

B28819164

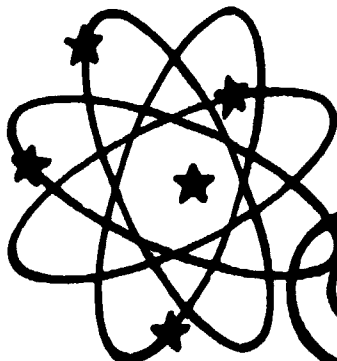
NOTA TÉCNICA DAS Nº 01/88

SISTEMATIZAÇÃO DO ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE  
ANGRA 1 - MANUTENÇÃO E TESTES PERIÓDICOS

CNEN - DR - DAS - NT -- 01/88.

# *nota técnica*

*Departamento de Reatores*



**cnen**

*comissão nacional de energia nuclear*

CNEN  
DR

DOCUMENTO:

NOTA TÉCNICA DAS Nº 01/88

DATA:

FEVEREIRO/88

REVISÃO:

0

TÍTULO:

SISTEMATIZAÇÃO DO ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE  
ANGRA 1 - MANUTENÇÃO E TESTES PERIÓDICOS

CNEN - DR - DAS - NT - 01/88

AUTOR(ES):

EUSTÉRIO BENITZ FURIERI (GCI/DAS)

NATANAEL DE CARVALHO BRUNO (GEE/DAS)

NEY ARMANDO SALAVERRY (GSA/DAS)

ORÇÃO:

DIVISÃO DE ANÁLISE DE SEGURANÇA - DAS/DR

RAMAL : 370

APROVADO POR:

  
CLAUDIO T. M. CAMARGO

Diretor da D.A.S.

I N D I C E

	Página
SUMÁRIO .....	11/11
INTRODUÇÃO .....	1/32
CAPÍTULO 1 - MANUTENÇÃO .....	3/32
1.1 - Conceito Geral de Manutenção .....	3/32
1.2 - O Papel da Manutenção .....	4/32
1.3 - Manutenção em Usinas Nucleares .....	4/32
1.4 - Tipos de Manutenção .....	5/32
1.5 - Testes Periódicos .....	5/32
CAPÍTULO 2 - PROGRAMAS E TENDÊNCIAS NA ÁREA DE MANUTENÇÃO DE USINAS NUCLEARES .....	7/32
2.1 - Atividades Relacionadas com a Manutenção na NRC e Usinas Americanas .....	7/32
2.2 - Atividades de Manutenção em Usinas Americanas; SALEM e KEWAUNEE .....	8/32
2.3 - A Supervisão e Acompanhamento da Operação de Usinas pelas TUV's na Alemanha .....	10/32
2.4 - Práticas de Manutenção em Outros Países .....	11/32
2.5 - Programas e Atividades de Padronização em orga nizações independentes, na Indústria e na NRC ...	11/32
2.6 - Indicadores da Efetividade da Manutenção e Me todologias para Gerência de Programas de Super visão e Estabelecimento de Metas .....	13/32
CAPÍTULO 3 - O SISTEMA DE MANUTENÇÃO E TESTES PERIÓDICOS EM ANGRA 1 .....	16/32
3.1 - Situação Atual .....	16/32
3.2 - Descrição dos Módulos Computadorizados e das Atividades Decorrentes .....	17/32
3.3 - Acompanhamento da Manutenção pela Fiscalização do CNEN .....	20/32
CAPÍTULO 4 - ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO PELA D.A.S. ....	23/32
4.1 - Objetivos .....	23/32
4.2 - Acompanhamento da Experiência Internacional ....	24/32
4.3 - Sistematização do Acompanhamento da Manutenção e Testes Periódicos .....	25/32
CONCLUSÃO .....	29/32
REFERÊNCIAS .....	31/32
APÊNDICE A - ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE ANGRA 1 - MANUTENÇÃO DO INVERSOR II .....	A/ 1
APÊNDICE B - ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE ANGRA 1 - TESTE PERIÓ DICO NAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA DO PRESSURIZADOR	B/ 1

CNEN DR	AUTOR: EBF/ <i>[assinatura]</i>	DOCUMENTO: NT-DAS-01/88	PAGINA:
	NCB/ <i>[assinatura]</i>	NOTA TÉCNICA	11/11
órgão	NAS/ <i>[assinatura]</i>	PARTE:	REVISÃO:
GCI/GEE/GSA/DAS			0
			DATA:
			FEVEREIRO/88

S U M Á R I O

É feita uma análise da Manutenção, seus tipos e do papel da Manutenção na segurança das usinas.

São analisados Programas e tendências atuais na área de Manutenção de Usinas de Potência, assim como o Programa de Manutenção e Testes Periódicos de Angra 1.

São discutidas as necessidades de atuação da DAS nessa área e é proposta uma sistematização para o acompanhamento da manutenção e dos testes periódicos assim como acompanhamento da experiência internacional.

INTRODUÇÃO

O acompanhamento da manutenção de equipamentos e sistemas e dos Testes Periódicos em Centrais Nucleares de Potência tem assumido uma importância crescente nas atividades do órgão fiscalizador. Programas como o "NRC Maintenance and Surveillance Program" tem demonstrado que uma grande percentagem das falhas em operação de Centrais de Potência é devida à manutenção inadequada, assim como o maior percentual de dose absorvida provém de atividades de manutenção.

A manutenção é citada pela norma CNEN NE 1.16 como uma das atividades que influem na qualidade e portanto faz parte do programa de garantia de qualidade da Central.

A manutenção é objeto de fiscalização pelo Departamento de Reatores da CNEN. É feita pela Divisão de Fiscalização - DF, através do seu programa de Inspeções e Auditorias e também pela Divisão de Análise de Segurança - DAS.

O acompanhamento da manutenção e dos testes periódicos pela DAS visa determinar e avaliar problemas relacionados à operação segura da Central, por meio da análise do histórico operacional dos equipamentos e acompanhamento de testes e manutenções, utilizando também informações disponíveis da experiência internacional.

Para a elaboração de uma proposta de sistemática de acompanhamento e avaliação da manutenção e dos testes periódicos de Angra 1 pela Divisão de Análise de Segurança do DR, foi proposto um Plano de Trabalho, em resposta a S.D.S. nº 25/87 da DAS, tendo como ponto de partida o NUREG 1212<sup>(1)</sup>.

Este Plano de Trabalho foi dividido em quatro etapas:

- A - Levantamento da Experiência Internacional e situação atual de Angra 1.
- B - Identificação de áreas de atuação.
- C - Sistemática de atuação e relacionamento entre Análise de Segurança e Fiscalização.
- D - Programa de acompanhamento permanente da experiência internacional.

CNEN  
DR

NCB/

NAS/

Órgão GCI/GEE/GSA/DAS

DOCUMENTO: NI-DAS-01/88

PAGINA:

2 de 32

PARTE:

REVISÃO:

DATA:

0

FEVEREIRO/88

Após o cumprimento destas etapas foi formulado um método para o acompanhamento das atividades de manutenção e testes periódicos, apresentado a seguir.

CAPÍTULO 1 : MANUTENÇÃO

1.1 - CONCEITO GERAL DE MANUTENÇÃO

Nos países mais industrializados, onde a tecnologia surgiu há mais tempo, o envelhecimento dos equipamentos e das instalações ce do chamou a atenção para a necessidade de uma racionalização das t<sup>o</sup>cnicas e dos procedimentos necessários para reduzir a degradação daqueles equipamentos e instalações.

A idéia básica é que não basta investir e implantar um sistema; é necessário que o período de utilização do sistema em condições de plena operação seja o maior possível. Assim surgiu uma disciplina de gerenciamento técnico designada em inglês por "maintenance", que no Brasil chamamos de manutenção.

A manutenção é definida <sup>(2)</sup> como um processo que tem o objetivo de preservar a confiabilidade de estruturas, sistemas e componentes ou restaurar a confiabilidade, quando degradada. A manutenção inclui:

- Diagnóstico ou teste periódico, supervisão e inspeção para determinar as condições de estruturas, sistemas e componentes,
- ações preventivas e corretivas tais como reparo, substituição, lubrificação e ajustes,
- isolamento do equipamento, serviço e teste pós-manutenção para garantir a adequação da ação corretiva.

A consecução desta "otimização da produção de um sistema" requer a existência de um grupo especializado em manutenção, implantado dentro do organograma da empresa num nível que lhe permita força suficiente para contrabalançar e equilibrar a tendência entrópica da produção.

É necessário então aprender e aplicar técnicas nas quais a idéia de conservabilidade (capacidade de manutenção) esteja presente desde as fases iniciais de escolha e ante-projeto dos sistemas, prolongando-se pelo detalhamento e instalação e alongando-se por toda a duração da operação até o fim da vida útil.

É altamente prejudicial o investimento maciço em instalações

cujo rendimento seja diminuído por uma sequência de falhas e de reparos de emergência ocorrendo em momentos inoportunos, com frequências além do tolerável e contribuindo para reduzir a níveis inaceitáveis a segurança de uma instalação.

### 1.2 - O PAPEL DA MANUTENÇÃO

O "Manual on Maintenance of System and Component Important to Safety"<sup>(3)</sup> define os objetivos de um programa de manutenção, que são:

- Preservar a segurança adequada,
- Ampliar a disponibilidade da Usina,
- Minimizar os custos devido a falhas em sistemas e componentes,
- Tornar efetivo o uso dos recursos disponíveis.

Estabelece ainda uma série de tópicos a serem incluídos no programa e dentre eles destacam-se:

- O estabelecimento de uma organização de manutenção com descrição de funções técnicas e de supervisão e definição de responsabilidades,
- O estabelecimento e implementação de procedimentos administrativos e de controle,
- O estabelecimento e implementação da manutenção preventiva,
- O planejamento de todas as atividades de manutenção,
- O armazenamento e análise de registros de manutenção.

### 1.3 - MANUTENÇÃO EM USINAS NUCLEARES

Uma manutenção eficiente é fundamental para a operação segura de uma usina nuclear de potência e, exige especial atenção devido:

- às limitações estabelecidas de que um número mínimo de sistemas e componentes permaneçam operáveis mesmo com a usina desligada.



- às dificuldades de acesso a alguns compartimentos, mesmo quando desligada, devido à restrições de proteção radiológica.
- aos perigos radiológicos potenciais ao pessoal da usina e ao público.

#### 1.4 - TIPOS DE MANUTENÇÃO

Existem basicamente 2 tipos de manutenção <sup>(2)</sup>, como descrito a seguir:

- A - MANUTENÇÃO CORRETIVA: é a forma mais óbvia e primária de manutenção. Representa o ciclo quebra-repara e, por esta característica, se torna insuficiente e ineficiente, pois provoca paradas em momentos aleatórios e muitas vezes inoportunos.
- B - MANUTENÇÃO PREVENTIVA: são ações tomadas para detectar e corrigir falhas incipientes em equipamentos, evitando assim a perda da capacidade de um sistema em desempenhar satisfatoriamente sua função de projeto.

A Manutenção Preventiva se divide ainda em Manutenção Preditiva, Periódica e Planejada. Não cabe aqui discorrer sobre cada uma destas sub-divisões, entretanto vale citar que a importância da Manutenção Preditiva tem se tornado tão evidente que há na indústria, forte tendência em considerá-la como um novo tipo de manutenção.

Para maiores informações sobre os tipos de manutenção a referência 3 deve ser consultada.

#### 1.5 - TESTES PERIÓDICOS

Durante a vida operacional de uma central nuclear, os componentes podem ser expostos à influências cujos efeitos não podem ser previstos para a vida operacional da usina, com a precisão desejável para a segurança nuclear. Essas influências mais importantes são tensões, temperaturas, irradiação, absorção de hidrogênio, ataque corrosivo, vibração e corrosão por atritamento, as quais dependem do tempo e do histórico operacional. Essas influências podem resultar em mudan

ças das propriedades dos materiais tais como envelhecimento, fragilização, fadiga e formação ou crescimento de falhas.

É necessário portanto examinar os sistemas e componentes para saber se há deterioração, de modo a julgar se a usina continua operando de forma segura, ou se providências devem ser tomadas para corrigir a situação. A ênfase é colocada no exame de sistemas críticos e componentes do sistema primário de refrigeração do reator, devido a sua importância para a segurança e a possível severidade da sua falha.

Esses testes periódicos <sup>(17)</sup> realizados durante a vida operacional da usina são denominados de "In-Service Inspection".

No capítulo 16 do FSAR, "Technical Specifications", item 16.4 - "Surveillance Requirements", estão descritos os requisitos dos testes periódicos a serem realizados nos diversos sistemas da usina.

Assim, por exemplo, aos Dispositivos Técnicos de Segurança, "ESF", se aplicam os seguintes requisitos de testes periódicos, especificados no item 16.4.5 das Especificações Técnicas:

- o sistema deve ser testado no mínimo à cada 18 meses e nas seguintes condições:
  - a) Pressão do Sistema Primário menor ou igual a 26.4Kg/cm<sup>2</sup>;
  - b) Temperatura do Sistema Primário menor ou igual a 177<sup>0</sup>C;
  - c) o teste deve ser iniciado com sinal de injeção de segurança;
  - d) As bombas dos sistemas de injeção de segurança e de remoção de calor residual devem ser mantidas inoperantes.

O teste será considerado satisfatório se na Sala de Controle for constatado que todos os componentes receberam o sinal de injeção de segurança na sequência e tempo corretos e atuaram sem anormalidades.

CAPÍTULO 2 : PROGRAMAS E TENDÊNCIAS NA ÁREA DE  
MANUTENÇÃO DE USINAS NUCLEARES2.1 - ATIVIDADES RELACIONADAS COM A MANUTENÇÃO NA NRC E USINAS  
AMERICANAS

A constatação objetiva da contribuição da manutenção inadequada em falhas operacionais, levou a NRC a desenvolver um programa de acompanhamento da situação atual da manutenção de usinas nucleares de potência.

Este acompanhamento bem como, avaliações, conclusões e recomendações que geraram o NUREG-1212, Vol.1<sup>(1)</sup>, foram realizados a partir de uma análise global de dados operacionais das usinas americanas e práticas adotadas pela indústria de 1980 a 1985.

Em especial foi feito um acompanhamento detalhado sobre as atividades de manutenção de 8 usinas americanas, e o preenchimento de um questionário por 66 Inspectores Residentes. Nas visitas às usinas foi verificado e registrado "in-loco" as atividades de manutenção em prática. Este acompanhamento está descrito no NUREG-1212, Vol.2.

O 10 CFR 50 estabelece que o proprietário deve ter um programa de manutenção como parte do Programa de Garantia da Qualidade da usina. Entretanto o 10 CFR 50 deixa a critério do proprietário o detalhamento do programa de manutenção. O Relatório de Análise de Segurança não apresenta um capítulo dedicado ao programa de manutenção, sendo o assunto tratado nos capítulos 13 e 17, cuja abrangência é insuficiente em face das implicações da manutenção na segurança e no desempenho operacional da usina.

Os resultados da 1ª fase do programa da NRC mostram que os problemas na área de manutenção continuam a ter papel preponderante na confiabilidade operacional (75% em alguns casos).

Algumas das recomendações principais na área de manutenção são:

- Determinar a contribuição do desempenho humano na manutenção, identificando impactos na segurança e estratégias alternativas;

- Definir metas para confiabilidade de usinas nucleares e incentivar a participação da gerência em assegurar a operação e manutenção efetivas;
- Desenvolver e implementar normas e critérios na área de manutenção com enfoque no desempenho;
- Identificar caminhos que levem a uma melhoria na interface manutenção/operação.

## 2.2 - ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO EM USINAS AMERICANAS: SALEM E KEWAUNEE

Os resultados da visita a 8 sítios e as respostas ao questionário enviado a 66 Inspectores Residentes nos E.U.A. mostrou alguns aspectos importantes:

- Os programas de manutenção das usinas estão sofrendo grandes modificações;
- O programa de Manutenção Preventiva foi considerado menos extensivo do que o de outros países (Japão) e de algumas indústrias (Aviação);
- A maioria das indústrias estão enviando dados e relatórios de desempenho ao INPO;
- O uso de sistemas automatizados de gerência, análise e tendências está em amplo desenvolvimento em quase todas as usinas;
- Somente 1/3 das plantas apresentaram um programa formal de treinamento, abrangendo modificações da planta ou requalificações.

Dos sítios visitados, merecem destaque o de Salem e o de Kewaunee.

### SALEM

A central nuclear de Salem é composta de 2 unidades do tipo PWR, Westinghouse:

CNEN DR	AUTOR: EBF/ [assinatura] NCB/ NAS/ [assinatura]	DOCUMENTO: NT-DAS-01/88	PAGINA:
	Órgão GCI/GEE/GSA/DAS	NOTA TÉCNICA	9 de 32
		PARTE:	REVISÃO: 0

	<u>Unidade 1</u>	<u>Unidade 2</u>
Pot. Térmica (MWt):	3338	3411
Operação Comercial:	JUN/77	OUT/81

Em JUL-1982, por conta de uma série de deficiências de gerenciamento que atingiram diretamente a manutenção, foi dado início a implementação do Programa Gerenciado de Manutenção, baseado nos trabalhos do INPO e experiências da indústria.

Antes que fosse totalmente implementado o programa, em FEV-83 ocorreram 2 eventos de ATWS na unidade-1, ocasionadas por falha de manutenção dos "breakers" do Sistema de Proteção do Reator.

A partir deste evento, a NRC incluiu, além de outras ações, o programa acima como parte das ações corretivas requeridas e em escala prioritária. Até então a NRC estava apenas acompanhando de perto o programa proposto.

Destacam-se neste programa: a ênfase dada na Manutenção Preventiva; a informatização do gerenciamento; o desenvolvimento de análise de tendência da performance de manutenção e o uso de dados de confiabilidade no planejamento da manutenção.

Atualmente, está sendo adquirido um "software" com grande capacidade de processamento, suficiente para todas as atividades de manutenção que são exigidas pelo programa extensivo de manutenção preventiva, otimizando o desempenho administrativo e a relação custo-benefício.

#### KEWAUNEE

A usina de Kewaunee (PWR) entrou em operação comercial em 16/06/74.

A manutenção foi elogiada e considerada efetiva. A experiência da força de trabalho foi considerada muito boa e a rotatividade pequena.

A manutenção preventiva envolve 50% das atividades dos trabalhos de manutenção.

O CQ (Controle de Qualidade) tem participação efetiva, sendo que para fazer parte da equipe do CQ é necessário ter experiência com

provada no setor de manutenção.

Kewaunee foi considerada pelo INPO como usina padrão na área de manutenção.

Além da disponibilidade, não há indicadores específicos para avaliar o desempenho, porém a equipe identificou os seguintes como principais:

- Percentagem de pessoal do CQ que trabalharam na manutenção;
- (Hrs. de participação CQ) / (Homens Hrs. de manutenção);
- (Manutenção Preventiva ou Manutenção Corretiva Induzida por Preventiva) / (Manutenção não Induzida por Preventiva);
- Experiência Pessoal;
- Dose Ocupacional em trabalhos repetitivos;
- Mesmo pessoal nos trabalhos com equipamentos de segurança ou não.

### 2.3 - A SUPERVISÃO E ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE USINAS PELAS TÜVs NA ALEMANHA

As TÜVs são agências de supervisão técnica estabelecidas pela indústria alemã, cujas atividades são reconhecidas e aprovadas pelas autoridades governamentais, das quais tem a delegação para supervisionar e fiscalizar instalações de caldeiraria, vasos de pressão, guindastes, etc ..., bem como instalações potencialmente perigosas como as nucleares.

A Lei Atômica Alemã confere às TÜVs a atribuição de Perito para o setor de energia nuclear, e portanto elas revem por meio de um órgão associado, o GRS (Companhia de Segurança de Reatores), tanto a Garantia da Qualidade quanto a Análise de Segurança de Instalações Nucleares.

O Sistema de Garantia de Qualidade aplicado pela TÜV se concentra em inspeções e testes "no componente", de modo independente ao sistema de Garantia da Qualidade do fornecedor ou fabricante.

Entre as diversas funções do inspetor da TÜV, a "Supervisão

sobre a Operação" engloba a inspeção sobre manutenção e testes periódicos.

Tais funções incluem os seguintes itens principais:

- Inspeção em Serviço
- Controle de Reparos
- Análise de Danos
- Qualificação dos Operadores
- Controle de Registros.

#### 2.4 - A SUPERVISÃO E ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO EM OUTROS PAÍSES

No Japão, a manutenção fica sob a autoridade regulatória do Ministério da Indústria e Comércio Internacional.

O programa prescrito de manutenção, incluindo desmontagem e inspeção de componentes individuais e práticas controladas pelo governo, tem sido considerado pelos japoneses como contribuidor importante para as baixas taxas de falhas e grandes tempos médios entre falhas.

Os guias da IAEA são também usados por vários países europeus (por ex., Finlândia e Suécia), dos quais prescrevem para a manutenção, muitos dos aspectos de organização e administração.

No Brasil os guias da IAEA são documentos bastante usados, e particularmente para a garantia de qualidade e manutenção, tem sido referências importantes na elaboração de normas e condutas.

#### 2.5 - PROGRAMAS DE ATIVIDADES DE PADRONIZAÇÃO EM ORGANIZAÇÕES INDEPENDENTES, NA INDÚSTRIA E NA NRC.

A NRC atualmente não tem programas específicos de padronização na área de manutenção, porém endossa diversos padrões usados na indústria, através de seus Guias Regulatórios.

Os organismos de padronização IEEE, ASME e ANS tem focado o assunto nos seus grupos de trabalho ou sub-comitês:

##### . IEEE

O Sub-comitê 3 do IEEE (Operação, Supervisão e Testes) esta

beleceu o grupo de trabalho "Boas Práticas de Manutenção (WG 3.3)", para produzir um guia de práticas de manutenção.

O grupo propôs a revisão da norma IEEE-338-1977 "Periodic Surveillance Testing of N. Power Generating Station Safety Systems".

. ASME

A NRC está trabalhando em um Guia Regulatório que endossa a norma ANSI/ASME NQA-2-193 "Quality Assurance Requirements for NPP". Esta norma contém requisitos para práticas específicas de trabalho.

. ANS

O grupo de trabalho 3.9 iniciou estudos em 1984 para elaboração de norma na área de manutenção com maior ênfase nos requisitos funcionais. Porém esta atividade foi adiada em função dos trabalhos que estão sendo desenvolvidos pelo INPO/NUMARC (Nuclear Utility Management and Human Resources Committee).

. INPO

O guia INPO 85-038/OUT-85<sup>(2)</sup> contém informações sobre organização, treinamento, instalações, procedimentos, planejamento, etc ..., enfatizando o objetivo de tais funções na manutenção. Este documento menciona uma série de referências do próprio INPO.

O INPO também publica eventos importantes, boas práticas e compila dados de confiabilidade de equipamentos.

. EPRI

Este centro de pesquisa tem desenvolvido guias na área de Engenharia Humana na Manutenção, abrangendo aspectos da interface homem/máquina e manutenção preventiva.

. IAEA

A IAEA publicou o guia "Maintenance of Nuclear Power Plants" (50-SG 07) - 1982, e mais recentemente o "Manual on the Maintenance of Systems and Components Important to Safety", Rev. 2, 1985.



Este manual prescreve os elementos essenciais para um Programa de Manutenção efetivo, tanto corretivo quanto preventivo.

2.6 - INDICADORES DE EFETIVIDADE DA MANUTENÇÃO E METODOLOGIAS PARA GERÊNCIA DE PROGRAMAS DE SUPERVISÃO E ESTABELECIMENTO DE METAS

Dentro dos programas e atividades em andamento e enfatizados pelo estudo da NRC (Fase 1) pode-se destacar:

2.6.1 - Erro Humano no Desempenho da Manutenção

Os estudos referentes a erro humano na manutenção enfocam, atualmente, mais a contribuição individual do que as relações complexas que afetam o desempenho humano na manutenção. Apesar do volume de trabalhos e propostas em estudos para esta área, algumas medidas objetivas podem diminuir sensivelmente os erros humanos.

No caso específico da manutenção, os Tipos de ações erradas podem se enquadrar em uma das seguintes categorias:

- . Omissões - erros nos quais é omitida uma operação essencial à realização com sucesso da tarefa.
- . Transposições: existem dois tipos:
  - ação correta executada no sistema errado
  - ação errada executada no sistema certo.
- . Ação inapropriada: ações não requeridas ou desnecessárias.

As principais causas de erros humanos são:

- 1 - Complexidade da Tarefa
- 2 - Projeto do local de Trabalho
- 3 - Organização de Trabalho deficiente
- 4 - Procedimentos:
  - . Conteúdo inapropriado
  - . formato inadequado
  - . violação

CNEN DR	AUTOR: EBF/ <i>[assinatura]</i> NCB/ <i>[assinatura]</i> NAS/ <i>[assinatura]</i>	DOCUMENTO: NT-DAS-01/88	PAGINA: 14 de 32
	ÓRGÃO GCI/GEE/GSA/DAS	NOTA TÉCNICA	
		PARTE:	REVISÃO: 0
			DATA: FEVEREIRO/88

5 - Fatores humanos

- . Treinamento
- . habilidade

As seguintes ações podem ser tomadas para reduzir os erros humanos nas atividades de teste e de manutenção:

- 1 - Automatização de Tarefas complexas.  
ex.: automatização de testes periódicos pela introdução de dispositivos automáticos de teste.
- 2 - Melhoria da interface homem-máquina através da aplicação de conceitos ergonômicos.
- 3 - Melhoria da identificação de salas e equipamentos.
- 4 - Melhoria da organização do Trabalho através de:
  - . melhoria da transmissão de informações entre turnos,
  - . melhoria da comunicação em geral,
  - . melhor coordenação entre manutenção e operação,
  - . inclusão dos fatores humanos no projeto das usinas.

2.6.2 - Indicadores da Efetividade de Manutenção

Dentro da NRC, a Divisão de Tecnologia de Fatores Humanos identificou cerca de 31 elementos de dados de desempenho, úteis em medidas de desempenho<sup>(6)</sup>, classificadas em cinco categorias:

1. Confiabilidade global Sistemas/componentes;
2. Confiabilidade global Sistemas de Segurança;
3. Demandas nos Sistemas de Segurança;
4. Exposição radiológica;
5. Quantidade de avaliações e acompanhamentos realizados pelo órgão regulador.

As proprietárias de usinas, atualmente, tem enviado dados operacionais para o INPO, que está compilando e classificando estes dados, dos quais pode-se extrair indicadores, como por exemplo, desligamento não previsto da usina.

As técnicas e metodologias baseadas na Avaliação Probabilística de Risco tem sido bastante úteis na análise de desempenho de Sistemas e determinação de estratégias.

Destacando-se:

- . Compilação de dados de confiabilidade de equipamentos/sistemas usados na análise de confiabilidade e desempenho<sup>(7)</sup>.
- . Estudos probabilísticos usados na avaliação da importância da função da manutenção preventiva, corretiva e de supervisão no desempenho operacional<sup>(8)</sup>.

### 2.6.3 - Dose Operacional

O controle de dose operacional é um dos itens principais nas atividades de manutenção de usinas nucleares, sendo este um dos indicadores usados para avaliar o desempenho no setor.

A manutenção de certos componentes, tais como Gerador de Vapor, tem sido um dos maiores contribuidores de dose operacional.

CAPÍTULO 3 : OS PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO E DE TESTES  
PERIÓDICOS EM ANGRA 13.1 - SITUAÇÃO ATUAL

O levantamento da situação atual da manutenção na usina de Angra 1 foi feito através de entrevista com inspetor do Grupo de Inspectores Residentes de Operação - GIRO, e auditoria<sup>(9)</sup> realizada na Divisão de Manutenção da Usina.

Essa auditoria foi conduzida pela Divisão de Fiscalização-DF e contou com a participação de três engenheiros da DAS que fizeram o levantamento da situação nas áreas de manutenção elétrica, mecânica e de instrumentação e controle.

Como resultado dessa auditoria foram verificadas as seguintes não-conformidades, que constam do Relatório de Fiscalização nº 17/87, a saber:

- 1 - Inexistência de um programa escrito, tanto para a manutenção preventiva como para a manutenção corretiva, que descreva as medidas necessárias para que as atividades de manutenção sejam desempenhadas de maneira sistemática e planejada.
- 2 - Tarefas de manutenção sendo executadas sem procedimento escrito.
- 3 - Inexistência de procedimentos contendo controles administrativos para a autorização de serviços envolvendo fontes de ignição e para o levantamento de locais onde serão realizados serviços de manutenção, com relação à integridade dos itens próximos.
- 4 - Diversos procedimentos não revistos ou atualizados após um período de dois anos, em desacordo com o item 6.4.1 do procedimento PA-GE 01. Além disso, o processamento das PA's se dá de forma excessivamente lenta.
- 5 - Inexistência de requisitos estabelecidos em procedimentos, para assegurar que um item substituído ou reparado tenha restabelecidas suas características originais.

6 - Inexistência de uma lista completa relacionando todos os itens da usina pelas respectivas classes de segurança.

7 - Inexistência de requisitos para identificação dos pontos críticos de inspeção (hold points) dos trabalhos de manutenção.

Essas não-conformidades geraram correspondentes exigências, conforme descritas no relatório referido acima.

Foi verificado porém, que existe um controle de atividades de manutenção preventiva, através de módulos computadorizados, que definem as tarefas a serem executadas em todos os equipamentos da usina. Esse controle baseia-se no procedimento PA-MN 03 "Programa de Manutenção Preventiva", vencido em OUT/81, que estabelece a identificação dos equipamentos, a programação de tarefas de manutenção e o armazenamento de registros de todos os trabalhos efetuados.

A inexistência do programa de manutenção foi verificada também pela Missão do OSART - Operational Safety Review Team, em 85. FURNAS apresentou na época um esboço de procedimento, o PA-GE-35 "Programa de Manutenção Preventiva". A Missão OSART verificou a deficiência na época e recomendou a implementação de um programa de manutenção, o que até o momento da auditoria (AGO.87) não ocorreu.

Constatou-se também nessa auditoria que até recentemente não havia Controle de Qualidade sobre as atividades de manutenção, somente Garantia de Qualidade. No momento a seção de Garantia de Qualidade conta com 12 técnicos, estando previsto um controle de qualidade efetivo no prazo de 2 anos, quando o grupo deverá contar com 25 técnicos.

### 3.2 - DESCRIÇÃO DOS MÓDULOS COMPUTADORIZADOS E DAS ATIVIDADES DECORRENTES

São três os módulos principais de controle das atividades de manutenção preventiva, controlados por listagens independentes de computador:

#### MÓDULO 1 - CADASTRO DOS EQUIPAMENTOS DA USINA (GNMAR04)

Este cadastro lista todos os equipamentos da Usina e apresen

ta as seguintes características:

1. Identificação do equipamento (código, grupo e sub-grupo)
2. Fabricante
3. Modelo
4. Código de Material
5. Nível de Garantia de Qualidade
6. Dados Técnicos Gerais
7. Número de Série, Sistema e Componente da Usina de que faz parte o número operacional.
8. Tarefas de Manutenção.

O cadastro de equipamentos é o 1º passo para a implantação de um Programa de Manutenção, uma vez que as informações nele contidas permitem a completa identificação dos equipamentos e conseqüentemente, a definição de suas necessidades de manutenção e respectivas periodicidades das tarefas.

Assim sendo, a listagem GNMAR04 "Programa de Manutenção" relaciona as tarefas de manutenção a serem executadas em cada equipamento da Usina, bem como suas periodicidades determinadas e/ou especificadas pelos fabricantes dos equipamentos da Usina ou baseadas em manuais técnicos e experiência em outras unidades semelhantes.

## MÓDULO 2 - PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

Uma vez definidas as tarefas de manutenção de um determinado equipamento e estabelecida a sua periodicidade, é feita a sua distribuição nas 48 semanas em que se divide o período anual de manutenção, sendo emitida pelo computador uma programação semanal de trabalho. Juntamente com a programação semanal são emitidas as Solicitações de Ordem de Trabalho - SOT's com a identificação prévia de equipamentos a serem usados.

A Divisão de Manutenção de posse da programação semanal e das SOT's faz manualmente a programação diária de atividade e emite as respectivas Licenças de Trabalho - LT's parcialmente preenchidas.

Diariamente realiza-se uma reunião chamada de Programação

Diária de Trabalho (PDT), em que são apresentadas as tarefas programadas para o dia seguinte, bem como as licenças de trabalho necessárias.

Participam da Reunião representantes da:

- Seção de Testes
- Seção de Proteção Radiológica
- Seção de Garantia/Controle de Qualidade
- Operação
- Seção de Manutenção Mecânica
- Seção de Manutenção Elétrica
- Seção de Manutenção I & C

Em geral um dos técnicos do GIRO participa dessa reunião durante a qual são estabelecidos todos os requisitos (precauções, Testes, Isolamento, etc.) para a realização das atividades, sendo o principal deles a liberação pela operação dos equipamentos/sistemas envolvidos. Os campos restantes das SOT's e LT's são preenchidos e a seguir enviados (SCT e LT) ao Supervisor de Turno que autoriza o início dos trabalhos.

A programação dos testes periódicos se faz de modo idêntico a de manutenção, ou seja, os requisitos e precauções são estabelecidos na Reunião de Programação Diária de Trabalho.

Podem ocorrer mudanças (pequenos adiamentos ou antecipações) nas datas dos testes de modo a coincidi-las com a execução de tarefas de manutenção do equipamento em questão.

Ex.: Teste de um Gerador Diesel coincidente com a troca de óleo dos mancais.

### MÓDULO 3 - HISTÓRICO DE MANUTENÇÃO

O histórico de manutenção é o programa desenvolvido para arquivar todos os registros dos trabalhos de manutenção executados nos equipamentos da Usina.

Cada equipamento da Usina possui uma pasta nos arquivos da Divisão de Manutenção, onde são guardados as SOT's e as anotações sobre as atividades de manutenção realizadas. Posteriormente essas in-

formações devem ser lançadas no computador. Assim, o Histórico de Manutenção fornece basicamente as seguintes informações:

1. Identificação do equipamento (código, grupo, sub-grupo, sistema e número operacional).
2. Todos os eventos de manutenção efetuados no equipamento, incluindo:
  - Data do Evento;
  - Tipo de Evento (Manutenção Preventiva, Corretiva, etc.);
  - Condições encontradas e deixadas no equipamento e descrição dos trabalhos e testes realizados.

O Histórico de Manutenção se constitui num mecanismo importante para o acompanhamento do desempenho operacional e previsão de possíveis indisponibilidades dos equipamentos da Usina.

Durante a auditoria realizada foi verificado que a atualização das listagens não acompanha o ritmo das manutenções. Foi verificado também que uma análise mais aprofundada dos resultados não vem sendo feita, nem estão sendo obtidas figuras de mérito baseadas nos registros de manutenção, o que possibilitaria uma análise do comportamento da manutenção e de suas tendências.

Essas evidências demonstram a necessidade de se estabelecer a atividade de verificação e validação dos aplicativos utilizados, de acordo com um programa de Garantia de Qualidade de Software, a ser implementado dentro do Programa de Garantia de Qualidade da Usina.

### 3.3 - ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO PELO FISCALIZAÇÃO DA CNEN

#### 3.3.1 - Situação Atual

A Divisão de Fiscalização da CNEN através do GIRO - Grupo de Inspectores Residentes de Operação, faz regularmente o acompanhamento de manutenção e testes periódicos em Angra 1. Esse acompanhamento é feito em atividades selecionadas de manutenção de componentes ou sistemas relacionados com a segurança, através de uma lista de verificação (Procedimento F.1).

São feitos também acompanhamentos de testes periódicos de



operabilidade (Procedimento A.6) e acompanhamento de Testes em Serviço de Bombas e Válvulas relacionadas com a segurança (Procedimento A.7), entre outros.

As atividades de manutenção e de testes devem ser realizadas segundo os procedimentos aprovados do MOU-Manual de Operação da Usina, que portanto são referências do Inspetor no acompanhamento dessas atividades.

Além disso o GIRO alimenta o PADOC-Programa de Análise e Avaliação de Dados Operacionais de Centrais Nucleares. Este programa foi desenvolvido para coletar, processar e armazenar a experiência operacional nacional e internacional.

Até o momento esse programa não se mostrou prático para o acompanhamento da operação de Angra 1 pela DAS, impossibilitando uma avaliação sobre a possibilidade de sua utilização no futuro.

A Divisão de Fiscalização também realiza auditorias e inspeções, em áreas de manutenção e testes periódicos, com a participação de Engenheiros e Técnicos da DAS.

### 3.3.2 - Participação da DAS

A partir de dados obtidos pela NRC, tais como:

- 75% das atuações do ESF em Usinas americanas no período 84/85 foram devidas à problemas de manutenção;
- As doses recebidas pelo pessoal de manutenção representaram 46% das exposições totais dos técnicos;
- A percentagem dos LER relacionados com a manutenção subiu de 21% em 1980 para 39% em 1984, atingindo em 85 o índice de 48%.

E a partir de dados colhidos na auditoria de manutenção, realizada em agosto de 87, e do histórico operacional de Angra 1, com uma série de ocorrências relacionadas à manutenção, tais como:

- a) danos nos Geradores Diesel-elétricos;
- b) danos em selos de bombas do SRCK;
- c) Problemas crônicos nos Inversores;
- d) danos no estator do Turbo-Gerador;

CNEN  
DR

AUTOR: EBF/ *[assinatura]*  
NCB/ *[assinatura]*  
NAS/ *[assinatura]*  
Órgão GCI/GEE/GSA/DAS

DOCUMENTO: NT-DAS-01/88

PAGINA:

22 de 32

NOTA TÉCNICA

PARTE:

REVISÃO:

DATA:

0

FEVEREIRO/88

entre inúmeras outras ocorrências do tipo, verificou-se ser necessário uma participação mais efetiva do pessoal de análise de segurança no acompanhamento da operação de Angra 1 e em particular no acompanhamento da manutenção e dos testes periódicos.

Para que esse objetivo seja atingido é necessário compatibilizar as atribuições da DAS e as atividades normalmente desenvolvidas pela Divisão de Fiscalização.

CNEN DR	AUTOR: EBF/ <i>[assinatura]</i> NCB/ <i>[assinatura]</i> NAS/ <i>[assinatura]</i>	DOCUMENTO: NT-DAS-01/88	PAGINA: 23 de 32
	ÓRGÃO: GCI/GEE/GSA/DAS	PARTE:	REVISÃO: 0 DATA: FEVEREIRO/88

#### CAPÍTULO 4 : ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO PELA DAS

##### 4.1 - OBJETIVOS:

O programa de manutenção é prescrito no FSAR como parte integrante do Programa de Garantia de Qualidade para Angra 1.

A manutenção deve garantir que os equipamentos e/ou sistemas operem, ao longo da sua vida útil, dentro das condições e requisitos de segurança estabelecidos no projeto. O planejamento e a gerência da manutenção deve ser tal que garanta os objetivos previstos com o mínimo de exposição à radiação <sup>(3)</sup>.

As informações sobre o Desempenho, Ajustes, Especificações Técnicas e Requisitos de Testes Periódicos (parte da manutenção preventiva) são apresentadas no FSAR e utilizadas na análise de segurança dos equipamentos e/ou sistemas relacionadas com a segurança, e, junto com o manual do fabricante, tem papel fundamental sobre as informações técnicas contidas nos procedimentos de manutenção do MOU.

A identificação da categoria de um equipamento e/ou sistema é fornecida por sua função e descrita primeiramente no FSAR. Sugere-se também as definições da AIEA para Sistemas de Segurança e Relacionados com a Segurança (ver Anexo I do 50-SG-D3), como informação a ser consultada.

Para equipamentos e/ou sistemas convencionais (não-segurança nuclear), à critério, deve-se considerar casos cuja falha possa ocasionar demanda excessiva nos sistemas de segurança, devido a falhas de manutenção.

A seguir são listados alguns dos objetivos do acompanhamento de atividades de manutenção pela DAS:

- Identificação de falhas sistemáticas em equipamentos/sistemas (erro de projeto/compatibilidade operacional);
- Adequação de procedimento às especificações do equipamento e às Especificações Técnicas;
- Acompanhamento de itens importantes e/ou prioritários, seja em função do equipamento em si, seja na certificação do desempenho previsto;

- Acompanhar a experiência internacional em usinas nucleares para verificar o impacto em Angra 1;
- Acompanhar a atualização de procedimento;
- Acompanhar testes não destrutivos, como parte da manutenção preditiva;
- Acompanhar e analisar o desempenho das atividades de manutenção sob o ponto de vista de proteção radiológica.

#### 4.2 - ACOMPANHAMENTO DA EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

##### 4.2.1 - Situação Atual

O acompanhamento da situação internacional é feito através da distribuição pela DAS aos Grupos Técnicos dos: IN, LER, IEB, News Releases, e outros documentos gerados pela experiência operacional americana. Esse material ao ser recebido é analisado e um parecer é emitido quanto à sua aplicação e ações requeridas. Entretanto não estão disponíveis documentos técnicos equivalentes sobre a experiência operacional de outros países.

##### 4.2.2 - Uso de Bancos de Dados no Acompanhamento da Experiência Internacional

Informações sobre o acompanhamento da experiência internacional estão disponíveis em bancos de dados do tipo do NPE-Nuclear Power Experience. Está disponível na biblioteca da CNEN toda a documentação referente ao NPE. O sistema é organizado num banco de dados sendo que a consulta é feita por meio de palavras chaves com acesso desde sistemas até sub-componentes; abrange todas as usinas do mundo, inclusive Angra 1, 2 e 3, que ainda não iniciaram o processo de envio de informações sobre os eventos ocorridos.

Os dados são obtidos dos registros operacionais das usinas e compilações de registros de órgãos reguladores, como por exemplo o LER.

Segundo informações colhidas na biblioteca e no CIN a utilização desse banco de dados é perfeitamente factível com os conhecimentos e recursos disponíveis, porém o seu custo é 3 ou 4 vezes maior do que a utilização do sistema atual de consulta a relatórios escritos,

mensalmente recebidos pela biblioteca.

Como esse banco de dados é possivelmente do interesse de todos os órgãos que atuam na área, não só reguladores como também construtores e operadores, seria interessante uma possível utilização conjunta como forma de minimizar os custos.

#### 4.3 - SISTEMATIZAÇÃO DO ACOMPANHAMENTO DA MANUTENÇÃO E DOS TESTES PERIÓDICOS

##### 4.3.1 - CrITÉrios Gerais para Seleção de Sistemas e Componentes

Os critérios para definir um programa de manutenção são baseados na classe de segurança e nos requisitos estabelecidos no projeto dos sistemas e componentes.

A escolha de um sistema para o acompanhamento da manutenção deve, primeiramente, considerar a sua classe de segurança na ordem que segue:

- 1 - Sistemas de Segurança;
- 2 - Sistemas Relacionados com a Segurança;
- 3 - Sistemas não Relacionados com a Segurança.

Cada equipamento pode ser classificado em categorias, segundo o ciclo de operação, tipo de disponibilidade (contínua ou em "Standby"), requisitos de confiabilidade, etc ...

Estas categorias são as seguintes:

Categoria A : Equipamento cuja falha põe em risco a segurança da usina;

Categoria B : Equipamento cuja falha causa o desligamento completo da usina;

Categoria C : Equipamento cuja falha causa uma redução parcial de potência e carga;

Categoria D : Equipamento cuja falha não afeta o desempenho da usina, porém a disponibilidade em "Standby" é reduzida ou anulada;

Categoria E : Equipamento cuja falha não afeta a operação da usina.

Durante a fase de operação, além dos critérios acima, é necessário acompanhar e analisar os históricos de operação da usina, com respeito à manutenção, e as informações disponíveis sobre a experiência internacional (item 4.2).

Após a escolha, pelos grupos técnicos, dos equipamentos e sistemas que deverão ter acompanhadas as atividades de manutenção e de teste, cada grupo deverá fazer a sua própria programação anual de acompanhamento.

Esse planejamento deverá ser feito a partir dos cronogramas e da programação de trabalho de FURNAS, a serem obtidas através do GIRO, incluindo-se também informações como lista de atividades de manutenção previstas bem como suas periodicidades.

#### 4.3.2 - Informações Preliminares

Uma vez escolhido um equipamento ou sistema, deverá ser feita uma pesquisa em fontes de informação como:

- . Licensee Event Report - LER
- . News Releases
- . Nuclear Power Experience
- . Boletins da NRC

Isso permitirá que a experiência internacional seja aproveitada em busca de relatos de atividades de manutenção e testes em equipamentos similares.

Os RIOS - Relatórios de Incidentes Operacionais e OROs - Relatórios de Ocorrências de Relato Obrigatório, poderão fornecer informações relevantes.

O MOU - Manual de Operação da Usina deverá ser consultado a seguir, fornecendo o procedimento de manutenção ou de teste periódico do equipamento.

O procedimento de Manutenção ou de teste periódico deverá ser analisado pelo técnico encarregado do acompanhamento. Essa análise de

verã ser feita tendo em consideração o que determina o FSAR de Angra 1, no que se refere a função do equipamento, condições de operação, ponto de atuação, requisitos de testes periódicos e principalmente o que re comenda o manual e/ou especificações técnicas do fabricante do equipa-mento, no que se refere a manutenção e testes. Deverão ser consultados também códigos como o ASME, ANSI, IEEE, etc ...,

Com as principais informações para uma análise preliminar reu nidas, pode-se passar à etapa do acompanhamento propriamente dito.

#### 4.3.3 - Acompanhamento de Manutenção e Testes Periódicos

##### 4.3.3.1 - Acompanhamento por Verificação de Relatórios da Divisão de Fiscalização

Através de consulta a esses relatórios, poderão ser obtidas informações sobre os equipamentos ou sistemas que tiveram manutenções ou testes fiscalizados rotineiramente pelo GIRO.

Cada grupo poderá fazer seu próprio dossiê sobre cada sistema ou componente julgado crítico em termos de segurança, o que facilitará consultas posteriores.

##### 4.3.3.2 - Acompanhamento por Verificação dos Registros de Manutenção da Usina

Como principal fonte de informações sobre o estado operacio nal de um equipamento, os registros de manutenção devem ser cuidadosa mente analisados, pois a partir dos dados nele colhidos é que se con cluirá sobre a necessidade ou não de inspecionar o equipamento ou teste munhar a execução de uma manutenção ou teste periódico.

Nesses registros é possível identificar todas as falhas ocor ridas, assim como todas as modificações sofridas pelo equipamento, o que nos permite avaliar as suas condições atuais. Para cada equipamen-to existe uma pasta contendo todos os registros de manutenção e testes efetuados, arquivados na Divisão de Manutenção da Usina.

Além desses registros existem os relatórios de inspeção da Se ção de Garantia/Controle de Qualidade através dos quais é possível ava liar o cumprimento dos requisitos que envolvem as tarefas de manutenção ou de testes.

#### 4.3.3.3 - Acompanhamento da Execução da Atividade de Manutenção e de Teste

Uma vez decidido o acompanhamento da atividade de manutenção ou de teste, deve ser iniciado o seu planejamento.

Em primeiro lugar deve-se analisar o procedimento e obter todas as informações preliminares.

Caso seja necessário, contactar a Divisão de Fiscalização (GIRO) para uma possível atuação conjunta e/ou obtenção de informações adicionais.

Deve-se também elaborar uma lista de verificação, com pontos de inspeção escolhidos a partir dos itens do procedimento, de acordo com o modelo do Anexo A do Manual do Inspetor da CNEN<sup>(16)</sup>.

Uma vez realizado o acompanhamento, a etapa seguinte é fazer o relatório, onde deverão constar tanto as observações obtidas durante a realização da manutenção e/ou teste, quanto as informações relevantes obtidas nos registros da Seção de Manutenção e Seção de Garantia/Controle de Qualidade.

Deve-se atentar para o fato de que, uma correta análise do desempenho operacional de um equipamento ou sistema inspecionado depende da clareza e precisão na descrição das informações obtidas.

Modelos de Relatórios de acompanhamento de atividades de manutenção em alguns equipamentos encontram-se nos Apêndices A e B.

Todas as não-conformidades deverão ser bem caracterizadas de modo a dar origem à exigências de ações corretivas.



CONCLUSÃO

Os estudos realizados indicam que a manutenção contínua a ter uma contribuição significativa nos problemas de confiabilidade da indústria nuclear.

O cumprimento de um Programa de Manutenção é fundamental para a realização correta e eficiente das tarefas de manutenção e testes, assegurando que os índices de confiabilidade operacionais mantenham-se os mesmos durante a vida útil da usina.

Em Angra 1 o histórico operacional apresenta diversos casos onde os problemas de manutenção foram responsáveis pelo desligamento da usina e por baixos índices de confiabilidade.




Conforme o Relatório de Auditoria nº 17/87, até então não havia um Programa de Manutenção formal, existindo em seu lugar um conjunto de procedimentos administrativos, alguns inadequados e/ou desatualizados.

Apesar de ser usado em Angra 1 um sistema computadorizado de controle de atividades da manutenção, é necessário, além de melhorias no sistema atual, a efetivação de um processo de acompanhamento e avaliação baseado em:

- Indicadores e Figuras de Méritos Gerais, elaborados a partir de informações da indústria e de usinas nucleares, compatíveis com a tecnologia e o projeto de Angra 1;
- Processamento dos dados de históricos da manutenção, gerando informações de desempenho e tendências, de modo a:
  - a) auxiliar a Gerência e o Controle de Qualidade na detecção e esclarecimento das falhas;
  - b) padronizar e facilitar o envio de informações à CNEN e a divulgação para a literatura.
- Relatórios da experiência internacional, através das publicações e dos bancos de dados, verificando o impacto nos componentes da Usina.

Portanto, conforme constatado neste trabalho, faz-se necessário um acompanhamento que verifique as atividades de manutenção e de

CNEN  
DR

AUTOR: EBF/   
NCB/   
NAS/   
ÓRGÃO GCI/GEE/GSA/DAS

DOCUMENTO: NT-DAS-01/88

PAGINA:

30 de 32

NOTA TÉCNICA

PARTE:

REVISÃO:

DATA:

0

FEVEREIRO/88

testes periódicos, no âmbito da segurança e da confiabilidade, quanto ao cumprimento dos Programas de Manutenção e de Testes Periódicos, a adequação dos procedimentos e a análise dos relatórios e dos históricos de operação.

Esse acompanhamento poderá ser feito nos moldes propostos no presente trabalho, porém deverão ser ampliadas as informações regularmente disponíveis sobre manutenções e testes, com um maior detalhamento, para que o acompanhamento possa ser realmente efetivo.

Em princípio, os grupos técnicos deverão especificar o tipo de informação necessária para o acompanhamento, bem como escolher, baseados nos critérios de escolha delineados no presente trabalho, os equipamentos e sistemas para acompanhamento de manutenção ou de teste.

REFERÊNCIAS

1. NUREG 1212 Vol. I e II "Status of Maintenance in the US Nuclear Power Industry - 1985"
2. INDO Report 85-038 "Guidelines for the conduct of Maintenance at Nuclear Power Stations"
3. Manual on Maintenance of System and Component Important to Safety-TRS - IAEA - 1986
4. Safety Guide 50-SG-07 "Maintenance of Nuclear Power Plants" (1984)
5. Final Safety Analysis Report - Angra NPP - 1
6. NUREG/CR-4611 "Trends and Patterns in Maintenance Performance in the US Nuclear Power Industry 1980-85 (June 1986)
7. NUREG/CR-2641 "The In-Plant Reliability Data Base for Nuclear Power Plant Components: Data Collection and Methodology
8. NUREG/CR-4377 "Evaluation and Utilization of Risk Importances" - 1985
9. Relatório de Auditoria Nº 17/87 GGQ
10. INPO Report 85-026 "Writing Guidelines for Maintenance Test and Calibration Procedures"
11. NUREG 1192 "An Investigation of the Contributors to Wrong Train or Wrong Unit Events" - 1986
12. ISA TRANSACTIONS - Vol 24 Nº 2 "The Role of Maintenance in Designing a Plant Programmable Control System"
13. Manutenção Elétrica Industrial - 1.1 Horta Santos - NTT - 1987
14. OSART Report - Angra 1 - 1985

**CNEN  
DR**

AUTOR: EBF/ *JM*  
NCB/ *Am*  
NAS/ *Am*

Órgão GCI/GEE/GSA/DAS

DOCUMENTO: NT-DAS-01/88

PÁGINA:

32 de 32

NOTA TÉCNICA

PARTE:

REVISÃO:

DATA:

0

FEVEREIRO/88

15. Auditoria Conjunta Sobre Manutenção Geral - CI GIRO 20/84
16. Manual do Inspetor, Revisão 1, DR, Set-1986
17. Safety Guide 50-SG-02 "In Service Inspection for Nuclear Power Plant".
18. Human Factors/Appl. in NPP Operation in France - Martine Griffon-Fouco - Eletricite de France - IAEA Training Course on Safety and Reliability in Nuclear Power Plant Operation - 16 Mar-24 Apr-1987- Argonne National Laboratory.

CNEN  
DR

AUTOR: EBF/ *[Signature]*  
NCB/ *[Signature]*  
NAS/ *[Signature]*  
Órgão GCI/GEE/GSA/DAS

DOCUMENTO: NT-DAS-01/88

PAGINA:

A / 1

NOTA TÉCNICA

PORTE:

REVISÃO:

DATA:

0

FEVEREIRO/88

A P Ê N D I C E    A

ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE ANGRA 1

-

MANUTENÇÃO DO INVERSOR II

**CNEN  
DR**

**DOCUMENTO:**

**RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO  
DE MANUTENÇÃO E TESTE  
GEE Nº /87**

**DATA:**

**OUTUBRO/87**

**REVISÃO:**

**0**

**TÍTULO:**

**ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE ANGRA I - MANUTENÇÃO DO INVERSOR II**

**AUTOR(ES):**

**NATANAEL DE CARVALHO BRUNO**

**ÓRGÃO:**

**GRUPO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**RAMAL: 427**

**APROVADO POR:**

## 1. INTRODUÇÃO

Como parte do programa de acompanhamento da operação da Unidade I da CNAAA foi realizado um levantamento de informações relevantes quanto a falhas em inversores, relacionadas à manutenção e, verificados os registros de manutenção do inversor estático Nº 2 (INV-II).

## 2. INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Os inversores têm a função de garantir suprimento ininterrupto de energia para sistemas de controle e de instrumentação "Safety and non-Safety Related". Geralmente a perda desta função resulta em alguma condição indesejável de sistemas tais como o de proteção do reator e dispositivos técnicos de segurança, além da perda de indicação de parâmetros de segurança, perda de água de alimentação e controle de nível dos geradores de vapor.

Os inversores são projetados para manter 120 VAC  $\pm$  2%, 60 Hz  $\pm$  0,5% e podem ser alimentados tanto por 480 V (preferencial, via MCC) ou por 125 VDC (barramentos 1D1 e 1D2). (FSAR 8.3.1)

### 2.1. Manual do Fabricante

Embora o fabricante não especifique claramente tipo e frequência de manutenção, é possível obter através do manual do equipamento informações relevantes quanto a sua conservação.

Algumas destas informações são listadas abaixo:

- Capacitores a óleo devem ser substituídos a cada 3 ou 4 anos
- Capacitores eletrolíticos devem ser trocados a cada 5 ou 6 anos
- Fusíveis de ação rápida não devem ser substituídos por quaisquer outros tipos sem que estes tenham sido considerado pela Westinghouse como equivalente aos originais.
- Há certas limitações quanto a temperatura ambiente na qual o equipamento operará. Esta temperatura é determinada pelo comportamento dos componentes internos (semicon

dutores) do inversor.

- Sempre que o equipamento for retirado de serviço as conexões elétricas deverão ser ajustadas.
- O equipamento não deve ser submetido a altas tensões DC (Ex.: 140 Volts) por período maior que 72 horas.

## 2.2. Procedimento

De posse dessas informações consultou-se o M.O.U. para identificar se no procedimento de manutenção constam as observações do fabricante ou se há alguma referência do manual do fabricante.

A consulta levou à constatação de que não existe um procedimento para manutenção dos inversores.

Indagada sobre as razões da inexistência de procedimento de manutenção de um equipamento de segurança Furnas declarou que "devido às falhas constantes nos inversores, não foi possível até agora, escrever um procedimento".

## 2.3. Programa de Manutenção

A carta LQ.N.E.105.86 apresenta o "Programa de Manutenção dos Inversores Estáticos de ANGRA I". De acordo com a carta são previstos os seguintes serviços e periodicidades:

### a. Mensalmente

- Inspeção Geral do Gabinete e Transformador
- Medição dos Valores de Tensão AC e DC e de Frequência
- Medição de Temperatura interna e externa do Transformador

### b. A cada Recarregamento

- Inspeção geral
- Aferição dos instrumentos de medição

### c. A cada 5 anos

- Teste de injeção de corrente nos disjuntores
- Substituição de capacitores eletrolíticos 1C, 2C, 3C, 4C



A carta apresenta ainda uma folha de acompanhamento onde são registrados:

- Tensão AC de entrada
- Tensão AC regulada de saída, com ajuste se necessário
- Tensão no barramento DC
- Corrente de saída
- Frequência
- Temperatura externa do gabinete
- Temperatura externa do transformador

O GEE solicitou ao GIRO que verificasse a relação de tarefas de manutenção de inversores a fim de certificar-se de que o programa apresentado na carta 105-86 tem sido realmente seguido. Da relação de tarefas programadas constam:

- Tarefa 50, inspeção visual interna/externa - mensal
- Tarefa 66, teste funcional - mensal, usina em B
- Tarefa 70, revisão geral - frequência  $\emptyset$ , usina em condição W.

#### 2.4. Literatura de Apoio

- a. Nuclear experience - consulta ao NPE - Revelou 50 casos de falhas em inversores. Desses 50 casos 9 são relacionados a envelhecimento acelerado de componentes (principalmente capacitores) devido ao excessivo calor gerado no interior dos gabinetes.
- b. RIO's e ORO's

Com base em análise dos RIO's relativos aos eventos de 02 e 08MAR85 o GIRO envia CI ao chefe da missão Angra I alertando para a "grave ameaça à capacidade de remoção de calor do núcleo do reator de Angra I", devido à falha do inversor BOP I.

Um levantamento revelou 12 RIO's relacionados à falhas de inversores sendo 2 deles (18/84 e 24/84) específicos do inversor II.

## c. LER's

De uma rápida pesquisa aos LER's foram extraídos os seguintes dados:

- COOK 2, falha de inversor devido à queima de componentes no interior de gabinetes. Causa: alta temperatura.
- Mc Guire 2, falha de inversor devido à queima de componentes. Causa: curto circuito.
- Davis Besse 1, canal 1 do S.F.A.S. foi desenergizado para manutenção. Um erro cometido ao acionar uma chave no INV-3 causou desenergização. Com ambos os canais 1 e 3 desenergizados, ocorreu atuação do SFAS.

## d. ICE, IN, IEC.

Foram identificados 2 "information notices" relativos a inversores, um (84-84) sobre conexão de terminais de capacitores que, após análise constatou-se não ser aplicável a Angra I e outro intitulado "operational experience involving losses of electrical inverters", que será revisto e analisado dentro do programa de acompanhamento da experiência internacional de Usinas.

## 2.5. Registros de Manutenção

Durante auditoria realizada pelo GGQ e que contou com participação de 3 elementos da DAS verificou-se os registros de manutenção dos inversores I a IV BOP-1 e BOP-2. As seguintes informações foram colhidas com relação ao INV-II:

- SOT's 0763/87 e 0020/87 não foram executadas por falta de mão de obra.
- SOT 0037/86 há indicação de que a tarefa detetou "Pequena anormalidade", não sendo possível descobrir o que na realidade ocorreu.

Há ainda registro de substituição de capacitores, transistores e díodos sem que fossem identificados documentos de comprovação da qualificação destes componentes.

### 3. ANÁLISE

Conforme pode ser observado nos vários documentos consultados as falhas em inversores tem, em quase 20% dos casos, como causa o envelhecimento acelerado de componentes devido ao aquecimento no interior dos gabinetes.

Entretanto esta constatação não foi, aparentemente, considerada por Furnas, pois são bastantes conhecidos os problemas causados em Angra I por falha de inversores.

Também pode ser notado que embora seja um equipamento importante para a segurança da usina, os inversores de Angra I não tiveram um tratamento adequado tanto na fase de aquisição quanto na fase de operação/manutenção.

A ausência de um procedimento escrito para manutenção dos inversores caracteriza a negligência com que o assunto foi tratado e fere a norma CNEN.NE.1.16 item 4.2.3.1 "Atividades que influem na Qualidade". (Ver item 4.1)

A execução de modificações em equipamento de segurança (substituição de componentes) sem controle do Q.A. contraria a norma CNEN.NE.1.16.

### 4. AÇÕES REQUERIDAS

A fim de minimizar o número de falhas dos inversores, garantir o registro de informações relevantes sobre o equipamento e assegurar um desempenho satisfatório dos inversores, as seguintes ações devem ser tomadas:

1. Apresentar um procedimento escrito de manutenção de inversores, que considere, entre outros documentos, as recomendações do fabricante, especialmente quanto à temperatura interna dos gabinetes e que contenha instruções para registro/observações de manutenção.
2. Realizar estudo, baseado em técnicas de envelhecimento por temperatura, a fim de estimar o grau de degradação atingido pelos componentes internos do inversor, de forma a estabelecer um cronograma de substituição destes componentes.

CNEN  
DR

AUTOR: NCB/ *[assinatura]*  
ÓRGÃO GEE/DAS/DR

DOCUMENTO:  
RELATÓRIO Nº X/87

PÁGINA:  
6 de 6

PARTE:

REVISÃO:

DATA:

0

OUTUBRO/87

3. Fornecer relatório sobre as modificações e substituições de componentes internos, comprovando a adequação dos mes mos para uso no equipamento.

CNEN  
DR

AUTOR: EBF/ *[assinatura]*  
NCB/ *[assinatura]*  
NAS/ *[assinatura]*  
Órgão GCI/GEE/GSA/DAS

DOCUMENTO: NT-DAS-01/88

NOTA TÉCNICA

PÁGINA: B / 1

PARTE:

REVISÃO:

DATA:

0

FEVEREIRO/88

A P Ê N D I C E B

ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE ANGRA 1

TESTE PERIÓDICO NAS VÁLVULAS DE SEGURANÇA DO PRESSURIZADOR

**CNEN  
DR**

**DOCUMENTO:**

**RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO  
DE MANUTENÇÃO E TESTE  
GSA Nº /87**

**DATA:**

**OUTUBRO/87**

**REVISÃO:**

**0**

**TÍTULO:**

**ACOMPANHAMENTO DA OPERAÇÃO DE ANGRA I - TESTE PERIÓDICO NAS  
VÁLVULAS DE SEGURANÇA DO PRESSURIZADOR**

**AUTOR (ES):**

**NEY ARMANDO SALAVERRY**

**Nota : Esse Relatório de Atividade (um caso exemplo) é uma compilação da Nota  
Técnica nº 02/87 de Josélio Silveira Monteiro Filho do GSM.**

**ÓRGÃO:**

**GRUPO DE SISTEMAS AUXILIARES**

**RAMAL : 429**

**APROVADO POR :**

CNEN DR	AUTOR: NAS/ <i>Stj</i>	DOCUMENTO: RELATÓRIO DE ACOMP. DE MANUTENÇÃO E TESTE	PAGINA: 1 de 7
	ÓRGÃO GSA	PARTE:	REVISÃO: 0
		DATA: OUTUBRO/87	

## 1. INTRODUÇÃO

Como parte do Programa de Acompanhamento de Testes Periódicos de Componentes de Segurança da Unidade I da CNAEA foi realizado o levantamento das informações sobre o teste de verificação e ajuste das pressões da abertura das válvulas de segurança do pressurizador de Angra I, válvulas 8010A e 8010B, realizado na parada para recarregamento P2.

## 2. INFORMAÇÕES PRELIMINARES

O teste de verificação e ajuste da pressão de abertura das válvulas de segurança do pressurizador faz parte do "Programa de Testes em Serviço da Central" ("Inservice Tests"), sendo as condições e critérios de teste estabelecidos pelas Especificações Técnicas da Central (FSAR - Cap. 16) e pelo MOU - Manual de Operação da Usina, em sua parte relativa aos Procedimentos de Inspeção e Testes Periódicos.

A pressão de abertura das válvulas de segurança do pressurizador,  $2485 \pm 24$  psig, é uma condição limite de operação. É estabelecida de modo a, em conjunto com o sinal de trip do reator por alta pressão, 2380 psig, impedir que o limite de segurança da pressão de projeto do sistema de refrigeração do reator, 2735 psig (110% da pressão de projeto do sistema), seja atingido.

### 2.1 - Manual do Fabricante

O Manual Installation, Operating and Maintenance Nº I-1105-2 de Crosby Valve and Gage Company fornece as características das válvulas:

Classe : Classe Nuclear 1 (ASME)  
 Categoria: Ativas, Categoria C (ASME, 1980, Seção XI)  
 Modelo : HB-BP 86  
 Tipo : "Enclosed pop-type"  
 Desenho : DS-C-56964

## 2.2. FSAR

O FSAR no Capítulo 16, Especificações Técnicas, fornece os requisitos de teste (Surveillance Requirements):

### a) Pressão de Abertura (item 16.3.1)

- 2485 psig (174,7 Kg/cm<sup>2</sup>), com margem de erro permissível de 1%, 24 psig (1,7 Kg/cm<sup>2</sup>)

### b) Intervalo entre Testes

- 18 meses

Obs.: Este intervalo poderá ser ajustado em 25% para coincidir com a programação normal de testes da Unidade (item 16.4.1.3).

## 2.3. Código ASME

A subseção IWV-3500, "Inservice Tests Category C Valves", para aplicação em válvulas de segurança de alívio, determina a frequência, o procedimento de teste, os testes adicionais (em caso de falha da válvula no teste) e as ações corretivas cabíveis.

## 2.4. Manual de Operação da Usina (MOU)

No MOU existem três procedimentos para testes em válvulas de segurança a saber:

### 2.4.1. Procedimento-PI-M 021 Inspeção em Serviço - Válvulas de Segurança e Alívio

Este é um procedimento geral que tem como objetivo detalhar o Programa de Inspeção em Serviço (Surveillance) das Válvulas de Alívio e Segurança dos diversos Sistemas da Central, estabelecendo o período do teste, o critério de aceitação, a frequência de teste e a relação das válvulas a serem testadas.

Cita, no anexo I, para o caso das válvulas de segurança, que os testes deverão ser realizados de acordo com os critérios do ANSI/



/ASME PTC 25.3 - 1976, "Safety and Relief Valves, Power Test Code (ASME Seção XI Subseção IWV, Capítulo II, com frequência de testes a cada 60 meses).

Cita no anexo II que as válvulas de segurança do pressurizador, 8010A/B, deverão ser testadas usando o procedimento específico PI-M 04 e frequência de testes de 18 meses.

#### 2.4.2. Procedimento PI-M 04 - Teste de Verificação do Ajuste das Válvulas de Segurança do Pressurizador

##### 2.4.2.1. Descrição

É um procedimento de aplicação restrita às válvulas de segurança do pressurizador, 8010A e 8010B, que consta dos seguintes itens:

##### 1. Condições Limites para Operação:

Cita que as válvulas devem ser ajustadas para uma pressão de abertura de  $2485 \pm 24$  psig e a margem de purga ("blowdown") deve estar entre 4 e 10% conforme o Manual do Fabricante.

Obs.:

Margem de Purga =  $\frac{(\text{Pressão Abertura} - \text{Pressão Fechamento})}{\text{Pressão Abertura}}$

##### 2. Métodos de Teste

Este item mostra os 2 métodos utilizados para teste, sendo um deles em bancada e o outro com válvulas instalada no SRR. Mostra os métodos de ajuste dos "Set Points" e especifica que só uma válvula será testada a cada parada para recarregamento.

##### 3. Critérios de Aceitação

Especifica que as válvulas serão consideradas aprovadas se as pressões de abertura estiverem em  $2485 \pm 24$  psig e o limite de fluxo de purga entre 4 e 10%.

#### 4. Referências

Cita o Capítulo 16 do FSAR (página 16.4.31 e 16.3.1) e o Manual do Fabricante das Válvulas (Installation, Operating and Maintenance Instruction No.I - 1137.

##### 2.4.2.2. Análise do Procedimento

Uma análise realizada revelou diversos erros neste procedimento entre os quais os mais importantes são:

- a) Citação de croquis inexistentes;
- b) Cita vista da válvula errada;
- c) Cita desenhos inexistentes no procedimento;
- d) Cita itens inexistentes no procedimento e no FSAR;
- e) Cita o número do Manual do Fabricante como sendo I - 1137 e na realidade é I - 1105-2.

Além desses erros o procedimento não enfatiza o procedimento de obtenção do fluxo de purga das válvulas que é parte dos Critérios de Aceitação.

##### 2.4.3. Procedimento PM-M 012 - Inspeção, Manutenção e Ajuste de Válvulas de Segurança do Primário

É um procedimento de manutenção no qual são explicados todos os processos de desmontagem e montagem das válvulas, inspeção dos internos, teste hidrostático e teste de ajuste do ponto de abertura.

Apesar do Título se referir às válvulas de segurança do primário, geralmente compreendidas como sendo as válvulas de segurança do pressurizador, sua aplicação deve excluir o teste do ponto de abertura das válvulas do pressurizador para o qual existe um procedimento específico, o PI-M 04.

### 3. REGISTROS DE TESTES

#### 3.1. Na Realização dos Testes da Válvula 8010A

No primeiro teste realizado (Fev. 1981) a válvula abriu à pressão de 2840 psig, isto é 130 psi acima do máximo determinado pelas Especificações Técnicas (2485 psig  $\pm$  1%). Segundo o Relatório de Fiscalização CNEN Nº 6/81 a válvula foi ajustada em 2495 psig para a pressão de abertura. Na parada para recarga P2 (em 07/05/87) foi realizado novo teste de ajuste de "Set point" nessa válvula. Ou seja, 4 anos de operação intermitente com o SRR pressurizado, em que a atuação das válvulas de segurança do pressurizador poderia efetivamente ter ocorrido, sem que qualquer verificação da pressão de abertura fosse realizada. Foi encontrada nesse teste a pressão de 2375 psig, 85 psi abaixo do "Set Point" mínimo requerido pelas Especificações Técnicas. Verificou-se também que o Procedimento de Teste PI-M 04 não foi cumprido na sua metodologia e que várias anormalidades detectadas não foram registradas nas folhas de dados. Foram encontrados resíduos de boro no bocal da válvula devido ao mau fechamento de válvulas do tanque de drenos do SRR.

#### 3.1. Na Realização dos Testes da Válvula 8010B

O único registro de testes anteriores da válvula 8010B é um teste efetuado em 27/09/79. Não foi encontrado nos arquivos de FURNAS nenhum dado quanto às condições e os resultados do teste. A pressão de abertura encontrada foi de 2210 psig, o que é 250 psig inferior à pressão mínima exigida pelas Especificações Técnicas e 25 psi abaixo da pressão de operação do SRR.

O teste de ajuste mais recente foi efetuado em 06/05/86.

### 4. LITERATURA DE APOIO - EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL

Considerando as anormalidades constatadas nos testes das válvulas de segurança do pressurizador, verificou-se que problemas similares tem ocorrido em centrais americanas.

4.1. I.E. Information Notice Nº 86-92

"Pressurizer e Safety Valve Reliability"  
(Anexo 8)

- Reactor Power Experience, Vol. 2, itens 10, 38, 58, 61  
(Anexo 9).

Diversos problemas são reportados a saber:

- Intervalo entre testes - 18 meses  
(ST Lucie 2, I.N. a 8)
- Erro da equipe de manutenção ao realizar o teste  
(Mc Guire 1, I.N. a 8)
- Manuseio, tempos e método de teste alterando o "Set Point"  
encontrado (Yankee Rour, RPE Anexo 9)
- Erro na realização do teste (Surry 1, Rour, RPE Anexo 9)

4.2. LER (Licensee Event Reporet)

Foram reportados uma série de problemas de 01/01/83 até o presente:

Válvula Inoperável .....	01
Válvula Vazando .....	12
Válvula c/desvio de Set Point .....	02
Válvula c/desvio de Set Point alto .....	11
Válvula c/desvio de Set Point baixo .....	05
Válvula c/ajuste pressão alta .....	01

5. ANÁLISE E CONCLUSÃO

As Especificações Técnicas foram violadas devido a Usina ter operado aproximadamente 4 anos até a Parada P2 sem que a frequência de testes das válvulas de segurança do pressurizador (18 meses ± 25%) fosse obedecida.

O procedimento de teste PI-M 04 não está sendo seguido seja no não cumprimento dos métodos de teste estabelecidos, seja na verifi

cação dos valores lançados nas folhas de dados do teste.

## 6. AÇÕES REQUERIDAS

- 6.1. Correção e Revisão dos Procedimentos PI-M 04 e PM-M 012.
- 6.2. Deverão ser retestadas as válvulas 8010A/B conforme o PI-M 04 (revisto) a fim de que seja verificada a reprodutibilidade (ASME Seção I, Página 73.4.4) dos resultados obtidos no último teste realizado na Parada P2.
- 6.3. Que a partir desse novo teste a se realizar seja considerada a frequência requerida pelas Especificações Técnicas (18 meses  $\pm$  25%), quando da realização de um próximo teste.