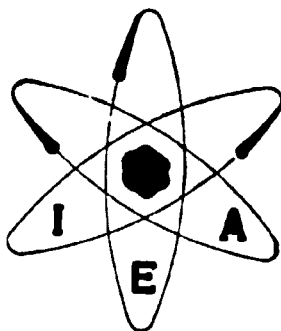


BR770 1173



**SISTEMA DE INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE DO REATOR DE
POTENCIA ZERO DO IEA**

MARCOS A. V. PELUSO, KENJI MATSUDA e ROBERTO HUKAI

INFORMAÇÃO IEA N.º 32
Setembro — 1974

INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA
Caixa Postal 11049 (Pinheiros)
CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"
SAO PAULO — BRASIL

**SISTEMA DE INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE DO REATOR DE
POTÊNCIA ZERO DO IEA**

Marcos A. V. Peluso, Kenji Matsuda e Roberto Hukai

Coordenadoria de Engenharia Nuclear

**Informação IEA Nº 32
Setembro · 1974**

Instituto de Energia Atômica

Conselho Superior

Eng^o Roberto N. Jafet - Presidente
Prof.Dr.Emilio Mattar - Vice-Presidente
Prof.Dr.José Augusto Martins
Prof.Dr.Milton Campos
Eng^o Helcio Modesto da Costa

Superintendente

Rômulo Ribeiro Pieroni

SISTEMA DE INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE DO REATOR DE POTÊNCIA ZERO DO IEA

Marcos A.V. Peluso, Kenji Matsuda e Roberto Y. Hukai

SUMARIO

Neste trabalho é feita uma descrição do sistema de instrumentação e controle do Reator de Potência Zero do IEA segundo o projeto realizado na CEN.

São apresentadas as especificações dos principais equipamentos que compõe o sistema omitindo-se os detalhes dos componentes em favor da objetividade na descrição.

O sistema de instrumentação e controle interage acentuadamente com o Projeto Elétrico do laboratório de física de reatores da CEN que é descrito detalhadamente na Referência 3.

1. Introdução

O projeto do sistema de Controle e Instrumentação do Reator de Potência Zero do IEA (IEA RPZ), foi feito segundo as normas norte-americanas existentes para sistemas análogos em reatores de potência. Essas normas foram utilizadas porque é nelas que a CNEN está se baseando para estabelecer, através da ABNT, as normas brasileiras para centrais nucleares.

Contudo, entre o RPZ e um reator de potência, existe uma diferença fundamental quanto a atribuição de responsabilidade pela segurança.

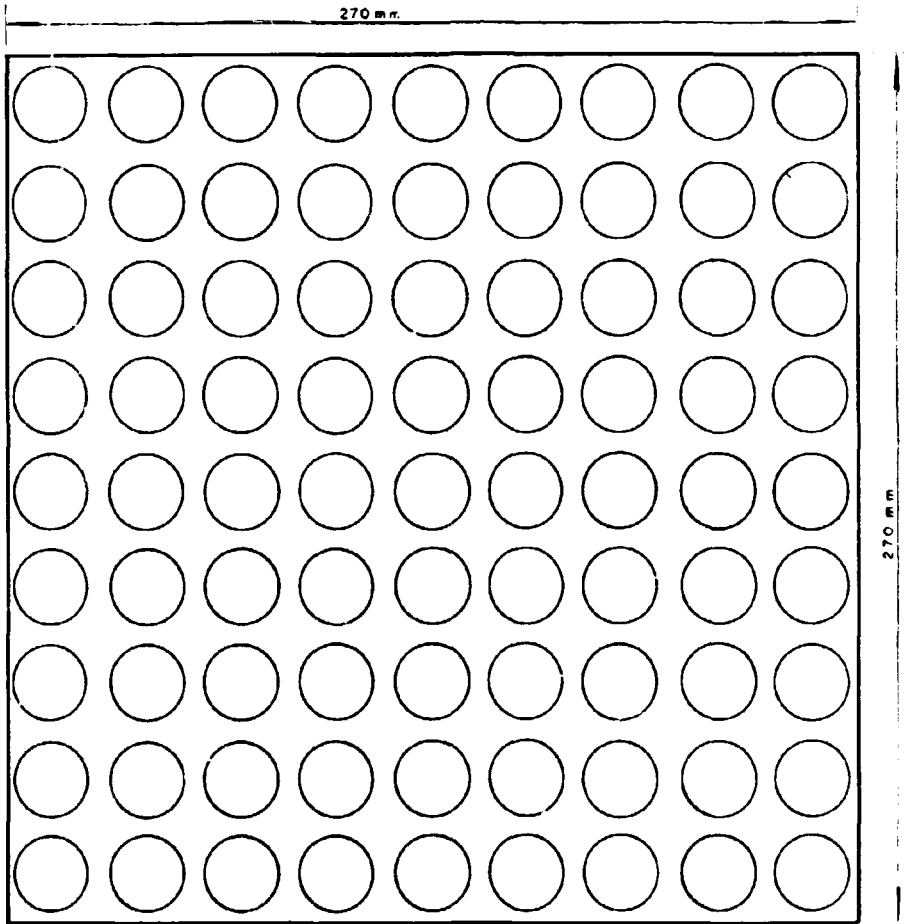
Nos reatores de potência, esta responsabilidade é atribuída a um mecanismo de segurança inerente ao projeto neutrônico. Esse projeto é feito de tal forma que qualquer aumento repentino de potência, provoca uma variação de reatividade no sentido de anular o seu efeito. Devido a esta característica relega-se aos circuitos de proteção do SCI, um papel relativamente secundário.

Por outro lado, numa unidade crítica, como é o caso do RPZ, em que a função do reator implica em constantes mudanças no arranjo e na composição do combustível nuclear, e portanto da reatividade, a proteção contra acidentes repousa fundamentalmente no desempenho do SCI. Esta característica, somada ao fato de que os eventuais desligamentos deste reator não acarretam prejuízos de caráter econômico, que são enormes no caso de reatores de potência, leva à utilização de sistemas lógicos de proteção do tipo 1-em-2, 1-em-3, 1-em-4, em contraposição aos esquemas lógicos do tipo 2-em-3, 2-em-4, 3-em-4, etc, normalmente utilizados em reatores de potência, nos quais o número de falsos alarmes deve ser minimizado.

2. Descrição do reator

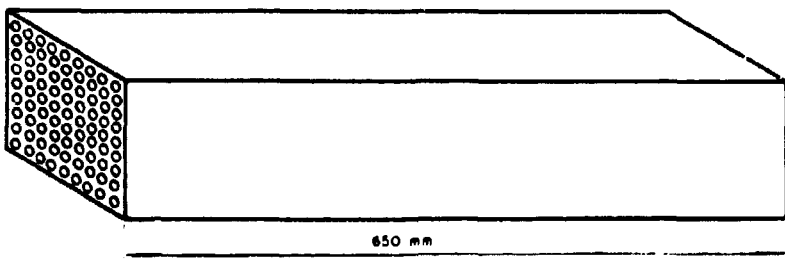
2.1. O conjunto crítico

O RPZ é constituído por duas partes simétricas montadas sobre duas mesas, sendo uma delas móvel e a outra fixa. Sobre ambas são empilhados blocos de grafita perfurados, sendo que



VISTA FRONTAL

FIGURA 2.1



os blocos da região Central têm os furos preenchidos por barras do combustível nuclear, e os da periferia servem como refletores de neutrons

Os blocos tem a forma de um paralelepípedo medindo 27 x 27 x 65 cm, com 81 furos na direção da maior dimensão, conforme ilustrado na Figura 2.1. Uma vista geral do reator é fornecida na Fig. 2.2. Uma descrição detalhada da unidade crítica é apresentada na Referência 1.

Quando consideradas separadamente, as mesas suportam uma massa sub-crítica de combustível. A criticalidade só é alcançada quando as mesas estão juntas e as barras de material absorvedor estão colocadas em posição adequada.

Dessa forma, as funções básicas de controle são:

- a) Movimentar a mesa móvel, aproximando-a ou separando-a da mesa fixa
- b) Movimentar as barras de controle (em número de 4, duas para cada metade) ou as barras de segurança (6 em cada metade), inserindo-as ou retirando-as do caroço do reator (região onde fica o combustível nuclear)

As funções de Segurança são:

- a) Para o movimento de aproximação das mesas quando o período do fluxo de neutrons torna-se inferior a um valor ajustável entre 20 e 30 segundos
- b) Separar completamente as duas mesas se um sinal de "SCRAM" é gerado (a explicação de quando isso ocorre é dada, na Seção 3)
- c) Inserir todas as barras absorvedoras (de controle e de segurança) quando um sinal de "SCRAM" é gerado

2.2 - O mecanismo de movimentação da mesa:

Existem três velocidades para movimentar a parte móvel, cada uma com atuação exclusiva em um trecho do percurso e com motor independente na caixa de redução. As características operacionais são:

Tabela 2.1

FAIXA	SEPARAÇÃO ENTRE AS MESAS	VELOCIDADE
Rápida	180 cm - 45 cm	25 cm/min
Intermediária	45 cm - 7,5 cm	5 cm/min
Lenta	7,5 cm - 0 cm	0,5 cm/min

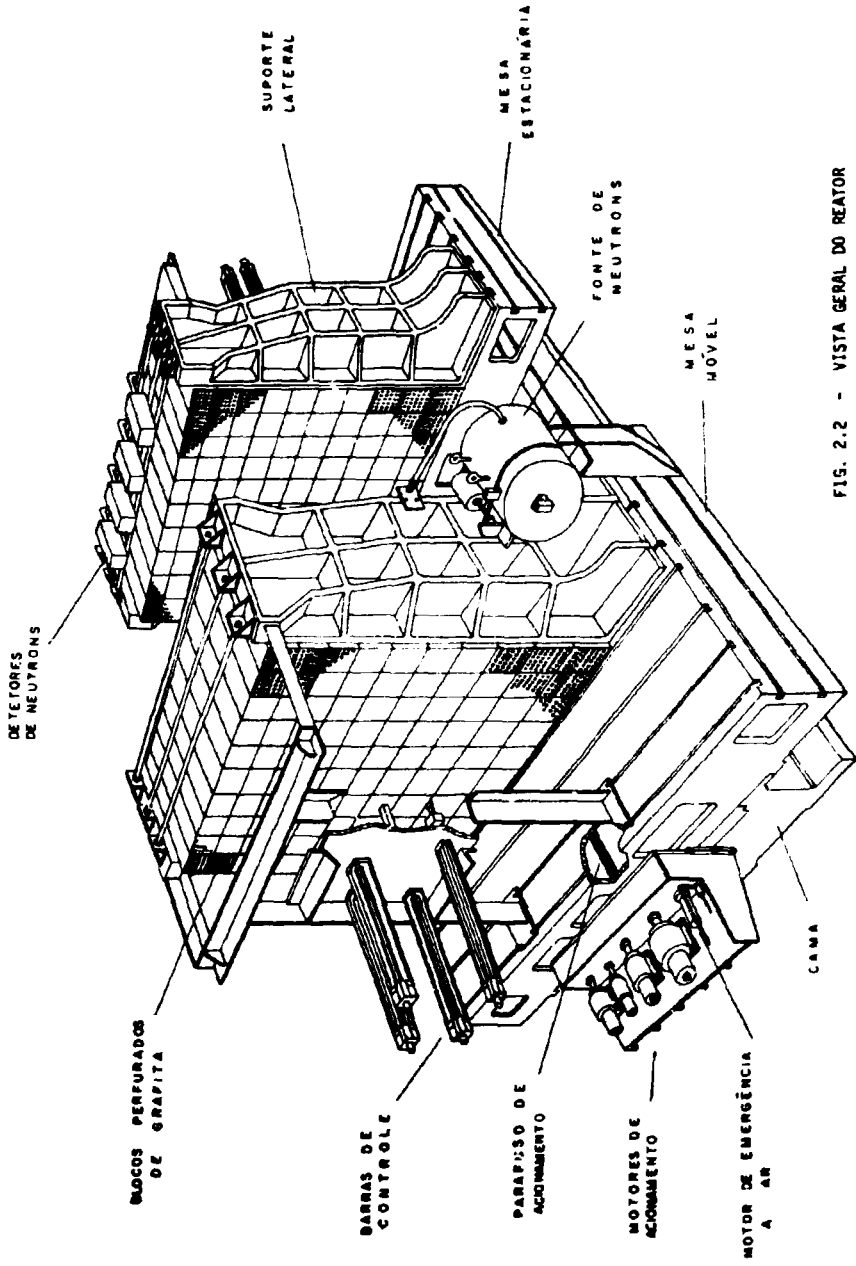


FIG. 2.2 - VISTA GERAL DO REATOR

Existem ainda os motores de separação de emergência: o principal, elétrico, que separa as mesas com uma velocidade de 75 cm/min, e o auxiliar, movido a ar comprimido, que somente entra em funcionamento se o motor principal não iniciar a separação das mesas decorridos 0,5 segundos após o sinal de SCRAM.

Os controles dos diversos motores são os seguintes:

- a) para a faixa rápida: um botão de simples contato, que quando pressionado atua um relê de retenção, o qual liga e acopla o motor até que seja atingida a separação de 45 cm entre as mesas, onde uma chave limite o desliga. Para movimentar a mesa no sentido oposto, com a mesma velocidade, existe um botão semelhante, rotulado "SEPARAR". Existe ainda um terceiro botão, que serve para interromper manualmente o movimento da mesa nessa faixa.
- b) para a faixa intermediária, uma chave de três posições, sendo uma posição para separar, uma neutra e outra para juntar as mesas. Esta última é instável, retornando automaticamente, por ação de molas, a posição neutra quando o operador não está atuando. A aproximação das mesas é interrompida pela ação de uma chave limite quando a separação é de 7,5 cm.
- c) para a faixa lenta, uma chave idêntica àquela utilizada para o acionamento na faixa intermediária. A aproximação das mesas só pode ser interrompida pelo operador, ou por um dispositivo especial na embreagem magnética, que desliga o motor se houver um sobre-espaço do motor.
- d) para a separação de emergência, o motor de separação de emergência principal é ativado automaticamente toda vez que um sinal de "SCRAM" é gerado. O motor de separação auxiliar é ativado também automaticamente, quando o motor principal não inicia a separação das mesas até 0,5 segundos após o sinal de "SCRAM".

2.3 As barras de controle e Segurança

Ha um máximo de 16 barras absorvedoras de Boro, oito para cada metade do Reator, sendo duas de controle e seis de segurança. A diferença fundamental entre as barras de segurança e as barras de controle é somente operacional, podendo se distinguir do seguinte modo: barras projetadas como barras de segurança, são todas movidas para fora antes de aproximar as mesas. Existe um "interlock" que só permite a aproximação das mesas se todas essas barras estiverem totalmente fora do caroço. Barras projetadas como barras de controle devem estar totalmente inseridas antes da aproximação das mesas e da mesma forma, não se pode aproximar as mesas a menos que essa condição seja satisfeita.

Todas as barras são presas ao mecanismo acionador magneticamente. Para que esse mecanismo prenda a barra é necessário que uma mola seja comprimida. Quando a corrente no magneto é interrompida, a barra é solta e é injetada no caroço pela ação da mola.

O controle dessas barras é feito através de chaves de três posições, sendo que a posição correspondente à retirada das barras retorna automaticamente, por ação de uma mola, a posição neutra quando não acionada. Existem duas dessas chaves, uma para as barras de segurança e

outra para as barras de controle. A barra que se pretende movimentar é selecionada por intermédio de botões seletores. Para as barras de segurança existe um painel de seleção que permite qualquer combinação dos elementos para uma inserção simultânea.

3 - Sistema de Instrumentação e Controle do RPZ:

3.1 Introdução:

O sistema de instrumentação e controle do Reator de Potência Zero (RPZ), exceto sensores e respectivos pré-amplificadores acoplados, está instalado em gabinetes na sala de controle.

Esse sistema é dividido em três partes:

- 1 - Instrumentação Nuclear
- 2 - Circuitos de Segurança
- 3 - Instrumentação adicional

O reator é operado baseado em informações da instrumentação nuclear e instrumentação adicional.

Os circuitos de segurança impedem que o reator seja operado de modo incorreto e atuam automaticamente os mecanismos de segurança apropriados, toda vez que algum defeito de operação é apontado. É importante perceber que todas as informações são redundantes, isto é, cada medida é feita através de pelo menos dois canais distintos. Como o RPZ é reator essencialmente de pesquisa e com curtos períodos de operação, não é necessário usar lógicas do tipo 2 em 3 ou 2 em 4, que servem para evitar falsos desligamentos do reator, tendo sido adotado 1 em 2 ou 1 em 3, que são menos práticos, porém muito mais confiáveis.

Os cabos que penetram na célula do reator o fazem através de passagens seladas que evitam a transferência de ar entre a célula e o exterior. Além disso, os cabos dos canais redundantes seguem dutos separados para evitar que um acidente danifique a ambos, prejudicando o acompanhamento de uma medida ou eventualmente uma ação do sistema de segurança.

3.2 Instrumentação Nuclear

A instrumentação nuclear do RPZ está dividida nos seguintes canais:

3.2.1 Canais 1 e 2

Os canais 1 e 2 são constituídos por detectores proporcionais, medidores de contagem logarítmicos, e amplificadores lineares com contador e emissor de sinal audível, cuja intensidade é proporcional ao nível da contagem, e é transmitido à célula do reator. Esses canais estão destinados a dar informações na faixa de fluxo baixo (sendo portanto de alta sensibilidade), e estão equipados com um circuito que impede a aproximação das mesas se o fluxo não ultrapassar um nível mínimo.

Esse tipo de proteção impede que o reator seja colocado em operação sem introdução das

fontes, além de servir de alarme para uma eventual falha no canal

Esses canais são utilizados para o fornecimento de informações durante o carregamento de combustível, bem como para medidas manuais de período, etc.

A Figura 3.1 dá um diagrama de blocos desses canais.

3.2.2 Canais 3 e 4

O canal 3 consiste de uma câmara de ionização BF_3 de alta sensibilidade, não compensada, e um eletrometro D.C. multi-faixa, associado com registrador e fonte de corrente de bucking, que fornece alto grau de precisão ao eletrometro. Isso serve para calibração das barras de controle, além de determinar com maior precisão o ponto de criticalidade.

Este canal é usado em toda faixa de operação do reator, tendo sensibilidade inclusive para medir o fluxo da fonte de neutrons.

A fonte de alimentação de tensão para os detetores é dotada de um circuito que emite um sinal se a tensão cair a níveis mais baixos do que o fixado. Esse sinal é mandado para a cadeia de SCRAM, que desliga o reator, inserindo todas as barras e separando as mesas.

O canal 3 é visto em diagrama de blocos na Fig. 3.2.

O canal 4 é semelhante ao canal 3, mas tem função exclusivamente de segurança, dispensando o uso de corrente de bucking e do registrador.

Como a função do canal 4 é de segurança, ele dispõe de um circuito indicador de incidente, ou circuito de proteção, que atua quando o fluxo de neutrons ultrapassa um valor pré-fixado que pode ser no máximo igual ao fundo de escala da década seguinte a que está sendo usada.

O diagrama de blocos da Fig. 3.3 mostra a configuração do canal 4.

3.2.3 Canais 5 e 6

São canais lineares para alto nível de fluxo de neutrons. Estes canais basicamente são iguais aos canais 3 e 4 e incluem além do pico amperímetro multi-faixa e do circuito de proteção contra perda de tensão no detetor, um circuito indicador de incidente bi-estável cuja saída está ligada a cadeia de SCRAM. O nível do fluxo de neutrons que fará acionar esse circuito e uma fração ajustável da faixa que o pico amperímetro está operando. Estes níveis de desligamento do reator deverão normalmente ser fixados para níveis altos de fluxo, isto é, para as faixas onde a corrente das câmaras de ionização é da ordem de 10^{-4} amperes, o que dá um tempo de resposta menor que 1ms, que é desprezível frente ao tempo normal de inserção das barras (240 ms). Os canais 5 e 6 são mostrados em diagrama de bloco na Fig. 3.4.

3.2.4 Canais 7 e 8

São canais logarítmicos e medidores de período. São constituídos de câmaras de ionização, circuito associado, amplificador logarítmico, circuito de período e os circuitos indicadores de

FIG. 3.1 - CANAIS 1 E 2

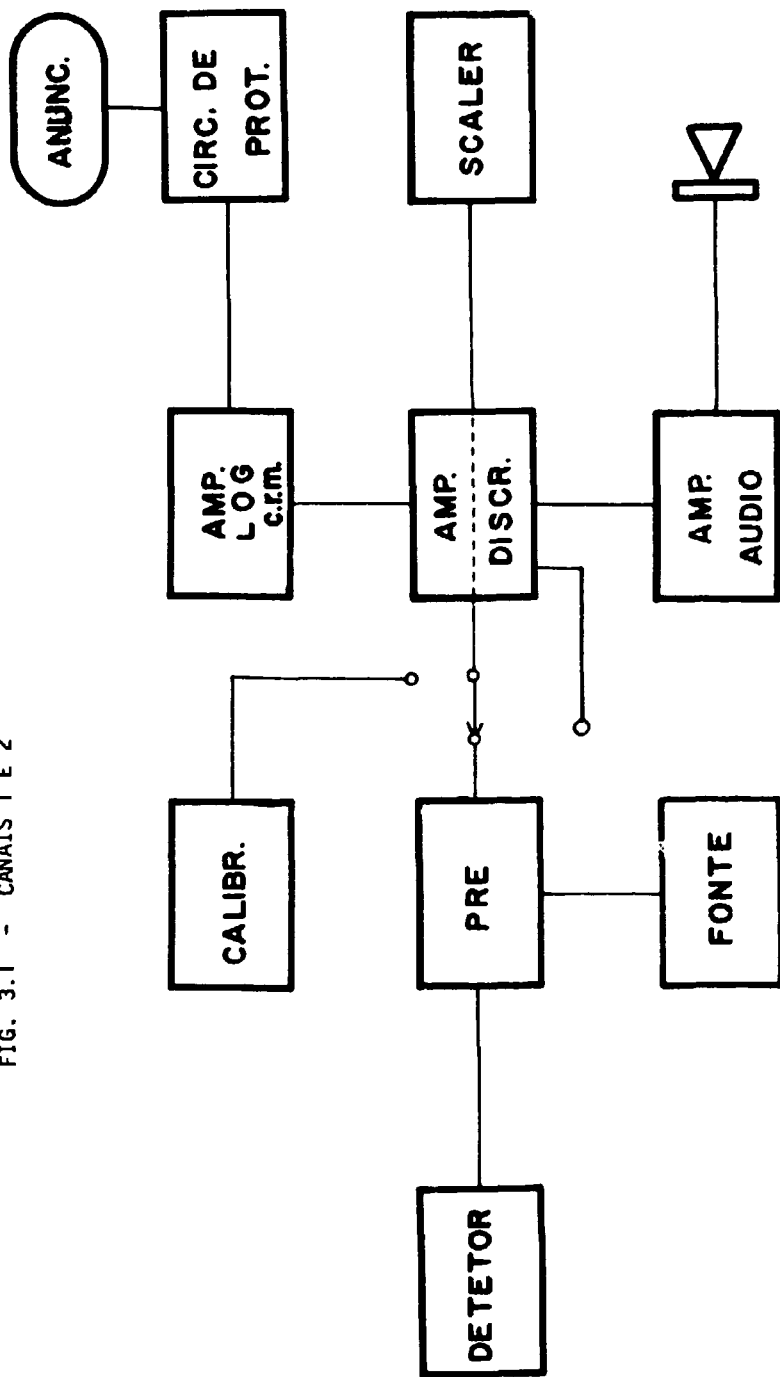


FIG. 3.2 - CANAL 3

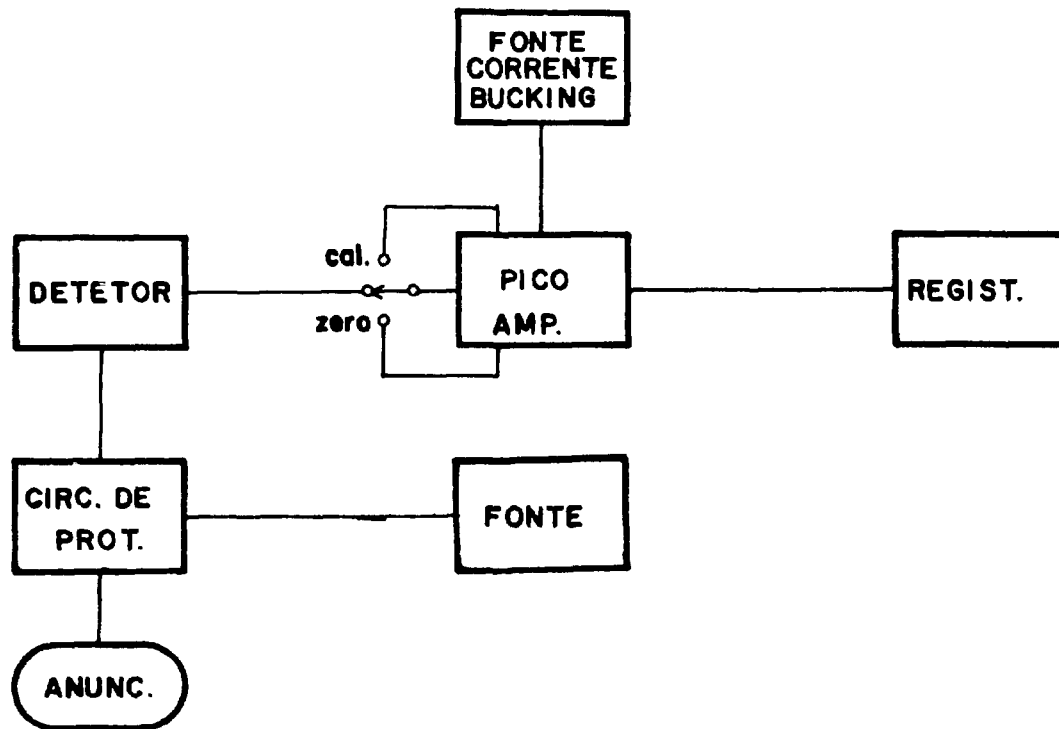


FIG. 3.3 - CANAL 4

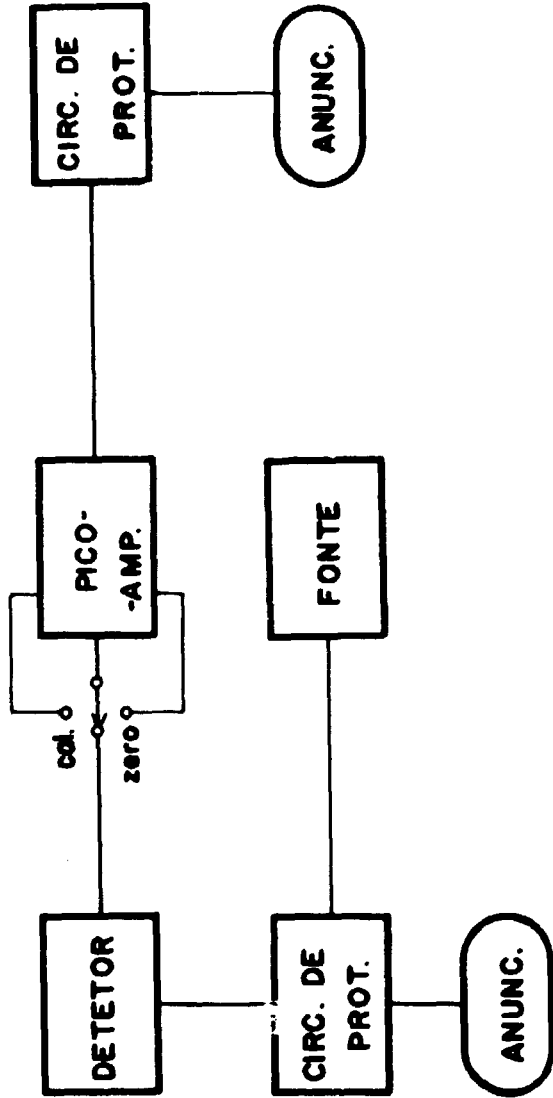
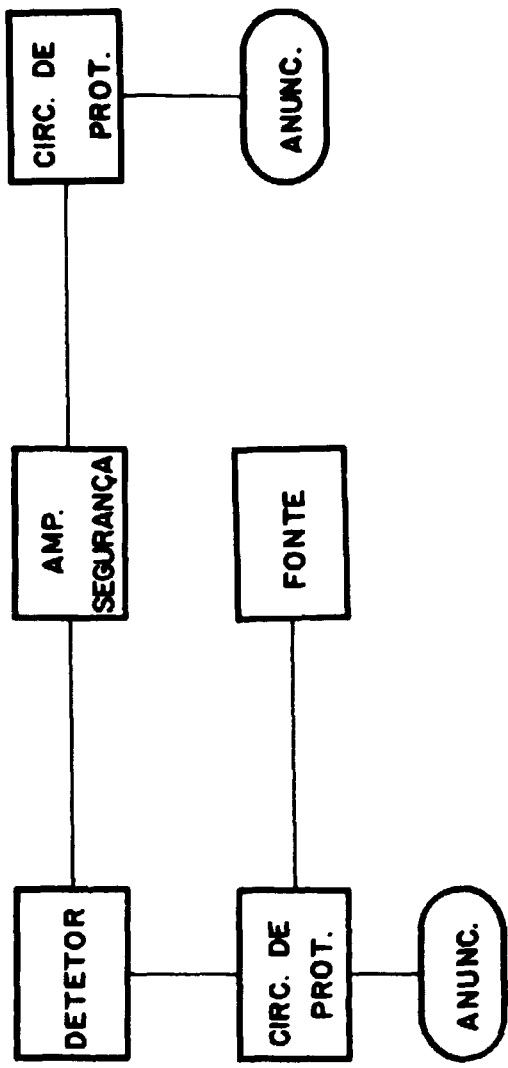


FIG. 3.4 - CANAIS 5 E 6



incidentes, três para cada canal. Um único registrador grava simultaneamente informações sobre o nível do fluxo de neutrons (logaritmicamente) e o período, para um dos canais.

Os circuitos indicadores de incidente estão associados ao medidor de período. Para períodos menores que um valor ajustável entre 20 e 30 segundos, um dos circuitos impede a continuação da aproximação da mesa movel sem no entanto iniciar o movimento contrario de separação. Outro circuito ativara todo mecanismo de 'SCRAM', injeção das barras e separação das mesas, se o período cair a valores menores que um nível ajustável, que pode variar entre 5 e 15 segundos. Um terceiro circuito, usado como ultimo recurso, aciona o mecanismo de 'SCRAM' quando o período atinge valores inferiores a 5 segundos.

O detetor do canal 7 é alimentado pela mesma fonte de alimentação que o canal 1. O mesmo acontece com os canais 8 e 2. Pode se usar essa configuração sem perigo de diminuir a confiabilidade do sistema porque as combinações são redundantes e os elementos de cada combinação tem atuação em faixas distintas de operação.

Um diagrama de blocos dos canais 7 e 8 é mostrado na Figura 3.5

3.2.5 Canal 9

O canal 9 consiste de seis detetores de radiação gama, com circuitos associados, medidores, e circuitos anunciadores de incidente que fazem soar um alarme se o nível de radiação ultrapassar o limite permitido para area em um dos seis locais.

Os locais onde estão colocados os detetores e o nível máximo de radiação gama permitido para cada um encontram se na Tabela 3.1

Tabela 3.1

Radiação Gama: locais monitorados e niveis de alarme

Localização	mR/h
Topo do reator	10^3
Dentro da celula - perto da porta principal	10^1
Sala de controle	10
Saída de exaustão normal	10
Saída de exaustão de emergencia	10
Saída para a chamine	5

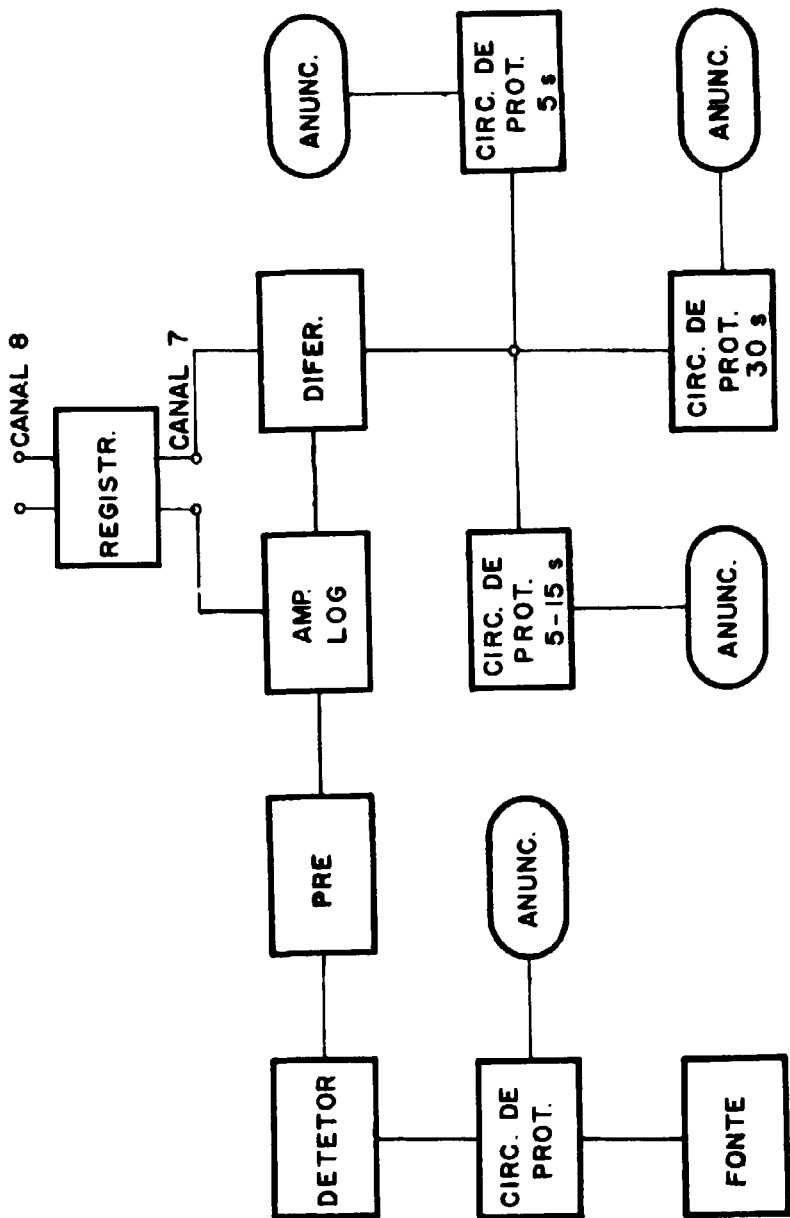


FIG. 3.5 - CANAIS 7 E 8

Se o nível de radiação gama nas saídas de exaustão de emergência ou normal ultrapassar o limite, além de soar o alarme e do fato ser anunciado no painel anunciador, as saídas de ar são automaticamente fechadas

O canal 9 é mostrado em diagrama de blocos na figura 3.6

3.3 Circuitos de segurança

Como visto anteriormente, os circuitos de segurança tem a função de impedir que o reator seja operado de maneira incorreta e de atuar automaticamente os mecanismos de segurança sempre que alguma situação irregular é detetada

Existem dois tipos de mecanismo de segurança

- a) O que provoca a parada do movimento de avanço da mesa móvel, cortando a alimentação elétrica dos motores.
- b) O que provoca o "SCRAM" do reator, separando as mesas através do motor de separação de emergência e cortando a corrente para os magnetos das barras absorvedoras, o que faz com que todas elas sejam inseridas no carço por ação de molas

O primeiro só é ativado quando, durante o avanço da mesa, o período do crescimento do fluxo de neutrons é inferior a 30 segundos (esse valor pode ser ajustado para até 20 segundos, se autorizado pelo Supervisor de Operação)

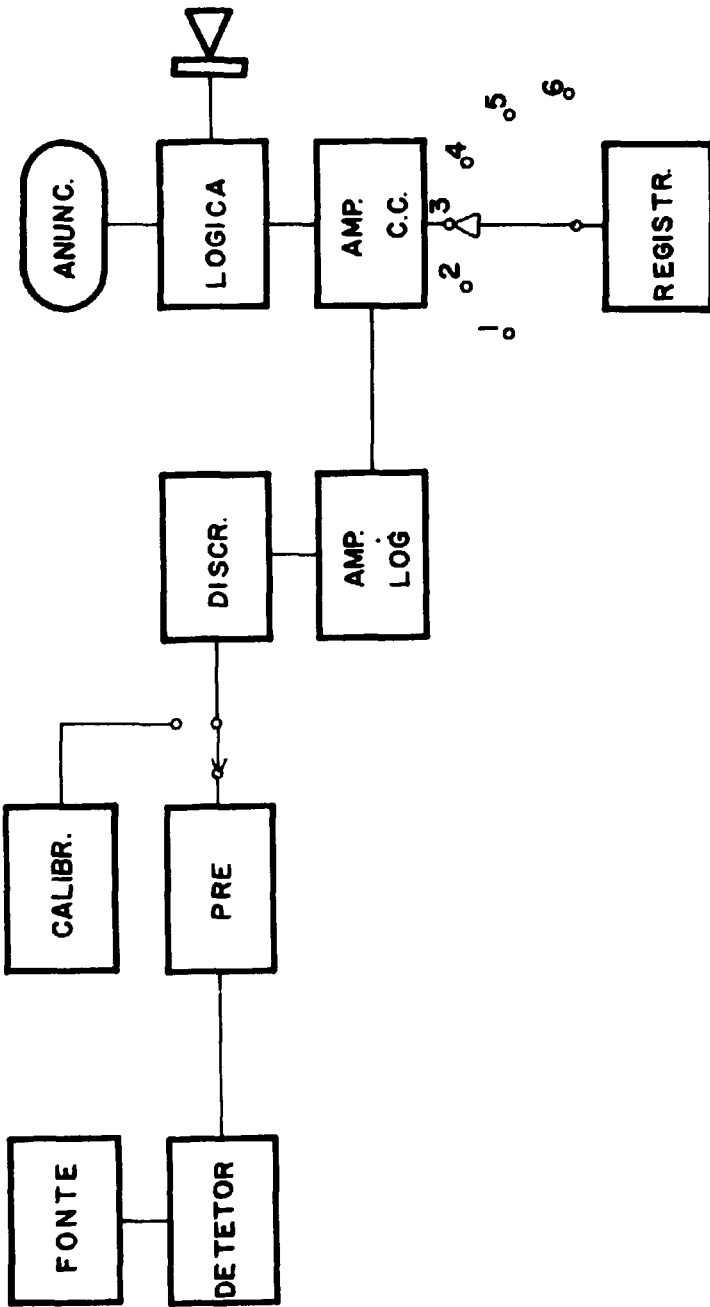
O segundo é ativado sempre que algum outro circuito detetor de incidente é excitado como, por exemplo:

- a.) O nível do fluxo de neutrons medido nos canais 4,5 e 6 da instrumentação nuclear é mais alto que o fixado
- b.) O período de crescimento do fluxo de neutrons é inferior ao valor mínimo estipulado, ou no caso de falha desse circuito é inferior a 5 segundos
- c.) Existem menos instrumentos operando do que o necessário
- d.) O sistema medidor de temperatura gera um sinal de "SCRAM"
- e.) O sistema de medida de pressão na célula de reator gera um sinal de "SCRAM"
- f.) A pressão do reservatório de ar para o motor de separação de emergência está abaixo de um nível crítico.
- g.) Uma das portas de entrada para a célula está aberta
- h.) É retirada a chave do Supervisor no painel
- i.) Há perda de energia elétrica total ou parcial (o diagrama das cadeias de segurança especifica os locais).
- j.) Um dos botões do "SCRAM" é atuado

Existem onze circuitos de segurança principais mostrados nas Figuras de 3.7 a 3.17. Os diagramas ilustram melhor o funcionamento de cada um e dão as demais condições que provocam o "SCRAM" do reator.

Todos os "relays" utilizados nesses circuitos devem ser de mercúrio, devido a sua alta confiabilidade de operação, e devem ser ligados de maneira a ir para uma situação em favor da

FIG. 3.6 - CANAL 9



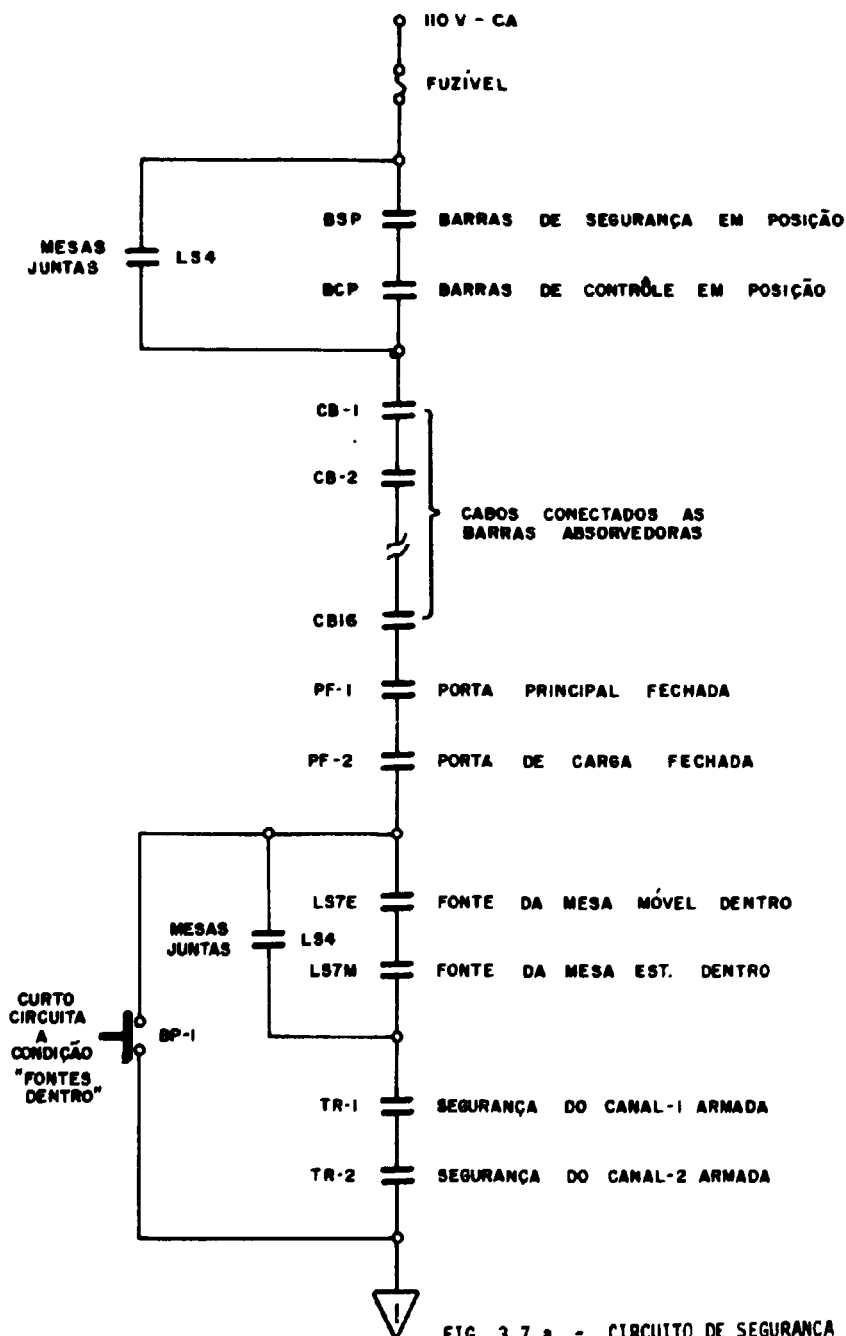


FIG. 3.7 a - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA POTÊNCIA DE CONTROLE

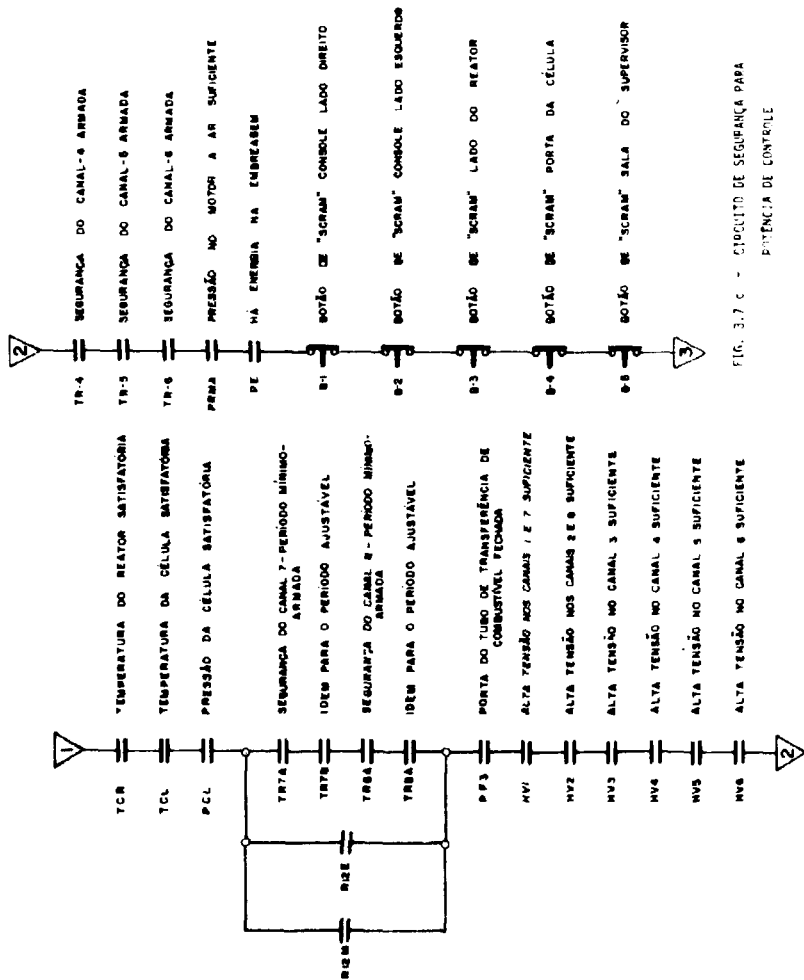


FIG. 3.7 b - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA POTÊNCIA DE CONTROLE

FIG. 3.7 c - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA POTÊNCIA DE CONTROLE

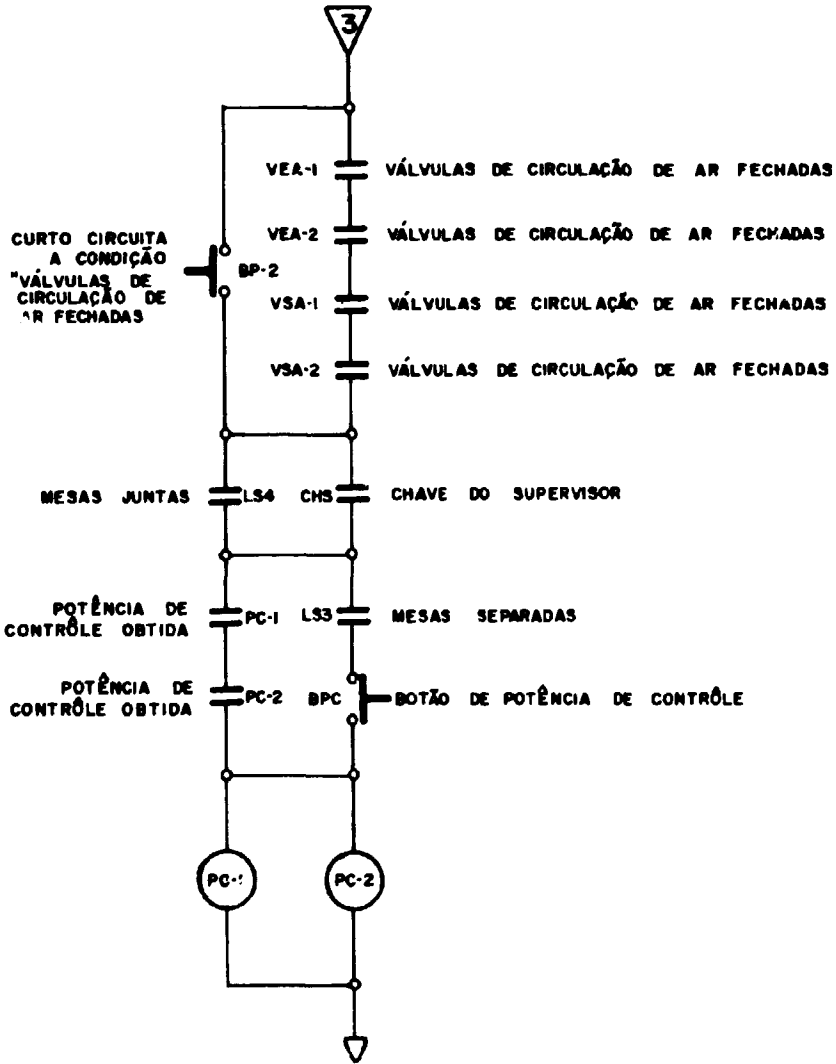


FIG. 3.7 d - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA POTÊNCIA DE CONTRÔLE

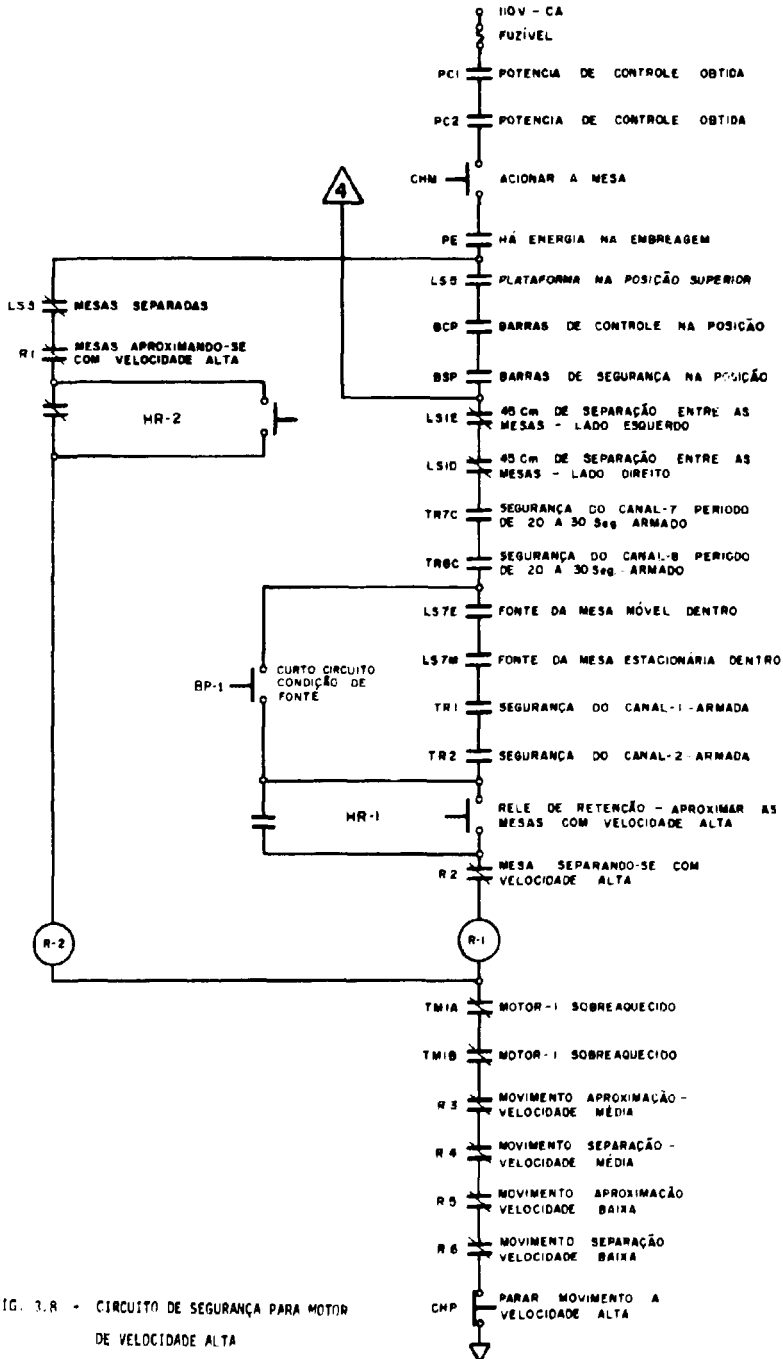


FIG. 3.8 - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA MOTOR DE VELOCIDADE ALTA

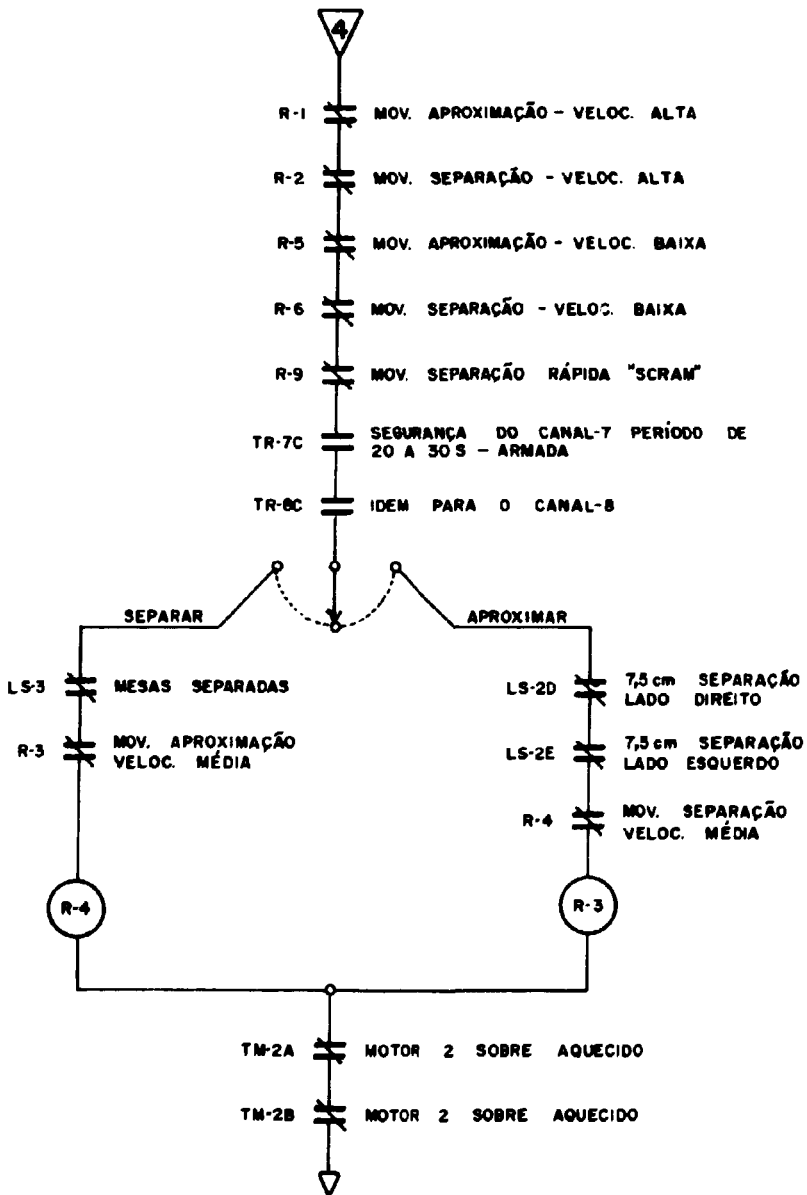


FIG. 3.9 - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA MOTOR DE VELOCIDADE INTERMEDIÁRIA

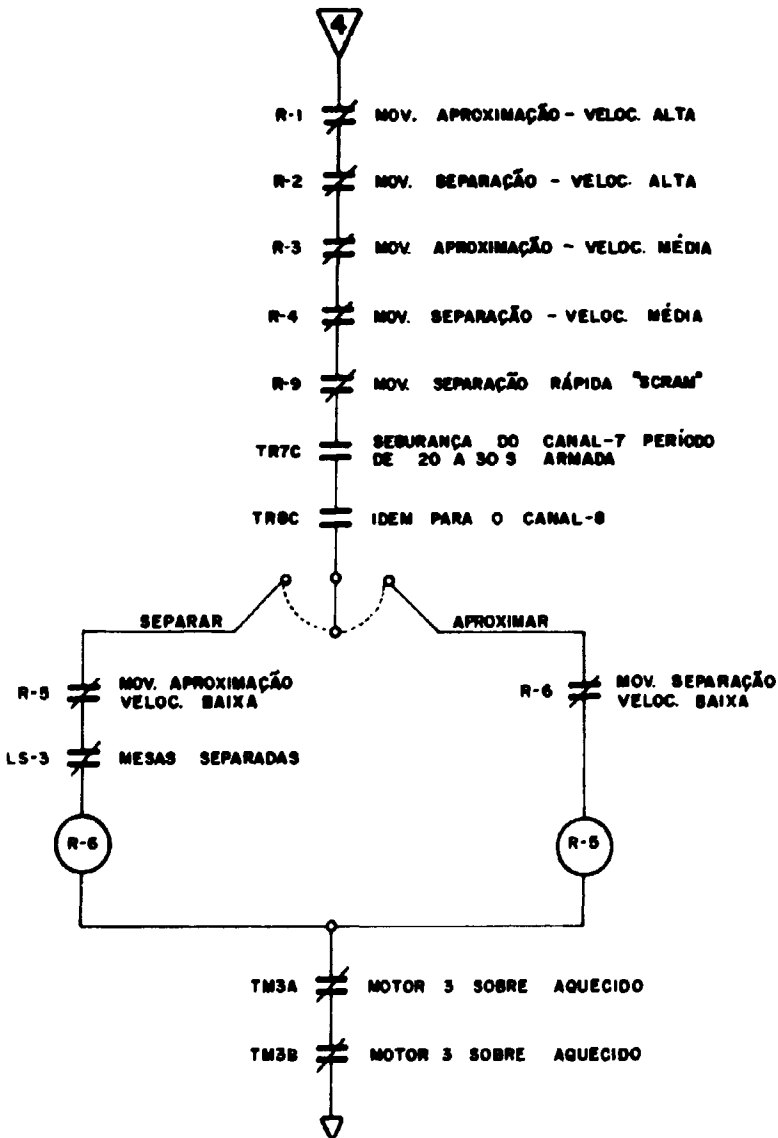


FIG. 3.10 - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA MOTOR DE VELOCIDADE BAIXA

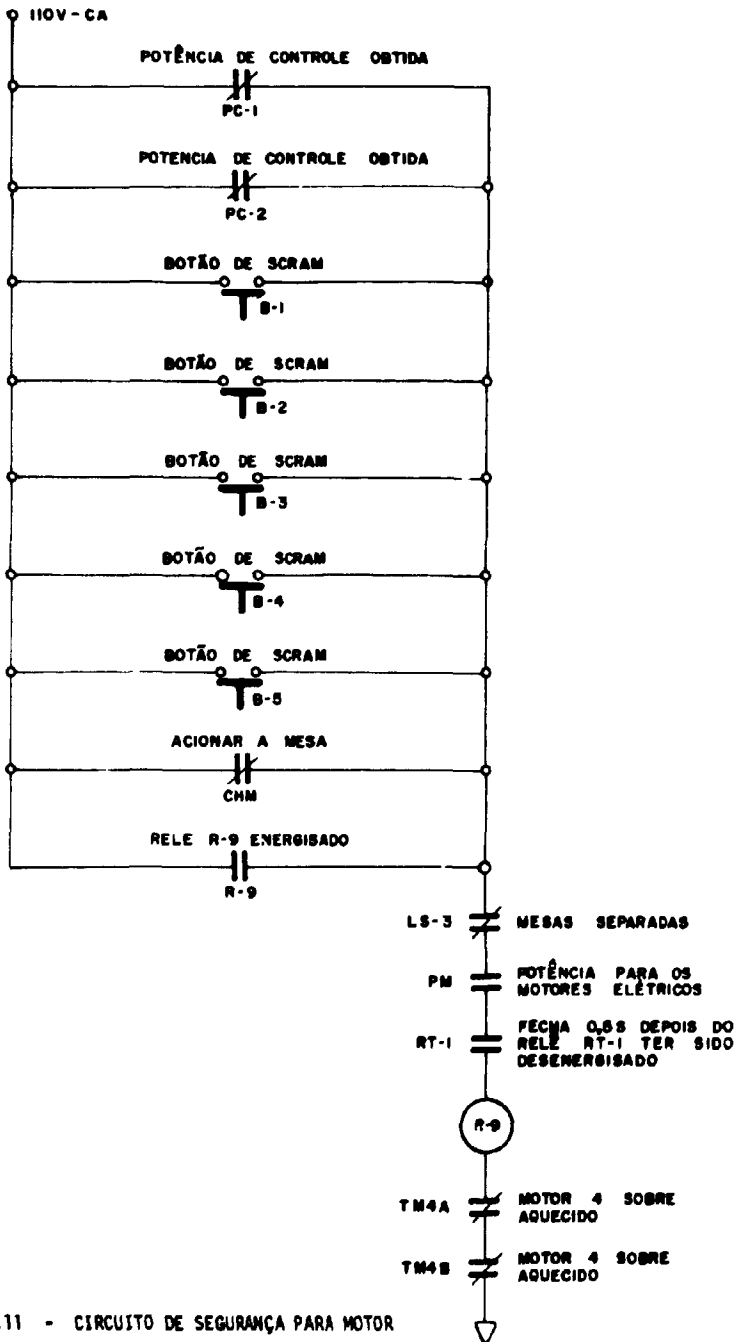
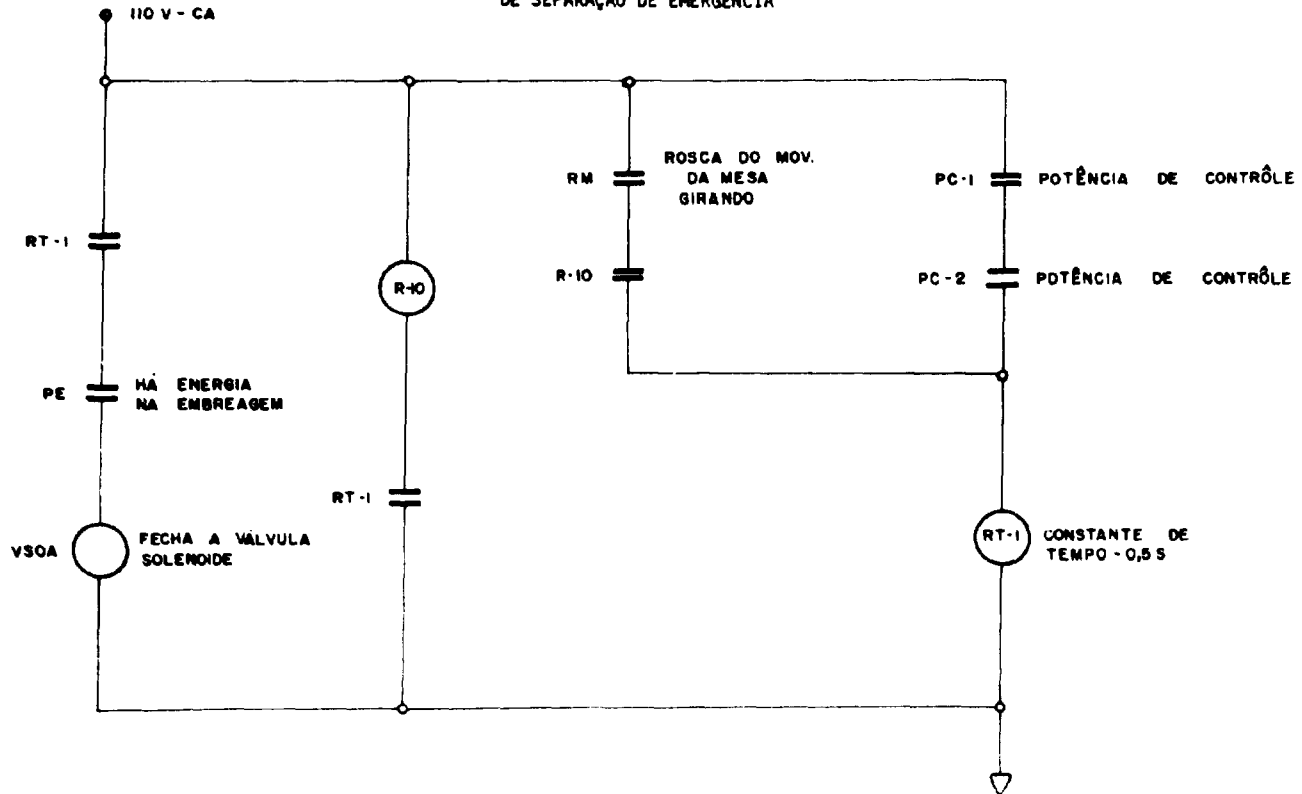


FIG. 3.11 - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA MOTOR DE SEPARAÇÃO RÁPIDA

FIG. 3.12 - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA MOTOR
DE SEPARAÇÃO DE EMERGÊNCIA



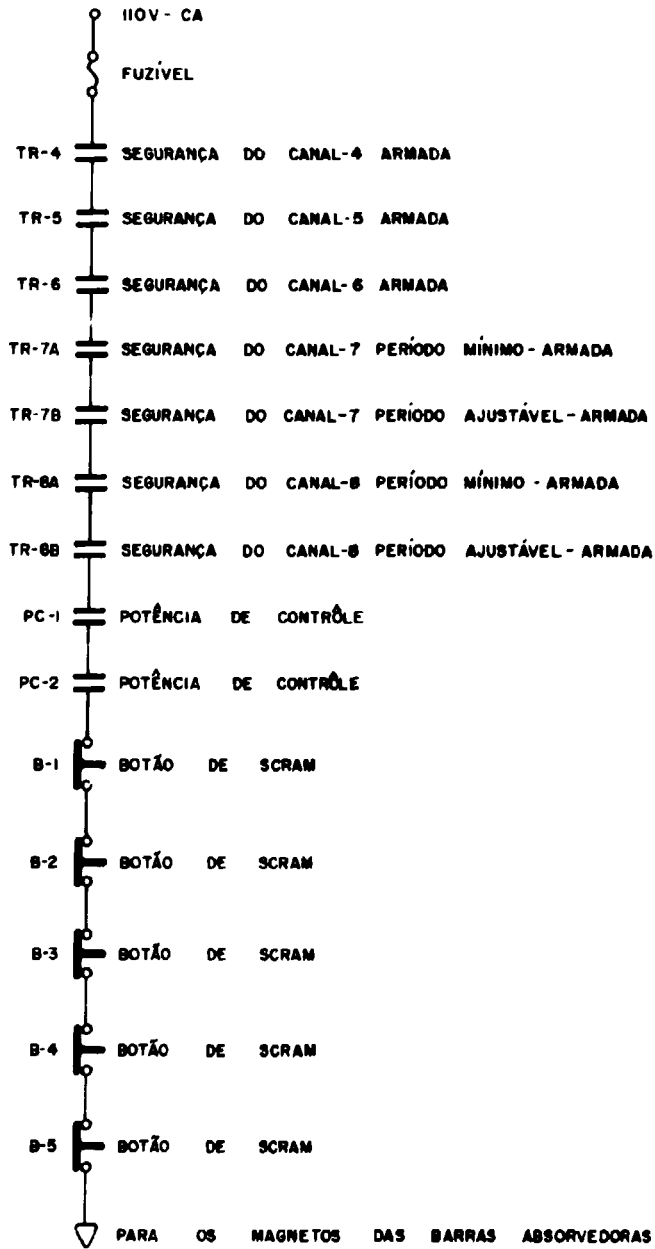


FIG. 3.13 - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA MAGNETO
DAS BARRAS ABSORVEDORAS

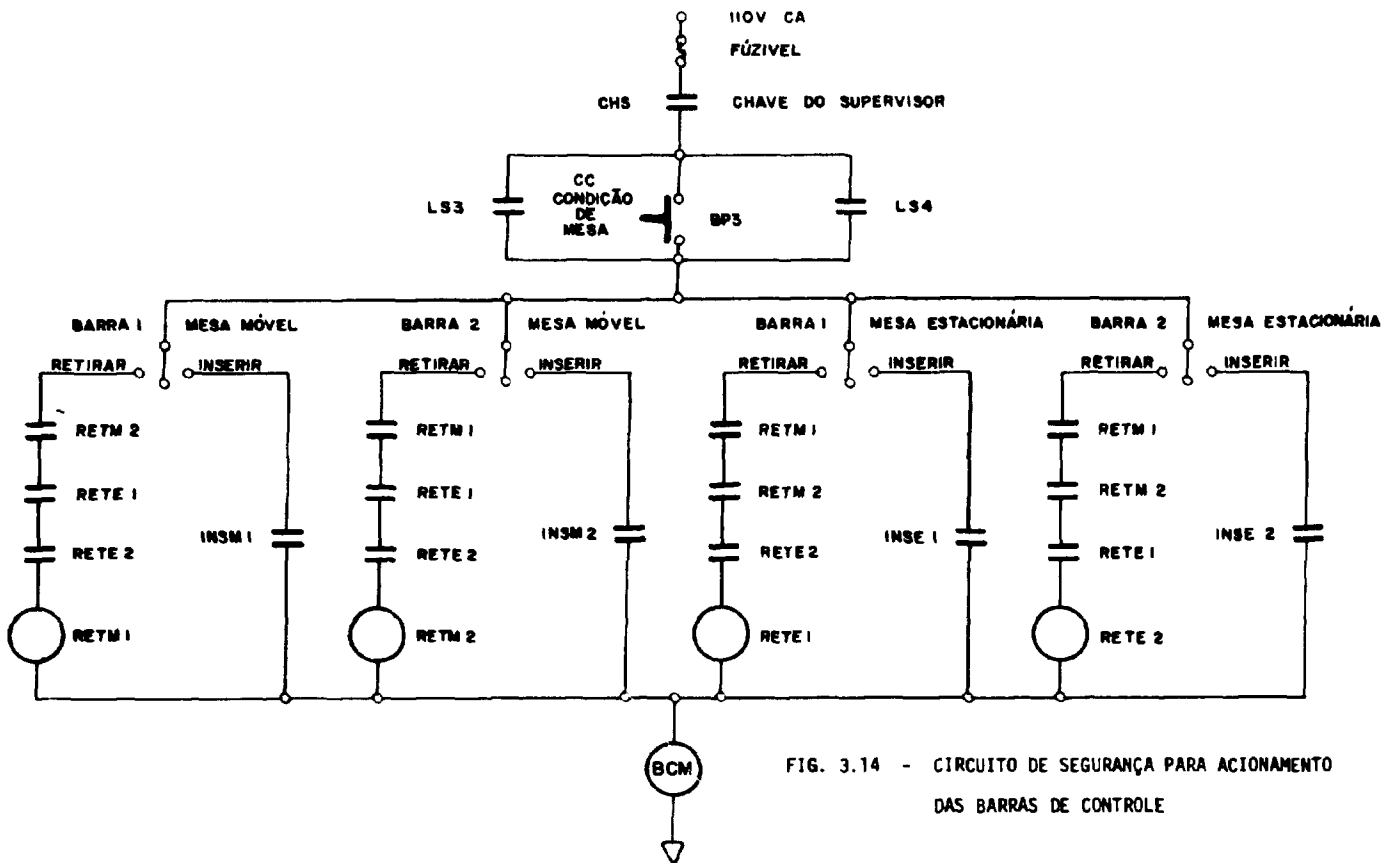


FIG. 3.14 - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA ACIONAMENTO DAS BARRAS DE CONTROLE

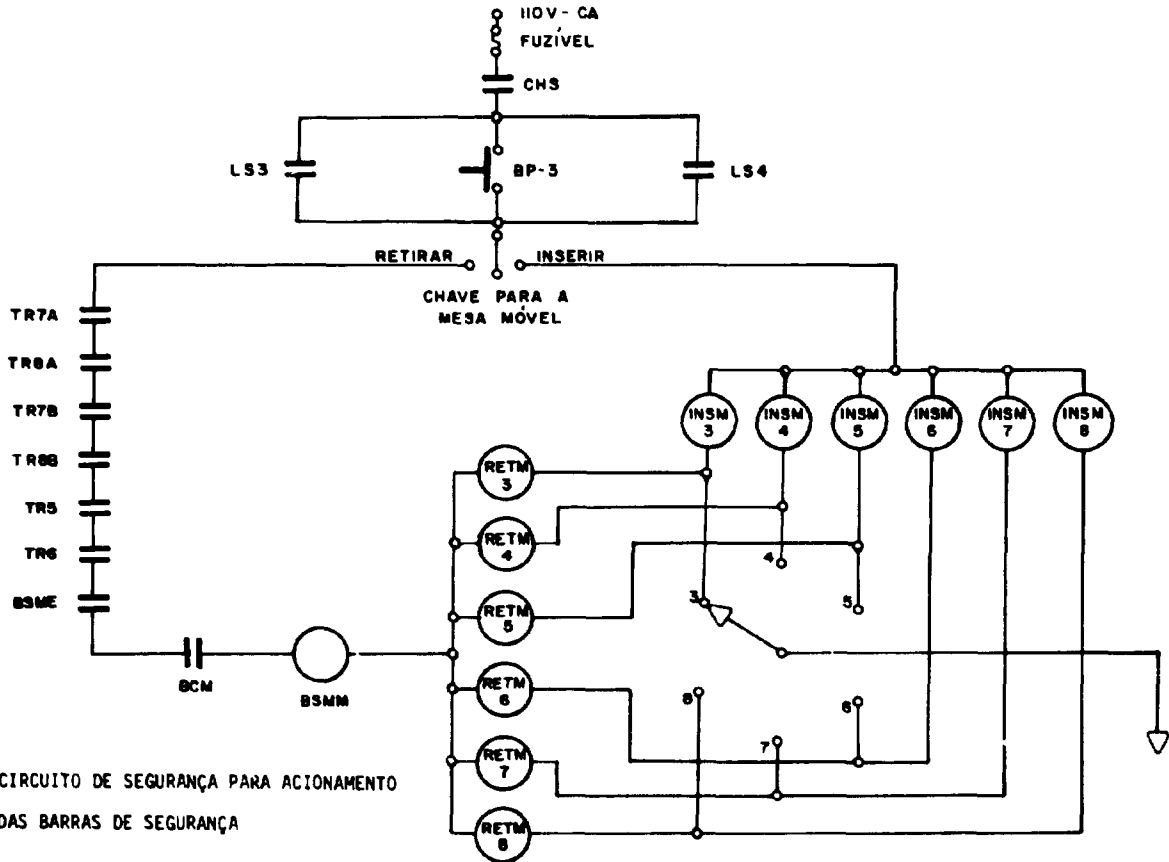
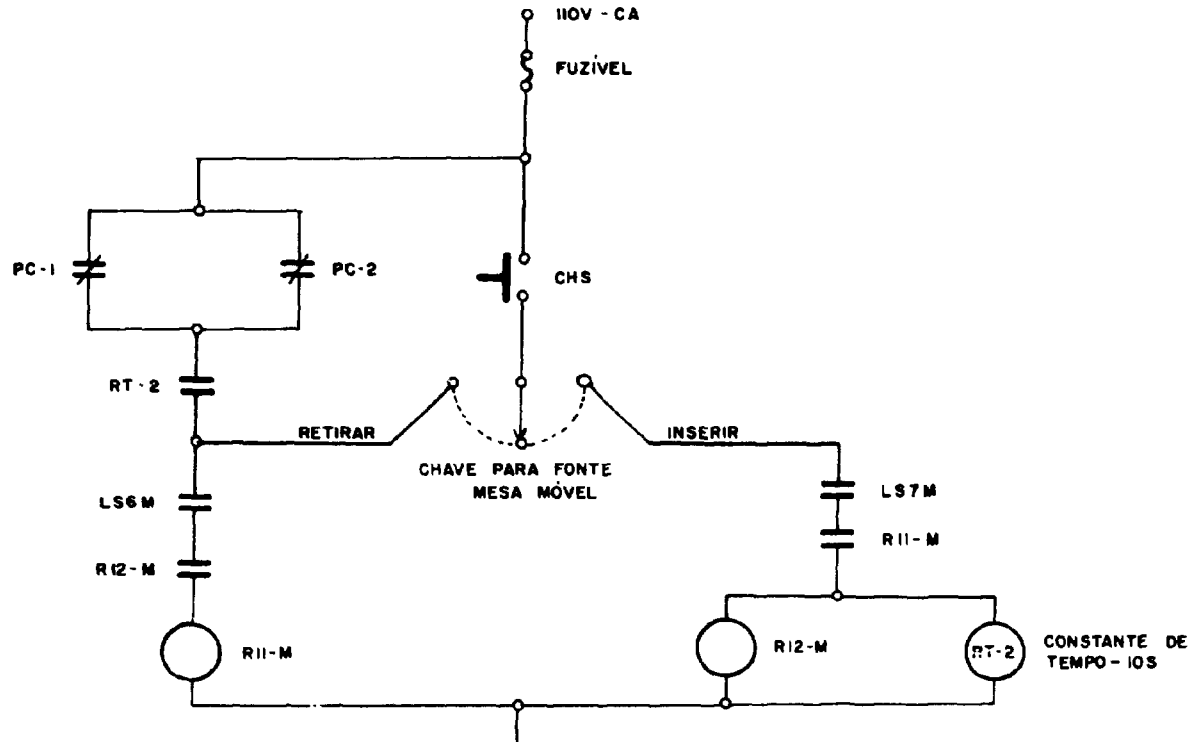
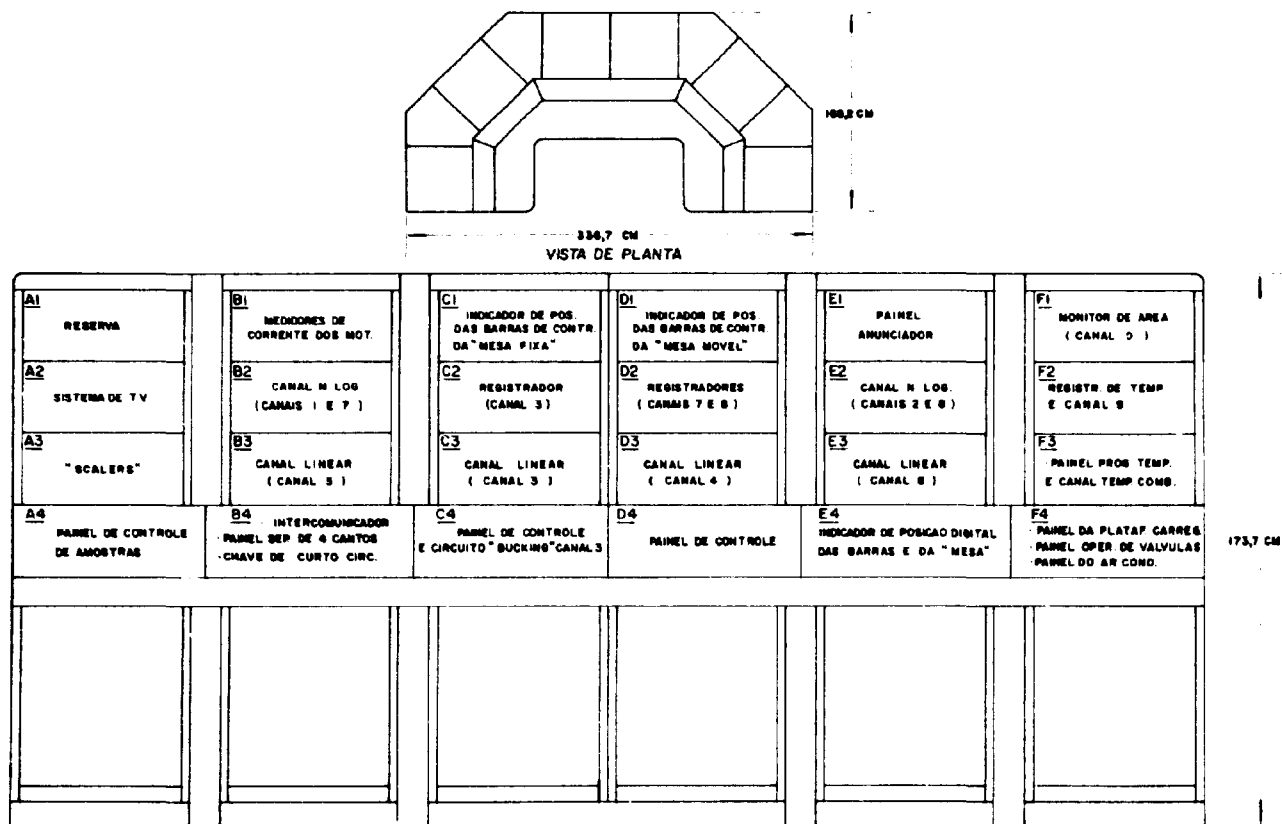


FIG. 3.15 - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA ACIONAMENTO DAS BARRAS DE SEGURANÇA

FIG. 3.16 - CIRCUITO DE SEGURANÇA PARA OPERAÇÃO DO MECANISMO DE ACIONAMENTO DA FONTE DE NEUTRONS





VISTA FRONTAL DA CABINE

FIG. 3.17 - PAINEL DE CONTROLE

segurança toda vez que houver falta de energia ou queima de bobina

Os circuitos de segurança e suas respectivas funções são apresentados a seguir

3 3 1 Circuito de segurança para potência de controle:

Potência de controle é uma condição que deve ser adquirida antes de colocar o reator em funcionamento, sem a qual é impossível fazê-lo. No caso de perda dessa condição teremos o "SCRAM" do reator.

O diagrama da Fig. 3 7 ilustra as condições que devem ser satisfeitas para a obtenção de "Potência de Controle", bem como o relacionamento entre elas.

3 3 2 Circuito de segurança para o motor de velocidade alta (25 cm/min):

Essa cadeia das condições para que o motor de 25 cm/min possa ser acionado. Além da condição de "Potência de Controle" e das outras condições mostradas no diagrama da Figura 3 8, convém ressaltar a condição necessária de que o circuito detetor de incidente para período (20-30 segundos) esteja na posição "armado". Essa condição se repetirá para os motores de velocidade intermediária e baixa.

É importante notar que a alimentação dos motores é feita por trilhos, de modo a impossibilitar o acionamento do mesmo fora da distância específica de operação.

3 3 3 Circuito de segurança para o motor de velocidade intermediária (5 cm/min)

Tal como o anterior, tem como função interromper o avanço da mesa móvel quando alguma situação irregular é detetada, ou impedir uma ação errada do operador. O diagrama está na Fig. 3 9.

3 3 4 Cadeia de segurança para o motor de velocidade baixa (0,5 cm/min):

Idem ao anterior para o motor de velocidade baixa. A Figura 3 10 mostra o diagrama.

3 3 5 Circuito de segurança para o motor de separação rápida

Quando o sinal de "SCRAM" é gerado em qualquer ponto do sistema, a corrente que alimenta a embreagem magnética dos motores de avanço é interrompida, parando o movimento de aproximação da mesa se for o caso. As barras absorvedoras são injetadas no caroço e a separação das mesas é efetuada pelo motor de separação rápida, cuja velocidade é de 75 cm/min.

O diagrama da Fig. 3 11 mostra o funcionamento do circuito de segurança para o motor de separação rápida.

3 3 6 Circuito de segurança para o motor de separação de emergência:

Existe a possibilidade de perda de potência da rede ou qualquer outro tipo de acidente

que impossibilita a operação do motor de separação rápida. Para suprir essa falta existe um motor de separação auxiliar movido a ar

O circuito de segurança funciona de modo a acionar o motor auxiliar 0.5 segundos após ter sido gerado o sinal de "SCRAM" e a separação não ter sido iniciada.

O diagrama da Fig 3 12 explica o funcionamento do circuito

3.3.7 - Circuito de segurança para magneto das barras absorvedoras:

O diagrama da Fig 3 13 mostra a cadeia de "SCRAM" para as barras absorvedoras. O circuito da corrente para os magnetos que prendem as barras é fechado pelos contatos indicados. Se um dos contatos abre, a corrente é interrompida, soltando todas as barras, que são injetadas por ação de molas no carço.

3.3.8 - Circuito de segurança para o acionamento das barras de controle:

O diagrama da Figura 3 14, mostra a cadeia de segurança para acionamento das barras de segurança, que serve para evitar a retirada de mais de uma barra simultaneamente ou o movimento das barras enquanto as mesas estiverem se aproximando (a menos que uma chave de "By pass" seja ligada com autorização especial do Supervisor)

3.3.9 - Circuito de segurança para acionamento das barras de segurança:

A Fig. 3 15, mostra o circuito de segurança para acionamento das barras de segurança para a mesa movel (barras de nº 5 à nº 10). O diagrama para a mesa estacionaria foi omitido por ser semelhante (referindo se às barras de nº 16)

3.3.10 - Circuito de segurança das barras absorvedoras para inicio de operação correto:

Esse circuito obriga o cumprimento da condição inicial. "barras de controle dentro" e "barras de segurança fora"

3.3.11 - Circuito de segurança para operação de mecanismo de movimento da fonte de neutrons:

O circuito de acionamento da fonte de neutrons é mostrado na Fig 3 16

3.4 - Circuitos adicionais:

O sistema de controle e instrumentação contém uma série de canais que fornecem toda uma série de informações sobre a operação e as condições físicas da célula do reator, do compartimento de armazenamento de combustível e da sala de controle

3.4.1 - Sistema de medida de temperatura:

O sistema de medida de temperatura usa termopares localizados na matriz de grafita. Ele é formado por um painel de 36 pontos localizado na sala de controle, e que é conectado com dois outros painéis, um em cada mesa do reator (18 pontos cada). O painel da sala de controle serve

para programar um registrador de doze pontos. Desse modo obtém-se uma boa informação da distribuição de temperatura do reator.

Se uma informação mais precisa sobre uma determinada medida é desejada, usa-se diretamente um voltímetro digital, que pode operar simultaneamente com o registrador.

3.4.2 - Sistema de medida de temperatura dos elementos de combustível:

Esse sistema consiste de dois conjuntos de dois detetores de temperatura (termopares) localizados em um elemento de combustível, um próximo ao centro do caroço e outro na extremidade oposta. Esses termopares alimentam um circuito de comparação na forma de amplificador diferencial, que além de oferecer a informação, aciona um relé cujos contatos são parte da cadeia de segurança de Potência de Controle, caso o gradiente medido seja maior que um determinado valor pré-fixado.

3.4.3 - Sistemas de medida de pressão e temperatura na célula do reator e na sala de controle:

Se as medidas indicarem uma temperatura ou pressão na sala de controle ou na célula do reator maiores que valores pré-fixados, um sinal de "SCRAM" é emitido.

3.4.4 - Sistema de medida de posição para a mesa móvel:

O conjunto cama-mesa é dotado de um sistema de medida de posição digital, com precisão de 0,002 mm para a faixa de 0-7,5 cm e um outro analógico, este cobrindo toda a faixa de deslocamento. Maiores detalhes sobre esse sistema podem ser encontrados na descrição do conjunto cama-mesa.

3.4.5 - Sistema de separação para os quatro cantos

Para detectar um eventual desalinhamento da superfície de aproximação das duas partes do reator, são adotados detetores de deslocamento, de alta precisão nos quatro cantos.

3.4.6 - Sistema de inserção das barras absorvedoras:

Cada barra terá sua posição indicada por um sistema digital, que fornece a leitura em centímetros de inserção, com uma precisão de leitura de 0,1 mm. O percurso total das barras é de 130 cm.

3.4.7 - Detetores de criticidade:

Cada monitor de criticidade consiste de um detetor de neutrons de alta sensibilidade (28 contagens/seg/nv), coberto com uma camada de 7,5 cm de polietileno, que funciona como moderador, acompanhado de um pré-amplificador.

Pré-amplificador é conectado com um analisador que fornece a monitoração do fluxo de neutrons em seis décadas.

Nesse analisador, localizado na sala de controle, são ligados os quatro monitores fixados nos seguintes locais:

- a) na célula
- b) na sala de preparação de combustível
- c.) no cofre de armazenamento de combustível 1
- d.) no cofre de armazenamento de combustível 2

Cada monitor tem dois níveis de alarme reguláveis, com opção para alarme local e remoto

Quando o nível máximo permitido para o local for atingido, o sistema aciona uma sirene junto ao monitor e faz soar o alarme na sala de controle. Os detalhes do sistema de alarme estão descritos na Referência 3.

3.4.8 - Sistema de detecção de fogo:

Esse sistema envolve seis detetores "Walter Kidde", que têm alta sensibilidade para a detecção de fogo ou de produtos de combustão.

Cada detetor consiste de uma câmara de ionização e uma fonte emissora de partículas alfa. O ar ionizado pelas partículas alfa, deixa passar uma determinada quantidade de corrente quando as condições ambientais são normais. Se esse ar é contaminado por produtos de combustão, ou sofre uma sensível variação na densidade devido ao aumento de temperatura, a corrente de ionização decrescerá, provocando o sinal de alarme. Esse sinal é enviado ao painel central, localizado na sala de controle, e ao painel de aviso da sala de entrada da área quente do reator, onde estão centralizados os serviços de proteção (ver Referência 3)

3.4.9 - Sistema de circuito fechado de televisão:

O sistema de televisão serve como método alternativo de monitoração da operação de fechamento da mesa, bem como para todo tipo de inspeção visual que se deseje fazer no interior da célula, quando esta deve permanecer fechada.

O sistema conta com três câmaras, uma na sala de processamento de combustível e duas na célula do reator, ligadas a um monitor de 17 polegadas localizado no painel de controle. Uma das câmaras da célula é provida de comando remoto para o "zoom", e para o movimento parcial de rotação horizontal e vertical.

3.4.10 - Controle automático:

As normas de segurança, para operação desse tipo de reator, recomendam que as correções nas flutuações do nível do fluxo de neutrons devam ser feitas com o acionamento das barras absorvedoras diretamente pelo operador, isto é, não devem ser utilizados dispositivos automáticos de controle.

Porém, em alguns casos especiais de necessidade experimentais, esse procedimento é praticamente impossível, tornando-se essencial a utilização de um mecanismo de controle automático. Esse sistema só poderá ser utilizado com autorização especial do supervisor.

O servo mecanismo do controle automático é acoplado a uma barra absorvedora de baixa reatividade, e o sinal que alimenta o amplificador do servo é fornecido pela saída de um

amplificador diferencial (sinal de erro), que é a diferença amplificada entre o nível do fluxo de neutrons, medido pelo canal 3, e o sinal de demanda, pre-fixado pelo operador

3 4 11 Sistema de alimentação elétrica de emergência:

O sistema de alimentação elétrica de emergência entra em funcionamento automaticamente toda vez que ocorre uma interrupção no fornecimento de energia elétrica. O sistema é composto de duas partes:

- a) Gerador acionado por motor elétrico alimentado por baterias ("nobreak")
- b) Gerador acionado por motor diesel

A parte de rede que está ligada ao sistema "no break" é aquela que não deve sofrer nenhum tipo de interrupção de recebimento de energia elétrica, seja por razões concernentes à segurança ou por motivos simplesmente operacionais.

O gerador acionado pelo motor diesel alimenta parcialmente a iluminação da área "quente" do prédio e toda parte da rede alimentada pelo sistema "no break". Ele entra em funcionamento alguns segundos após a interrupção do fornecimento.

O reator é automaticamente desligado quando a queda de tensão dura mais que 30 segundos. Para maiores detalhes consultar a Referência 3.

3 4 12 Painel anunciador:

No painel de controle há um painel anunciador com 48 quadros rotulados que anunciam irregularidades operacionais do reator e de todo o prédio. Alguns desses avisos são enviados também à sala do serviço de proteção e à sala do Supervisor conforme na Referência 3.

Sempre que um "SCRAM" acende-se um ou eventualmente mais de um quadro no painel e soa uma campainha, anunciando o motivo que originou o desligamento do reator.

O quadro só apaga quando o motivo que originou o alarme desaparece. A campainha pode ser desligada quando o operador aperta o botão rotulado "Tomar conhecimento".

Os quadros têm 2,5 cm de altura por 7,5 cm de comprimento, e são arranjados de maneira tal que certos avisos, considerados de nível de importância superior, possam ser dados em quadros com tamanho duplo, isto é, 5,0 por 7,5 cm.

Cada quadro é equipado com duas lâmpadas, para evitar que a queima de uma delas comprometa a informação. Diariamente o operador deve pressionar o botão junto ao painel, rotulado "Testar", para verificar se todos os quadros se acendem com intensidade normal. O reator não deverá ser colocado em operação antes que as lâmpadas defeituosas sejam substituídas.

O painel contém 48 quadros de tamanho normal, com uma separação entre as diversas áreas, sendo ainda cada área identificada por uma cor característica. As áreas e os quadros contidos por elas são:

3 4 12 1 Operação do Reator

Nível de Gama no reator
Temperatura no caroço
Nível de Gama na Celula
Temperatura na Celula
Pressão na Celula
Gradiente de temperatura no combustível
Nível de Gama na exaustão normal
Nível de Gama na Exaustão de emergência
Nível de Gama na chaminé

3 4 12 2 Instrumentação Nuclear

Perda de alta tensão do canal 3
Perda de alta tensão do canal 4
Perda de alta tensão do canal 5
Perda de alta tensão do canal 6
Perda de alta tensão do canal 7
Perda de alta tensão do canal 8
Contagem do canal 1 baixa
Contagem do canal 2 baixa
Nível do canal 4 alto
Nível do canal 5 alto
Nível do canal 6 alto
Período baixo para movimento da mesa (C 7)
Período baixo para movimento da mesa (C 8)
Período baixo para operação (C 7)
Período baixo para operação (C 8)
Período abaixo do mínimo 5 seg (C7)
Período abaixo do mínimo 5 seg (C 8)

3 4 12 3 Condições curto circuitadas

condição de fonte curto circuitada
condição de mesas juntas curto circuitada
condição de válvulas fechadas curto circuitada

3 4 12 4 Ventilação e sistema de pressão

Temperatura na sala de controle
Pressão do motor auxiliar
Pressão da exaustão central

3 4 12 5 Portas da celula:

Porta do pessoal aberta
Porta de escape aberta
Porta de carga aberta

3.4.12.6 - Várias

- Gerador de emergência na linha
- Plataforma de carga abaixada
- Blindagem fora do lugar de armazenamento
- Embreagem desligada
- Motor 25 cm/min super aquecido
- Motor 5 cm/min super aquecido
- Motor 95 cm/min super aquecido

3.4.13 Outros sistemas de alarme

Alem do painel, existem os botões rotulados que se acendem quando pressionados e permanecem acesos enquanto estiverem atuando, anunciando dessa forma, um certo tipo de ação

Alem disso, lâmpadas junto a diversos comandos indicam posições e situações, como por exemplo: mesas totalmente separadas, as barras que estão atuando como barras de segurança, fonte dentro do carço etc

O sistema de alarme contra fogo dispõe de um painel anunciador próprio indicando o local onde foi detectada fumaça ou aumento de temperatura. Os detalhes estão especificados na Referência 3

3.4.14 Console de controle

O console de controle tem um formato indicado na Figura 3.17, estando os instrumentos posicionados quanto a ordem de operação da esquerda para a direita

Para minimizar o numero de lâmpadas e chaves no painel foi adotado o sistema de botões auto sinalizadores, isto e, o botão acende se quando pressionado

Referências

- 1 - FERREIRA, A. C. A. O projeto do carço do reator de potência zero do IEA. São Paulo, agosto de 1974 (Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica)
- 2 - KATO, M. Y. et alii. Final safety analysis report on the use of plutonium in ZPR 6 and ZPR 9. Argonne, I11, Argonne National Laboratory, Feb. 1970 (ANL 7442)
- 3 - GRANZIERA, M. R. et alii. Projeto da instalação elétrica do prédio do reator de potência zero e laboratorios anexos da "CEN" São Paulo, IEA, Setembro 1974, (Inf. IEA - 32)

