ, D. C. Estimativa de Ganhos com a Implantação da MBC na Copel. In: II Seminário Brasileiro de Confiabilidade na Manutenção. 1998, São Paulo. Anais... São Paulo: Instituto de Engenharia, 1998. p.63-75.

VENTURA FILHO, A. A opção hidrelétrica no Brasil: aspectos ambientais, tecnológicos e econômicos. In: 17º Congresso do Conselho Mundial de Energia. 1998, Houston- USA. Anais... London: World Energy Council, 1998. division 1, book 1, v. 2. p.317- 331.

VIZZONI, E. Manutenção centrada em confiabilidade: avaliação de sua aplicabilidade e adaptação a subestações de energia elétrica. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro.

AAMODT, Agnar. Knowledge Acquisition and Learning by Experience. The Role of Case - Specific Knowledge. 1994. [on line]. Disponível < <http://www.ifi.ntnu.no/~agnar/eng.html> >.

ABEL , Mara. Sistemas de Conhecimento . [on line]. Disponível < <http://www.marabel.inf.ufrg.br/Publico/Disciplinas/inf1039.htm> > .

ABRAMAN. Documento Nacional – Situação da Manutenção no Brasil no Ano de 2001. [on line] . Disponível na Internet < <http://www.abraman.org.br> >.

AIES 1999. AAAI Spring Symposium on AI in Equipment Maintenance Service and Support . [on line]. Disponível < <http://best.me.berkeley.edu/~goebel/ss99/aies.html> > .

ALADON. Disponível na Internet < <http://www.aladon.co.uk> >

ALTWEGG , J. et al . Aplicação de Sistemas Eletrônicos de Monitoramento do Estado e do Comando de Disjuntores de Alta Tensão. XIV SNPTEE: GMA/019, 1997, Belém, PA.

ALVARENGA, Rogério. Disciplina: fundamentos de inteligência artificial. [on line]

Disponível: < <http://www.mestradoinfo.ucb.br/prof/rogerio/fia/fundia.htm>

AKKERMANS, J. M., GUSTAVSSON, R. and YGGE, F.. An Integrated Structured Analysis Approach to Intelligent Agent Communication. Proceedings IFIP World Computer Congress. London.1998.

ANGELE, J. , FENSEL, D. and STUDER, R. . Developing Knowledge –Based Systems with MIKE. Journal of Automated Software Engineering, 1998.

ANGELONI, Maria Terezinha. Organizações do Conhecimento – Infraestruturas, Pessoas e Tecnologias. São Paulo: Saraiva, 2002.

ARCHON . Architecture for Cooperative Heterogeneous ON-line Systems . [on line].

Disponível < http://www.elec.qmw.ac.uk/dai/projects/archon/test_1.html > .

ARL. Applied Research Laboratory at the Pennsylvania State University. [on line].

Disponível < <http://www.art.psu.edu/areas/soa/conditionmaint.html> >.

AUGUST, Jim. Applied Reliability-Centered Maintenance. Tulsa, Oklahoma: Penn Well, 1999.

AZEVEDO, Celso de. Tendências da Manutenção Industrial no Mundo. Manutenção - revista da ABRAMAN n° 82 -jul/ago 2001.

BARRETO, Jorge M. Redes Neurais Artificiais. Apostila do Curso de Redes Neurais, UFSC – Pós – Graduação, 1998.

BASSO, Walter Antonio e PEREIRA, Luiz Texeira do. Introdução à Engenharia. 6ª edição. Florianópolis: UFSC, 2000.

BELCHIOR, Carlos R. P. e BAPTISTA, Luiz A. R. Manutenção Preditiva de Motores Diesel por Monitoração de Tendências de Parâmetros Operacionais. ABRAMAN – 10º Congresso Brasileiro de Manutenção: p.219-233, 1995, Rio de Janeiro, RJ.

BENJAMINS, V. Richard. Problem Solving Methods for Diagnosis. Ph.D. thesis, University of Amsterdam, 1993.

BENJAMINS, V. Richard et al. Knowledge Engineering: Principles and Methods. Revista: Data & Knowledge Engineering, n°25, 1998, p.161-197.

BILLINTON , Roy . Power System Reliability Evaluation. New York: Gordon and Breach, Science Publishers, 1970.

BITTENCOURT, Guilherme. Inteligência Artificial. Florianópolis: UFSC , 1998.

BOMAN, Paul. GSU (Generator Step Up Transformer) Monitoring and Diagnostics: The Achilles Heel of the Power Plant ? [on line]. Disponível na Internet < http://www.electricpowerexpo.com/archive/ep2000/track_6.asp >.

BOOCH , G. et al. The Unified Modelling Language User Guide . Reading , MA : Addison Wesley , 1998 .

BOTELHO, Edmilson José A. Inteligência Artificial na Manutenção. ABRAMAN -6º

Congresso Brasileiro de Manutenção: p.08-26, 1991, Rio de Janeiro, RJ .

BRAVO, Ron. Condition-Based Maintenance at Southern California Edison. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/OnAnalysis/ao-com.htm> >.

BRAZIER, Francis M. T. et al . Modelling an Elevator Design Task in DESIRE: The VT Example. International Journal of Human-Computer Studies, 44(3/4), p.469-520, 1996.

BRAZIER , Francis M. T. e WIJNGAARDS , Nick J.E. . A Purpose Driven Methods for the Comparison of Modelling Frameworks . 1998. [on line] . Disponível na internet < <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW98/brazier1/> > .

BREUKER, J. A. et al. Model Driven Knowledge Acquisition: Interpretation Models. ESPRIT Project P1098 Deliverable D1, University of Amsterdam AND STL Ltd, 1987.

BREUKER, J. A. and VAN de VELDE, W. The CommonKADS Library for Expertise Modelling. Amsterdam: IOS Press, 1994.

BROOKS, Rodney A. MIT Artificial Intelligence Laboratory – Research Abstracts. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.ai.mit.edu> >.

CAMARGO, C. Celso de Brasil. Confiabilidade Aplicada a Sistemas de Potência Elétrica. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora.S. A., 1981.

CASTELLS, Manuel. A Sociedade em Rede. São Paulo: Paz e Terra, 1999.

CASTRO, David Aguiar de. Implementando e Praticando Confiabilidade na Manutenção. ABRAMAN – 12º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT023, São Paulo, SP, 1997.

CATALYST. Use of CommonKADS Methodology in Knowledge Based system Development. [on line]. Disponível na Internet: < <http://www.esi.es/esse/reports/ati/10327> >

CAVICHIOLO, Nelson Roberto e PASQUA, Maurício Coragem. Gestão da Manutenção em Sistema de Transmissão de Energia: Uma Experiência de Sucesso. XVI SNTPEE: GMI / 015, 2001 – Campinas, SP.

CEPAL. América Latina e o Caribe na transição para a sociedade do conhecimento. Reunião Regional de Tecnologia da Informação para o Desenvolvimento. Florianópolis, jun/2000, p.11-12.

CHANDRASEKARAN, B. Generic Tasks in Knowledge – based Reasoning: High-level Building Blocks for Expert System Design. 1986. [on line]. Disponível < <http://www.cis.ohio-cis.edu/~chandra> >.

CHANDRASEKARAN, B. Ontology of Tasks and Methods. 1998. [on line]. Disponível <<http://www.cis.ohio-state.edu/~chandra/>>.

CHARQUEADAS. Usina Termelétrica de Charqueadas – Grandes Motores – Revisão das Fichas de Manutenção Preventiva Periódica. Relatório Preliminar . Eletrosul /Dem /Demt, dezembro, 1995.

CIGRÉ–CE39. An International Survey of Maintenance Policies and Trends . [on line]. Disponível na Internet <<http://www.itaipu.gov.br/cigre-ce39/documentos> >.

CLANCEY , W. J. Heuristic Classification. Artificial Intelligence, Amsterdam, v27, n.3, 1985, p.289-350.

CML2 – Conceptual Modelling Language. [on line]. Disponível na internet <<http://web.swi.psy.uva.nl/projects/kad22/cml2doc.htm> >.

CommonKADS. Engineering and Management Knowledge. [on line]. Disponível <<http://www.commonkads.uva.nl/homepagedef.html> >.

COSTA, J. Antonio. Registro Digital de Sinais: Uma Ferramenta de TPM. ABRAMAN - 14° Congresso Brasileiro de Manutenção: TT062, 1999, Foz do Iguaçu, PR.

COUTINHO, L. Henrique de S. A. et al. A Reestruturação do Setor Elétrico Brasileiro – Uma Análise Prospectiva. XVI SNPTEE: GAE/012, 2001, Campinas, SP.

DEMH. Disponibilidade do Parque de Hidrogeradores (Manutenção x Disponibilidade). Relatório ELETROSUL/DEM, jan/1996, p.09-10.

DOUGLAS, John. The Maintenance Revolution. [on line]. Disponível na Internet <<http://www.epri.com> >.

DRUCKER, Peter. Sociedade Pós-Capitalista. 7ª edição. São Paulo:Pioneira, 1999.

DUNN, Sandy. Implementing a Computerized Maintenance Management System. [on line] Disponível na Internet <<http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/Mainten.../implementingACMMS.ht> >.

DUNN, Sandy. Maintenance Terminology – Some Key Terms. [on line]. Disponível na Internet <<http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary> >.

DUNN , Sandy . Reinventing The Maintenance Process – Towards Zero Downtime. [on line]. Disponível na Internet <<http://www.maintenanceresources.com/ReferenceLibrary/MaintenanceMana.../Reinventing.ht> > .

DURKIN , John . Expert System – Design and Development . Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall , 1994 .

EDF. Power Generation – Optimizing your Maintenance. [on line]. Disponível na Internet <http://www.edf.fr/gb/production/production_8.htm > .

EFNMS. Future Competence Challenges Related to Maintenance and Asset Management .[online]. Disponível na Internet : <

<http://www.ini.hr/efnms/publicatios/assetmanagement.html> >.

ELETROSUL. A Função Manutenção na ELETROSUL – Situação Atual e Perspectivas. Relatório Secom/Funmanu.doc, 1995 , p.04.

EMBRACO – Inteligência Competitiva e Gestão do Conhecimento. [on line]. Disponível na internet < <http://www.embraco.com.br> >.

ENDRENYI, J. Tree State Models in Power Systems Reliability Evaluations. IEEE Transactions on PAS, july-agost, 1971, p.1909-1916.

EPRI. Electricity Technology Roadmap. [on line]. Disponível na Internet <<http://www.epri.com>>.

EPRI. Capturing Undocumented Knowledge of Industry Personnel. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.epri.com/journal/details.asp?doctype=features&id=389> >.

EPS – O Curso: o que se estuda. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.eps.ufsc.br/labs/grad/curso/oqueseestuda.htm> >.

ESPRIT – European Commission's Information Technology Research Programme. [on line] Disponível na internet < <http://www.cordis.lu/esprit/home.html> >.

FALBO, Ricardo de A. et al. A Systematic Approach for Building Ontologies. In Proceedings of the 6th. Ibero-American Conference on AI on Progress in Artificial Intelligence (IBERAMIA-98), volume 1484 of LNAI, p.349-360. Spring, October, 1998.

FILHO, Gil Branco. Dicionário de Termos de Manutenção e Confiabilidade. Segunda edição. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2000.

FIKES, Richard. Knowledge Sharing Technology Project. [on line] Disponível na internet < <http://www.ksl.stanford.edu/kst/kst-overview.html> >.

FIKES, Richard. et al. Tools for Assembling Modular Ontologies in Ontolanguage. Technical Report KSL-97-03, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, CA, USA, April, 1997.

FLEMING, Paulo V. e FRANÇA, Sandro, R.R. de Oliveira. Considerações Sobre a Implementação Conjunta de TPM e MCC na Indústria de Processos. ABRAMAN – 12º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT044, 1997, São Paulo, SP.

FONSECA, J. R. Dias. Manutenção Preventiva e Preditiva de Equipamentos de Alta Tensão. ABRAMAN – 14º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT009, 1999, Foz do Iguaçu, PR.

FONSECA, N. Luiz Alberto et al . Manutenção Baseada em Confiabilidade – Aexperiência Aeronáutica a Serviço da Indústria em Geral . ABRAMAN – 10º Congresso Brasileiro de Manutenção : p.27-44 , 1995 , Rio de Janeiro , RJ .

GERAERDS, W. M. J. Towards a Theory of Maintenance. London: English University Press, On the Organization of Logistic Support Systems, 1972, p.197-219.

GERAGHETY, Tony. Obtendo Efetividade do Custo de Manutenção Através da Integração das Técnicas de Monitoramento de Condição, RCM e TPM. [on line].

Disponível na Internet < http://www.sqlbrasil.com.br/sql-RCM2-ttec_integracaombrcmtpm.html >.

GIACOMET, Luiz Francisco. Um Método para Determinação Qualitativa de Sobressalentes para Hidrogeradores. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC.

GIARRATANO, J. e RILEY, Gary. Expert Systems – Principles and Programming. Second Edition. Boston, MT: PWS Publishing Company, 1994.

GITS, C.W. Design of Maintenance Concepts. International Journal of Production Economics n°24, 1992, p.217-226.

GOLDBECK, Larry. Dust Control for Belt Conveyors. [on line]. Disponível na Internet < http://www.electricpowerexpo.com/archive/ep2000/track_6.asp >.

GOMES, João Luiz Oliveira et al. Controle Sistêmico da Qualidade da Manutenção em Equipamentos do Setor Elétrico. XVI SNPTEE: GMI/007, 2001 – Campinas, SP.

GRUBER, Tom. Ontolingua: A Mechanism to Support Portable Ontologies. Stanford: Knowledge System Laboratory, Stanford University, 1992. Technical Report.

GRUBER, Tom. What an Ontology? [on line]. Disponível na Internet < <http://ksl-web.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html> >.

HEIJST, G. Van et al. Using Explicit Ontologies in KBS Development. [on line]. Disponível em < <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/IJHCS/VH/> >.

HINCHCLIFFE , Glenn R. Global Conditioned Based Maintenance (CBM) Program at Ontario Hydro. [on line]. Disponível na Internet < http://www.electricpowerexpo.com/archive/ep2000/track_6.asp >.

HIYAMA, Takashi e TOMSOVIC, Kevin. Current Status of Fuzzy System Applications in Power Systems. [on line]. Disponível < <http://tomsovic.ees.wsu.edu/Vitae/Publications/HIYA99.pdf> >.

HOOG , R. et al . The CommonKADS Organization Model Content , Usage and Computer Support. Expert Systems with Applications, 11(1), p.29-40, 1996.

IBROW. An Intelligent Brokering Service Knowledge-Component Reuse the World Wide Web. [on line]. Disponível < <http://www.swi.psy.nl/projects/ibrow3/home.ibrow.html> >.

IEEE. IEEE Reliability Society – Reliability Engineering. [on line]. Disponível na Internet < http://www.ewh.ieee.org/soc/rs/Reliability_Engineering/index.html >.

IEEE AIS-02. IEEE International Conference Artificial Intelligence Systems. [on line]. Disponível < <http://www.dbai.tuwien.ac.at/marchives/fuzzy-mail/1254.html> >.

ISAP 1999. The International Conference on Intelligent System Application to Power System. [on line]. Disponível: < <http://www.dbai.tuwein.ac.at/marchives/fuzzy-mail98/0747.html> > .

IST. IST Overview . [on line]. Disponível na Internet < <http://www.cordis.lu/ist/overv-1.htm> >.

JIPM . Japan Institute of Plant Maintenance and TPM. [on line] . Disponível na Internet <<http://www.jipm.or.jp/en/home/>>.

JÚNIOR, J. Hamilton Brito. A Toyotização nas Equipes de Manutenção da Subestação de Curitiba. XIV SNPTEE: GMA/009, 1997, Belém, PA.

KADS . The KADS Approach to Knowledge Engineering . Editorial Special Issue. [on line]. Disponível na internet: <<http://www.swi.psy.uva.nl/usr/Schreiber/papers/Schreiber92a.html>>.

KADS-II. CommonKADS and the KADS-II Project . [on line]. Disponível em <<http://www.sics.se/ktm/projects/kads.html>>.

KENNEDY, Ross. Examining the Process of RCM and TPM. [on line]. Disponível na Internet <<http://www.plant-maintenance.com/articles/RCMvTPM.shtml>>.

KIRBY , Kenneth E. There is Gold in Those Reliability and Maintenance Practices. [on line]. Disponível na Internet <http://www.smrp.org/vl/news_winter00-01.html>.

KOBACCY, Khairy A. H. et al. Towards An Intelligent Maintenance Optimization System. Journal of the Operational Research Society, 1995 – n.46, p.831-853.

KOL – Knowledge on line. Nosso Negócio. [on line]. Disponível na internet: <<http://www.kolnet.com.br>>.

LACERDA, Juarez Marques de e JÚNIOR, Pyramo Pires da Costa. A Informatização Integrada da Manutenção. Seus Desdobramentos e os Sistemas Especialistas. ABRAMAN -12º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT064 , 1997, São Paulo, SP.

LAMY, Sergio Luiz. Relatório Especial Prévio. XVI SNPTEE: GMI/REP, 2001 – Campinas, SP.

LAUDON, Kenneth e LAUDON, Jane Price. Sistemas de Informação com Internet. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 1999.

LIN ,C. E. et al . An Expert System for Generator Maintenance Sheduling Using Index . IEEE Transactions on Power Systems, Vol.7, August 1992, p.1141-1148.

LINSTER , M. Sisyphus 91/92 : Models of problem solving . International Journal of Human Computer Studies . 40 (3) .1994

MARCUS , S. Automating Knowledge Aquisition for Experts Systems . Boston : Kluwer Academic Publisher, 1988.

MARTINO, M.B. e FILHO, F. de Assis. Diagnóstico de Transformadores Utilizando Redes Neurais. XIII SNTPEE: GEM/012, 1995, Balneário Camboriú, SC.

MASSIE, Paul. Predicitive Program vs. Reliability Program at the John E. Amos Plant . [on line]. Disponível na Internet <http://www.electricpowerexpo.com/archive/ep2000/track_6.asp>.

McCALL, J.J. Maintenance Policies for Stochastically Failing Equipment: A Survey. Manage. Sci n° 11, 1965, p.493-524.

McDERMOTT, J. Preliminary steps toward a taxonomy of problem-solving methods. In S. Marcus, editor, Automating Knowledge Acquisition for Expert Systems, p.225-256.

MEDSKER, Larry R. Hybrid Intelligent Systems. Norwell, USA: Kluwer Academic Publishers, 1995, p.298.

MENESES, Eudenia Xavier. Desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento Abertos utilizando CommonKADS. [on line]. Disponível < <http://www.ine.usp.br/reudenia/ia/semi1.html> >.

MEYER, Marilyn et al. Nosso Futuro e o Computador. terceira edição, Porto Alegre: Bookman, 2000.

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

MIL-STD 2173 (AS) – “Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment “ (U.S. Naval Air Systems Command).

MIL-STD-1629 A – “Military Standard Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis” (Department of Defense). [on line]. Disponível na Internet < <http://jcs.mil/htdocs/teinfo/software/ms18.html> >.

MONKS, Joseph G. Administração da Produção . São Paulo : MacGraw Hill , 1989 , p.466.

MOROZOWSKI F°, M. e SILVA, E.L. Programação da Manutenção de Unidades Geradoras em Sistemas em Sistemas Multiárea com Base em Métodos Probabilísticos. XIII SNPTEE: Aspectos Técnicos e Gerenciais da Manutenção (GMA), 1995 – Camboriú, SC.

MOUBRAY, John. Novos Desenvolvimentos em Manutenção Centrada em Confiabilidade . Workshop – 11° Congresso Ibero Americano de Manutenção. Florianópolis , 2001, p.1-2 .

MOUBRAY, John. RCM II – Reliability – centered Maintenance. second edition, New York: Industrial Press Inc, 1997 .

MSG-3 – “ Maintenance Program Development Document,“ – Air Transport Association. Washington DC, Revision 2, 1993.

MUSEN, M. A . et al. Use of a Domain Model to Drive an Interactive Knowledge Editing Tool .In Boose , J. H.& Gaines, B. R. editors, Knowledge – Based Systems , Volume 2: Knowledge Acquisition Tools for Experts Systems, p. 257-273, London. Academics Press, 1998.

MUSSI JUNIOR, Nelson Haz. Implantação da MBC na COPEL – XIVSNPTEE – Aspectos Técnicos e Gerencias da Manutenção (GMA), 1997, Belém, PA.

MyQ. Software de Manutenção : Comprar ou Desenvolver ? . Revista : Nova Manutenção y Qualidade, Rio de Janeiro, ano 7 – nº 28 – 2000 – issn1413-4659.

MyQ. Software de Manutenção. Revista: Nova Manutenção y Qualidade, Rio de Janeiro ,

ano 5

– n° 26 – 1999 – issn 1413-4659.

NASA TM 4628 A – “ Recommended Techniques for Effective Maintainability “ (NASA Systems and Equipment). [on line]. Disponível na Internet <<http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/mtecpage/mtechniq.htm> >.

NAVAIR 00-25-403 – “Guidelines for the Naval Aviation Reliability Centered Process” (U.S. Naval Air System Command).

NETHERTON, Dana. Failure Mode: Issues Surrounding Its Definition. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.athoscorp.com> >.

NONAKA, I. e TAKEUCHI, H. Criação de Conhecimento na Empresa. 2ª edição São Paulo: Campus, 1997.

NOWLAN, F. Stanley e HEAP, Howard F. Reliability-Centered Maintenance. Department of Defense, Washington, D.C. 1978. Report Number AD-AO66579.

OLSSON, Olle. CommonKADS and The KADS-II Project. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.sics.se/ktm/projects/kads.html> >.

PAIVA, Antonio C. F. de. Processo de Implantação da Manutenção Autônoma na UHE Samuel. ABRAMAN - 14º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT051, 1999, Foz do Iguaçu, PR.

PARRILA, F.B. et al. Manutenção – Gestão Compartilhada com a Produção uma Experiência de Sucesso na Votorantim Celulose e Papel. ABRAMAN – Congresso Brasileiro de Manutenção: TT113, 2001, Florianópolis, SC.

PIERSKALLA , W. P. e VOLKER, J. A. A Survey of Maintenance Models: The Control and Surveillance of Deteriorating Systems. Naval Research Logistic Quartely n° 23, 1976, p.352-388.

PINTO, A. de Miranda. Modelo de Reestruturação da Função Manutenção de Telecomunicações da Celpe – Uma Adaptação Visando Novos Tempos Empresariais. ABRAMAN – 13º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT071, 1998, Salvador, BA.

POST, W. et al. Organizational Modeling in CommonKADS. The Emergency Medical Service. IEEE Intelligent Systems 12 (6), p.46-52, 1997.

PRAX, Jean Yves. Manager la connaissance dans l`entreprise: les nouvelles technologies au service de l`ingenierie de la connaissance. Paris: INESP, 1997.

PROTEGÉ – II. The Protégé Project. [on line]. Disponível < <http://smi-web.stanford.edu/projects/protege/> >.

PUERTA, A . R. et al. A Multiple Method Knowledge Acquisition Shell for the Automatic Generation of Knowledge Acquisition Tool. Knowledge Acquisition, 4 (2): 171-196, june 1992.

REIS, Dyr e PATI, N. Applications of Artificial Intelligence to Condition-Based Maintenance. RAE – Revista de Administração de Empresas, abr/jun 2000 – São Paulo, v.40, n°2, p.102-107.

RIBEIRO, G. M. et al. Utilização de Sistema Especialista no Restabelecimento Inteligente de Subestações. ELARC 95 – VI Encontro Regional Latino-Americano da CIGRÉ: CE 39, 1995, Foz do Iguaçu, PR.

RINGLEE, ROBERT J. et al. Power System Reliability Calculations. Massachusetts: M.I.T. Press, 1973.

RUNKEL, J. R., BIRMINGHAM, W.P. and BALKANY, A . Solving VT by Reuse. International Journal of Human Computer Studies, 44 (¾), p.403-434, 1996.

SAE-JA1011. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes. Society of Automotive Engineers: issued AUG 1999.

SAE-JA1012. A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard. Society of Automotive Engineers: issued JAN 2002.

SANFORD, Walter e CARY, J. B. RCM Simplificada. Revista da ABRAMAN n°70: jan/fev, 1999.

SANTOS, Anderson Rodrigues dos. Construção de uma base de Conhecimento para projeto de Redes de Telecomunicações utilizando KADS. 1999. Proposta de Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Minas gerais, UFMG. [on line]. Disponível na Internet: < <http://www.dcc.ufmg.br/pos/html/spgg/anais/anderson/anderson.html> >

SCHREIBER , G., WIELINGA , B., AKKERMANS, H., VELDE, W.V. de and ANJEWIERDEN, A. CML: The CommonKADS Conceptual Modeling Language. Proceedings of 8th. European Knowledge Acquisition Workshop (EKAW'94), September 1994. [on line]. Disponível na internet < <http://web.swi.psy.uva.nl/projects/kads22/cml2doc.html> >.

SCHREIBER , G. e WIELINGA , B. . Knowledge Model Construction . 1998 . [on line]. Disponível < <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW98/schreiber/> >.

SCHREIBER , Guus . Pragmatics of the Knowledge Level . 1992 . Tese de Doutorado submetida a University of Amsterdam , Department of Social Science Informatics .[on line]. Disponível < <http://www.swi.psy.uva.nl/usr/Schreiber92c.html> >.

SILVA, Josenildo Costa da. Aquisição de Conhecimento e Manutenção para uma Sociedade de Agentes Tutores Artificiais. 1999. Dissertação (Mestrado em Informática). Program de Pósgraduação em Informática da Universidade Federal da Paraíba. UFPB. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.dsc.ufpb.br/rcopin/pessoas/alunos/htms/josenildocostadasilva.htm> >.

Siqueira, Iony Patriota, Manutenção Centrada na Confiabilidade, 2005, Ed. QualityMark.

SQL/ALADON. Casos Clássicos de Acidentes. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.sqlbrasil.com.br> > .

SQL Systems. Curso de Formação em RCM2 – Reliability-Centered Maintenance. São Paulo, SP, junho de 2000.

SMITH, Anthony M. Reliability-Centered Maintenance. McGraw-Hill, 1993. Printed in United States of America.

SMRP. SMRP Library. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.smrp.org/vl/> >.

SNPTEE. 16º Seminário Nacional de Produção e transmissão de Energia Elétrica. [on line]. Disponível em < <http://www.canaldaenergia.com.br/agenda.htm> >.

SOUZA, Márcio Soares de e JÚNIOR, Nelson Haj Mussi. Implantação da MBC na Copel. XIV SNPTEE: GMA/18, 1997 – Belém, PA.

SPEEL, Piet-Hein, Aben Manfred. Applying a Library of Problem Solving Methods on a real-life task. [on line]. Disponível na internet: < <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/kaw/kaw96/speel.html> >.

STEELS, L. Components of Expertise. AI Magazine, v.11, n°2, p.28-49, 1990.

STEFIK, M. Introduction to Knowledge Systems. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann, 1993.

SWARTOUT, B. e GIL, Y. EXPECT: Explicit representations for flexible acquisition. In Proceedings of the Ninth Knowledge Acquisition for Knowledge Based Systems Workshop (KAW'95), Banff, Canadá, 1995.

TAVARES, Lourival A. e FILHO, Aristides A. Silva. A Manutenção Como Uma Atividade Corporativa. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.abraman.org.br/publicações> >.

TAVARES, Lourival Augusto. Excelência na Manutenção – Estratégias, Otimização e Gerenciamento. Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda, 1996, p.36.

TERRA, José Cláudio Cyrineu; GORDON, Cindy. Portais Corporativos – A revolução na gestão do Conhecimento. São Paulo: Negócio Editora, 2002.

TIBÚRCIO, Júlio Cesar e SANTOS, C.C. Diagnóstico e Caracterização da Condição Operacional de Sistemas Elétricos de Potência. XIII SNPTEE: GOP/058, 1995, Balneário de Camboriú, SC.

TOKADA, Antônio Carlos e TIBA, H. Hachiro. Experiência da Cesp no Monitoramento de Vibração. XIV SNPTEE: GMA/017, 1997, Belém, PA.

TOMSOVIC, K. e AMAR, A. On Refining Equipment Condition Monitoring Using Fuzzy Sets and Artificial Neural Nets. ISAP'94 – Intelligent System Application to Power Systems: p.363-370, 1994, Montpellier, France.

U.F.M.G. – Universidade Federal de Minas Gerais. Engenharia de Produção. [on line] . Disponível na Internet < <http://www.dep.ufmg.br> >.

U.F.R.G.S. – Universidade Federal do Rio Grande do Sul . Engenharia de Produção . (on line) Disponível na Internet < <http://www.producao.ufrgs.br/webgrad/default.htm> >.

U.M.R.E. - University of Maryland . What is Reliability?. [on line]. Disponível na Internet < <http://www.enre.umd.edu/rel.htm> >.

VITAL . VITAL Workbench . [on line] . Disponível < <http://kmi.open.ac.uk/people/domingue/vital/vital.html> >.

VIZZONI, Edson et al. Projeto Piloto de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) – Subestação de Adrianópolis – Setor de 500 kV. ABRAMAN - 14º Congresso Brasileiro de Manutenção: TT048, 1999, Foz do Iguaçu, PR.

WAERN A . et al. The CommonKADS Communication Model. ESPRIT Project P5248 Deliverable KADS-II/M3/SICS/TR/003, Swedish Institute of Computer Science, Stockholm, 1993.

WIELINGA, B. e SCHREIBER, G. Conceptual Modeling on Large Reusable Knowledge Bases. In: Von LUCK, K. , MARBURGER , H. Management and Processing of Complex Data Structures. Berlin: Springer-Verlag, 1994, p.181-200.

WIELINGA, B. et al. Knowledge Engineering and Management-The CommonKADS Methodology. Cambridge, MA: The MIT Press, 2000.

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