

ALBL. DETR
FD

Nº 042/81
REVISÃO 1

NUCLEBRÁS

Empresas Nucleares Brasileiras SA

Doc. DETR.PD 042/81
Revisão 1

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES

PROGRAMA DE APOIO EXPERIMENTAL AO COMISSIONAMENTO E
ACOMPANHAMENTO DE OPERAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES
SÍNTESE

DETR.PD 414 / 26.06.81

BELO HORIZONTE
22 DEZEMBRO 1981

PROGRAMA DE APOIO EXPERIMENTAL AO COMISSIONAMENTO E ACOMPANHAMENTO DE OPERAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES

1. INTRODUÇÃO

Neste programa, propõe-se a formação de uma equipe e a implementação das capacidades de trabalho experimental do CDTN, visando o apoio à NUCLEN e à NUCON, em áreas que dependam de laboratórios de suporte e técnicas especiais de medida.

Como consequência de estudos iniciados em 1975, as atividades ligadas à participação em comissionamento de centrais tiveram início efetivo no CDTN em 1977, com a missão de dois técnicos que participaram de testes de comissionamento e medidas de fim de ciclo em centrais KWU na Alemanha (Biblis-B e Unterweser) e Suíça (Goesgen), além de realizarem treinamento prévio em operação na central de Stade e estagiarem em diversos setores da KWU e Siemens, em Erlangen, relacionados com o comissionamento de centrais nucleares.

O programa teve sua primeira formulação em 1978, tendo como base principal a proposta apresentada pelo Dr. Knödler, da KWU, à direção da NUCLEBRÁS, em 17 de março de 1978. Foram levados em conta alguns itens contidos neste programa, em que se sugerem atividades a serem atribuídas ao CDTN.

2. DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

A partir de 1979, com o término da missão citada no item anterior, tiveram início outras atividades visando a participação de um número maior de técnicos em testes de comissionamento e acompanhamento de operação de centrais nucleares. O desenvolvimento passado, a situação presente e um programa tentativo até 1988/89, visando participação no comissionamento de An-

gra-2 e 3, acham-se sintetizados no cronograma anexo e no Anexo 1.

O item 2 do cronograma iniciou-se com a participação efetiva de um dos técnicos experientes em comissionamento, em testes de aceitação na Usina Térmica de Igarapé, pertencente à CEMIG (Mateus Leme, Mg). Esta participação abriu caminho a que se obtivesse um estágio de treinamento para três outros técnicos, visando principalmente o conhecimento dos sistemas de controle e proteção, cuja tecnologia (Siemens) é semelhante à das centrais KWU.

A participação em testes de Angra-1 (item 3) iniciou-se em novembro de 1979, com a atividade permanente dos dois técnicos que estagiaram na KWU junto à equipe de FURNAS que preparava os procedimentos para a realização dos testes integrados (a se realizarem após o carregamento do núcleo do reator). Esta participação foi interrompida em junho de 1980. Em novembro do mesmo ano foi reiniciada a atividade de elementos do Departamento de Tecnologia de Reatores em Angra.

Visando-se uma ampliação da equipe e tendo em vista as limitações orçamentárias do programa, foi mantido um dos técnicos citados e foram incluídos outros dois. Em junho e em novembro de 81, respectivamente, dois novos elementos foram incluídos no grupo. No fim de 81 o grupo tinha a seguinte distribuição:

- um engenheiro atuando nos testes referentes ao reator, e ao comportamento da central como um todo;

- dois, no grupo de instrumentação, atuando em testes que envolvem a instrumentação em si e os sistemas de controle e proteção da central;

- um, no grupo mecânico envolvido nos testes dos sistemas do NSSS;

- e um trabalhando com o equipamento de monitoração de radiação existente na contenção do reator.

Prevê-se que em 1982, ainda durante o comissionamento, seja incluído mais um elemento, dos que tiveram treinamento em Igarapê.

Após o início da operação comercial de Angra-1, estes técnicos poderão eventualmente ser utilizados em atividades de apoio à operação, para as quais, até o momento, não se pode apresentar uma previsão detalhada. Seu tempo disponível, no CDTN, será destinado em alguns casos à participação no desenvolvimento de códigos de análise do comportamento dinâmico da central (análise de transientes operacionais e de acidentes postulados) e em novos programas na área de projeto; outros estarão envolvidos em atividades de apoio tais como o treinamento de operadores de centrais, ou estarão sendo preparados para missões em 1983.

Até 1982 deverão estar detalhadas com a NUCLEN e a NUCON as funções que o CDTN deverá ter no comissionamento de Angra-2 e 3, e será então definida a equipe que deverá receber treinamento específico na KWU, o qual deverá ter início em 1983. Como se indica no cronograma, esta fase final de treinamento deverá incluir a participação nos comissionamentos das centrais Philippsburg II e Grohnde, na Alemanha, e se estenderá por mais de dois anos. Os novos elementos que foram incluídos na equipe, a partir de 1982, poderão receber treinamento prévio através de estágios de operação em Angra-1.

Nesta fase poderá também ser aplicado pessoal que, embora não tenha participado em comissionamento, possui experiência prévia de muitos anos em operação e manutenção de equipamento nuclear (detetores e eletrônica associada) e na realização de trabalhos de física de reatores experimental. O Laboratório de Física de Reatores conta no momento com sete elementos de nível superior com esta capacitação. Da mesma forma, elementos do Laboratório de Termohidráulica, no momento em número de seis de nível superior e três de nível médio, poderão ser treinados para executar tarefas específicas envolvendo medidas de pressão, temperatura e vazão, para o que possuem também vários anos de experiência prévia.

3. OUTRAS ATIVIDADES DO PROGRAMA

Sob a forma de prestação de serviços a FURNAS, o CDTN já vem realizando atividades de apoio ao comissionamento de Angra-1. Dentro das atribuições da Divisão de Testes, são as seguintes estas atividades, até o momento:

3.1 Aferição de Instrumentos de Medida

A partir de janeiro de 1980 o Laboratório de Termohidráulica da Divisão de Testes passou a prestar apoio a FURNAS através da aferição de instrumentos "classe laboratório" de medidas de pressão (manômetros e barômetros), destinados, em sua maior parte, a calibrar a instrumentação de Angra-1. Foi já solicitada a aferição de 20 aparelhos, sendo que este serviço deve em princípio ser repetido cada seis meses e envolve, se necessário, ajustes internos nos instrumentos. A execução destas aferições é exigida nos procedimentos dos Testes de Comissionamento.

No início de 1982 o Laboratório de Termohidráulica deverá estar também em condições de aferir medidores de vazão - ainda para testes (periódicos) em Angra-1 - e, posteriormente, medidores de temperatura. Neste último caso, entre as aplicações da capacitação adquirida, deverão estar a qualificação e o controle de qualidade de instrumentos de fabricação nacional a serem utilizados em Angra-2 e 3. Quando as bancadas de aferição de temperatura estiverem em operação, o Laboratório estará em condições de realizar todos os testes previstos nas "Technical Guidelines" da NUCLEN de números T72/DK/8110/002, 003 e 004 - referentes respectivamente a termômetros de resistência, manômetros e termômetros bimetálicos. Observe-se também que os outros programas de qualificação em desenvolvimento no CDTN (testes de válvulas e de "junction boxes") apresentam uma demanda interna de aferições de pressão, temperatura e vazão, uma vez que as especificações da NUCLEN exigem que toda a instrumentação a ser utilizada nos testes tenha atestado de aferição fornecido por um órgão credenciado. Estes serviços de aferição poderão ser realizados total ou parcialmente pela equipe do Laboratório de Termohidráulica, a me

dida em que este esteja aparelhado, em condições de receber credenciamento por parte dos órgãos envolvidos no programa de qualificação, ou de um órgão oficial como o INMETRO.

3.2 Realização de Cursos de Treinamento

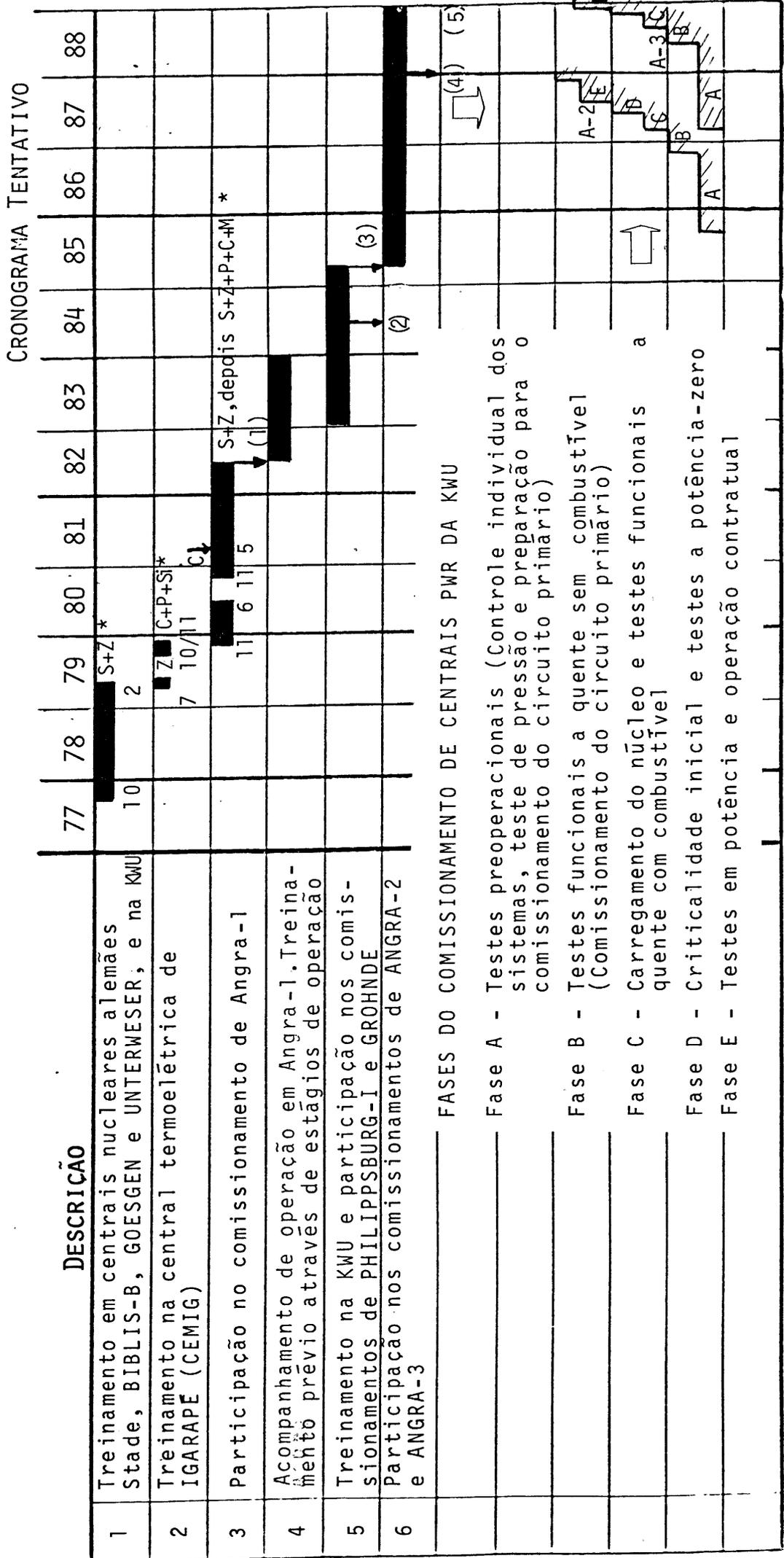
Desde 1972 têm sido realizadas, pelo CDTN, aplicações do Curso de Treinamento em Operadores de Reatores de Pesquisa (CTORP), preparado pelo CDTN por solicitação de FURNAS. Foram realizadas até o presente 11 aplicações do curso, com o total de 98 alunos, sendo 89 de FURNAS e 9 da NUCLEBRÁS.

Outros cursos poderão eventualmente ser preparados e aplicados, por exemplo nas áreas de instrumentação nuclear e mecânica dos fluidos e transferência de calor.

NUCLEBRÁS

DETR. PD 177/80

FIGURA 1 - TREINAMENTO DE PESSOAL PARA APOIO EXPERIMENTAL AO COMISSIONAMENTO E À OPERAÇÃO DE CENTRAIS NUCLEARES



(1) Entrada em operação de ANGRA-1
 (2) e (3) Idem, GROHNDE e PHILIPPSBURG-II, respectivamente
 (4) e (5) Idem, ANGRA-2 e ANGRA-3, respectivamente

* S = SANTORO;
 Z = ZILDETE
 C = CARLOS VICENTE
 P = PAULO GUILHERME

Si = SIRIMARCO
 B = BRUNO
 M = MÂRCIO

NUCLEBRÁS
CDTN/DETR.PD

0 690

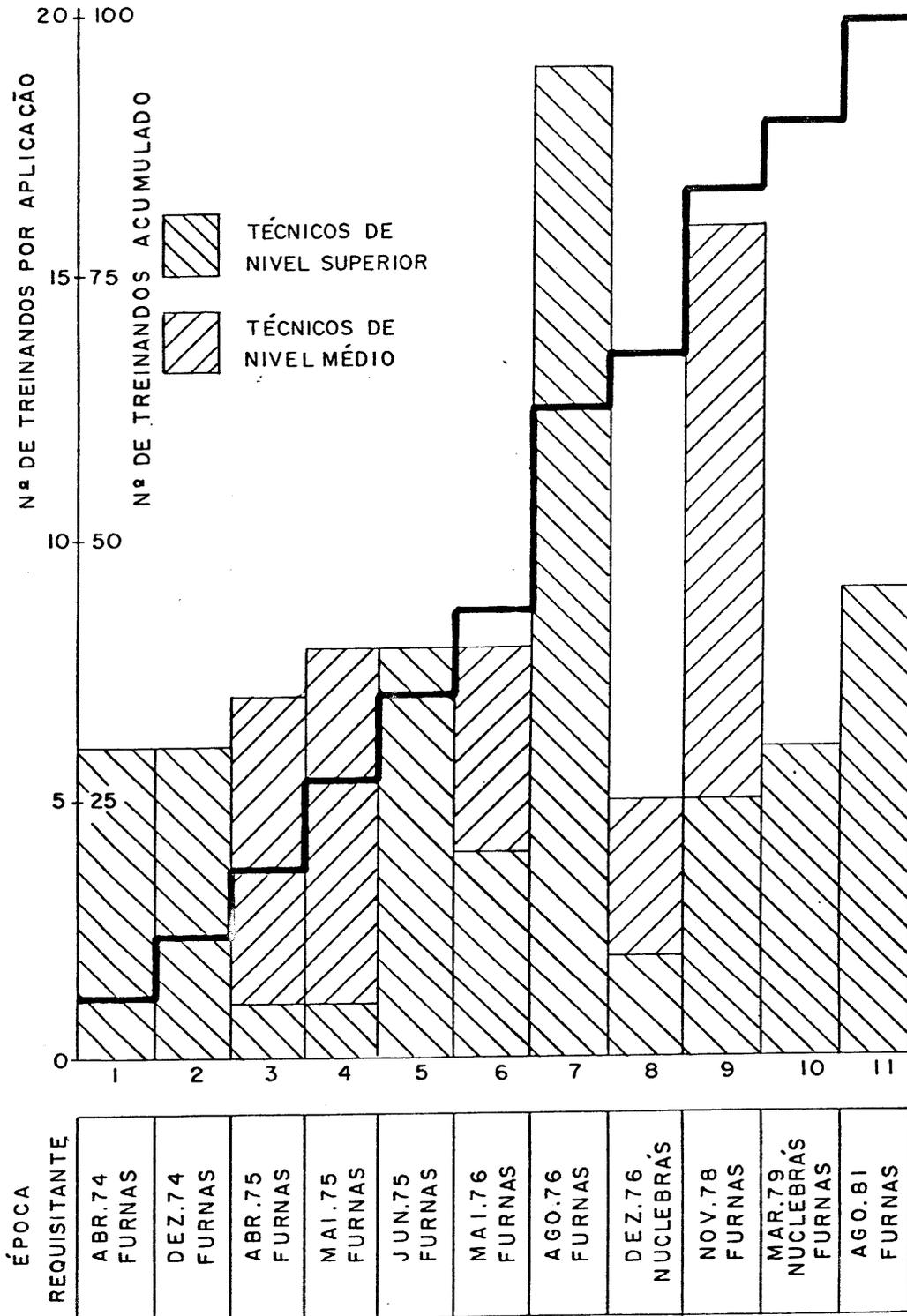


FIGURA 2 - APLICAÇÕES DO CTORP

A N E X O 1

EXPERIÊNCIA DA EQUIPE DO CDTN ALOCADA NO PROGRAMA
"COMISSIONAMENTO DE CENTRAIS" (ATÉ 31/12/81)

SUMÁRIO

1. TREINAMENTO NA KWU (1977 a 1979)

1.1 Central Nuclear de Stade (KKS)
Estágio (28/10/77 a 13/01/78)

- Física de reatores: informações sobre distribuição de potência no núcleo do reator, queima do núcleo, avaliação de dados físicos de operação

- Proteção radiológica: acompanhamento de rotinas

- Operação: acompanhamento de trabalhos de rotina na sala de controle

- Manutenção das instalações nucleares e convencionais

1.2 Central Nuclear de Unterweser - 1º Estágio
(16/01/78 a 29/03/78)

- Informações sobre: técnicas de medidas nucleares, circuitos de regulação do primário, fases do comissionamento de uma central nuclear, experimentos físicos de comissionamento, operação de barras de controle.

- Acompanhamento de testes de revisão da instrumentação nuclear

1.3 Departamentos da KWU e Siemens em Erlangen
Estágio (08/05/78 a 07/07/78)

- Informações sobre: controle e monitoração do reator (R133), experimentos físicos e acompanhamento de operação (R124), instrumentação nuclear (R132), monitoração de radiação (R131), sistemas de controle e conceito de alarme (V712), documentos relativos a diagrama de fluxo (V714), instrumentação e sala de controle (V791), experimentos físicos nas fases D e E do comissionamento (R124), sistema de proteção do reator (R134), computador de processo e protocolos (V794), sistemas SIMATIC e ISKAMATIC (E55, Siemens)

1.4 Central Nuclear de Biblis (KKB)
Estágio (01/06/78 a 10/06/78)

- Acompanhamento de testes físicos de fim de ciclo (verificação de dados físicos de projeto)

1.5 Central Nuclear de Goesgen
Estágio (07/08/78 a 18/08/78)

- Acompanhamento dos testes a quente com reator não carregado (Fase B do comissionamento)

1.6 Central Nuclear de Unterweser - 2º Estágio
(02/10/78 a 28/02/79)

- Acompanhamento da fase E do comissionamento, entre os níveis de 5% e 80% da potência nominal, e especialmente dos seguintes testes:

- . determinação da potência do reator
- . medida do título de vapor na saída do gerador de vapor
- . obtenção e correção das taxas de impulsos do sistema "Aeroball"

- . dependência dos fatores de canal quente com a distribuição de densidade de potência
- . distribuição de densidade de potência para a posição das barras de controle correspondente a plena carga
- . testes e calibração da instrumentação estacionária do núcleo e da instrumentação externa do fluxo de nêutrons
- . medida da distribuição axial do fluxo de nêutrons , da taxa de dose de raios gama e da distribuição de temperatura em um tubo guia de sonda
- . desligamento rápido do reator; desligamentos de bombas principais de refrigerante
- . rejeição de carga, desligamento rápido da turbina , sistema de geração de emergência
- . regulação da temperatura de refrigerante, da distribuição de potência do fluxo de nêutrons e da pressão mínima
- . comutação nas bombas de água de alimentação e de condensado.

2. PARTICIPAÇÃO EM TESTES NA USINA TÉRMICA DE IGARAPÉ (25/06/79 a 03/08/79)

- Participação ativa nos testes finais de aceitação da usina, por um dos elementos da equipe, tendo em alguns testes exercido funções de coordenação.

3. TREINAMENTO NA USINA TÉRMICA DE IGARAPÉ (01/10/79 a 30/11/79)

- Conhecimento de todos os sistemas da usina, suas funções e modos de operação.

- Estudo detalhado dos sistemas de controle (funções, circuitos lógicos e proteções) e dos circuitos de regulação e suas proteções, projetados e realizados pela Siemens (SIMATIC e ISKAMATIC)

- Seminário de Estudo de Regulação Automática da Usina (3 semanas) com participação de técnico da Siemens.

4. PARTICIPAÇÃO EM TESTES DE COMISSIONAMENTO DE ANGRA-1 (Iniciada em 20/11/79)

4.1 Física de Reatores e Testes (envolvendo reator)

- Participação ativa no acompanhamento da evolução subcrítica do reator durante a operação de carregamento do núcleo.

- Coordenação dos testes de pré-criticalidade (trabalho em turno)

- Revisão e análise de todos os procedimentos dos testes a serem realizados após o carregamento do núcleo.

- Análise e solução de problemas relativos a "set points" de alarmes ligados à instrumentação do reator e anomalias na monitoração do canal de partida.

4.2 Sistemas do Primário

- Participação ativa em testes pré-operacionais e funcionais, envolvendo o sistema de injeção de segurança (acumuladores e bombas), o "spray" da contenção e os sistemas de suprimento de ácido bórico, de alimentação auxiliar e de água de serviço e de refrigeração do poço de combustível irradiado.

- Atuação, durante os testes pré-operacionais, com função de acompanhar o desempenho dos sistemas de alimentação auxiliar, controle químico e volumétrico, remoção de calor residual, injeção de segurança, "spray" da contenção, água de recarregamen

- . otimização em função das precisões da instrumentação e do tempo disponível
- . coordenação de atividades de cálculo
- . verificação final da instrumentação de medida da temperatura de bulbo úmido
- . análise estatística dos resultados

4.5 Instrumentação e Controle

- Atuação nos seguintes testes pré-operacionais
 - . medida dos tempos de resposta do sistema de proteção do reator
 - . verificação dos "set points" gerais da central
 - . calibração cruzada dos termopares e termômetros de resistência
- Atuação nos seguintes testes de pré-criticalidade:
 - . tempo de atuação do mecanismo de acionamento das barras de controle
 - . teste do sistema de controle de barras
 - . tempo de queda das barras
 - . sistema de detecção de falhas pioneiras do combustível
- Realização de calibrações nos canais de proteção do reator e no módulo de computação de "set points"; e consequente correção de procedimentos
- Análise e correção do "scaling" do sistema de controle de velocidade de barras, e consequente correção de procedimentos
- Realização de testes e calibrações no sistema de ins

to e drenagem.

- Participação no planejamento dos testes de pré-criticalidade; verificação de itens pendentes nos testes pré-operacionais e funcionais; assessoria à chefia do grupo mecânico encarregado do NSSS na emissão de pareceres.

- Participação ativa nos seguintes testes de pré-criticalidade:

- . determinação da vazão do circuito dos termômetros de resistência (RTD)
- . aquecedores e "spray" do pressurizador; vazão contínua do "spray"
- . medida de vazão do sistema de refrigeração do reator
- . medida de vazão do refrigerante após desligamento da bomba (coastdown)
- . detetores móveis no interior do núcleo
- . medidas de perdas de calor no NSSS
- . testes no tanque de armazenamento de água de recarregamento (RWST)

4.3 Manuseio de Combustível

- Atuação em turno nas atividades de preparação e treinamento de manuseio e no carregamento do núcleo do reator, junto ao sistema de manuseio

4.4 Contenção do Reator

- Participação no teste de estanqueidade da contenção (ILRT), com a realização dos seguintes trabalhos:

- . Estimativas dos fatores de ponderação volumétricas para os sensores de temperatura distribuídos na contenção

trumentação nuclear externa (impedância de detetores, verificação e recalibração de "set points" para alarme e desligamento)

- Redação de diversos procedimentos de manutenção corretiva, e de inspeção e testes periódicos, referentes à instrumentação nuclear da central.