

B2861573

~~CONFIDENTIAL~~

CONFIDENTIAL



CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA E PESQUISA

DATA DE EMISSÃO: 10/01/2001

REVISÃO: 01

**MODIFICAÇÕES INCORPORADAS AO REATOR  
IPR-R1 E SEUS SISTEMAS AUXILIARES**

**Fausto Maretti Júnior  
Valter Alves de Amorim  
José Geraldo Coura**

**NUCLEBRÁS/CDTN-532**

EMPRESAS NUCLEARES BRASILEIRAS S.A. - NUCLEBRÃS  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR  
DEPARTAMENTO DE APOIO TÉCNICO

MODIFICAÇÕES INCORPORADAS NO REATOR  
IPR-R1 E SEUS SISTEMAS AUXILIARES

Fausto Maretti Júnior  
Valter Alves de Amorim  
José Geraldo Coura

NUCLEBRÃS/CDTN-532

TRABALHO A SER APRESENTADO NO I CONGRESSO GERAL  
DE ENERGIA NUCLEAR, RIO DE JANEIRO, 17-20 MARÇO  
DE 1986

Belo Horizonte

1986

MODIFICAÇÕES INCORPORADAS AO REATOR IPR-R1 E SEUS  
SISTEMAS AUXILIARES

Fausto Maretta Júnior  
Valter Alves de Amorim  
José Geraldo Coura

Departamento de Apoio Técnico  
NUCLEBRÁS/Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear  
Belo Horizonte - MG.

Resumo

O reator IPR-R1 é do tipo TRIGA MARK I, fabricado pela General Atomic, da General Dynamics Corporation nos EUA e está em operação desde 1960. Durante esses vinte e cinco anos de operação ocorreram diversas modificações no projeto original. Elas permitiram aperfeiçoar os sistemas de irradiação de amostras e o seu desempenho. As características básicas do projeto original do reator foram preservadas, com manutenção dos parâmetros de segurança. Este trabalho apresenta uma descrição sucinta dos melhoramentos realizados no reator IPR-R1.

Abstract

The IPR-R1 reactor is a TRIGA MARK I type, built by General Atomic of General Dynamics Corporation in USA. It has been in operation since 1960. During these twenty-five years of operation, several changes were made in the original design. They permitted to improve the irradiation systems and their performance. The basic characteristics of the reactor original design were preserved, with maintenance of the safety parameters. This paper presents a brief description of the improvements made in the IPR-R1 reactor.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	4
2. PROJETO ORIGINAL E MODIFICAÇÕES .....	4
2.1 Sistema de Refrigeração .....	4
2.2 Instalação do Tanque .....	5
2.3 Troca do Mecanismo de Acionamento de Barras .....	5
2.4 Otimização dos Sistemas Pneumáticos de Transferência .....	5
2.5 Outras Melhorias .....	6
3. CONCLUSÕES .....	6
4. BIBLIOGRAFIA .....	6

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos de operação do reator de pesquisa IPR-R1, atualmente sob a responsabilidade do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN, das Empresas Nucleares Brasileiras S.A. NUCLEBRÁS, foram realizadas diversas melhorias com o objetivo de adequar as condições de operação do mesmo e aumentar a capacidade de irradiação de amostras. O projeto original do reator foi mantido e as modificações ocorridas contribuíram para que a segurança de operação, também, fosse melhorada.

A substituição do sistema de refrigeração iniciou uma série contínua de melhoramentos, que hoje culmina com a necessidade de um anteprojeto de uma nova mesa de instrumentação para o reator, o que possibilitará no futuro a ampliação da potência atual de regime, de 100 para 250 kW.

## 2. PROJETO ORIGINAL E MODIFICAÇÕES

O IPR-R1 é um reator intrinsecamente seguro, devido ao fato de possuir um alto coeficiente pronto negativo de temperatura, resultante das propriedades características do próprio combustível, uma mistura sólida homogênea de hidreto de zircônio e urânio enriquecido a 20%. O núcleo do reator é constituído por 50 elementos combustíveis-moderadores e 27 elementos de grafita que atuam como refletores. Está localizado no fundo de um poço com cerca de 19.000 litros de água leve desmineralizada [1,2,3] - FIGURA 1.

A refrigeração do reator é feita por convecção natural da água, sendo esta refrigerada por um sistema forçado do tipo água/água. O reator possui ainda um refletor radial, em anel de grafita envoltório ao núcleo, e é controlado por três barras de carbono de boro.

Existem no reator quatro locais para irradiação de amostras: Tubo Central, Mesa Giratória (em cavidade existente no anel refletor de grafita) e dois Sistemas Pneumáticos de Transferência de amostras (um localizado no último anel do núcleo, em lugar de um elemento refletor, e outro junto à face externa do refletor radial) - FIGURA 2.

### 2.1 Sistema de Refrigeração

Quando da instalação do reator, a potência de regime era de 30 kW, com possibilidade de operar a 100 kW, por períodos limitados. A água de refrigeração do circuito primário era circulada em um sistema que utiliza "Freon 22", com uma potência de refrigeração de 30 kW. Como esta era insuficiente para operações a 100 kW por períodos prolongados, foi projetado e instalado um sistema com uma capacidade de refrigeração de até 250 kW em regime. A troca permitiu, além de operações permanentes a 100 kW, a possibilidade de aumentar a potência do reator para 250 kW - TABELA 1.

O novo sistema é constituído por um circuito primário, pelo qual flui a água desmineralizada do reator, e um circuito secundário

rio, por onde circula a água da rede. O conjunto utiliza um trocador de calor do tipo casco e tubos, e uma torre de refrigeração com capacidade de até 300 kW [4] - FIGURA 3.

## 2.2 Instalação do Tanque

Originalmente o poço do reator era constituído por um cilindro coaxial de chapa de aço, revestido externamente e internamente com uma camada de concreto. A camada interna tinha por revestimento a resina "epoxy", que ao longo dos anos de operação foi sendo danificada e que foi retirada em 1972, para instalação de um tanque de alumínio (liga AA5052, de baixo teor de cobre), especialmente projetado. Este atualmente comporta todo o conjunto do reator, que está imerso em água desmineralizada [5] - FIGURA 4.

## 2.3 Troca do Mecanismo de Acionamento de Barras

O mecanismo de acionamento de barras de controle do reator IPR-R1 é composto de um motor, pínhão e cremalheira. O motor é bifásico, assíncrono e instantaneamente reversível. Com o uso constante ao longo do tempo, os sistemas originais de acionamento foram-se desgastando, tornando sua substituição inadiável. Um conjunto novo foi adquirido da General Atomic e providenciada sua troca em 1979. Elaborou-se então, um roteiro detalhado com todas as diretrizes a serem tomadas, para que a segurança do reator fosse resguardada [6].

Com exceção da velocidade de retirada das barras, a qual foi modificada através da substituição dos redutores dos novos motores pelos redutores originais, o novo mecanismo se mostrou compatível com a segurança exigida para operação do reator [7] - FIGURA 5.

## 2.4 Otimização dos Sistemas Pneumáticos de Transferência

A análise de minérios de urânio provenientes das jazidas do País, foi sendo incrementada ao longo da última década. Para que a demanda existente pudesse ser atendida, tornou-se necessário ampliar a capacidade dos sistemas pneumáticos de transferência de amostras. O próprio Laboratório do Reator desenvolveu um projeto de otimização desse sistema, o qual, após a instalação, permitiu aumentar em 105% a velocidade de análise das amostras de minérios de urânio, através da técnica de nêutrons retardados [8].

A otimização permitiu que o volume de amostras analisado chegasse a um valor máximo da ordem de 60.000 amostras/ano. A automação executada, além de aprimorar o sistema de irradiação e captação rápida dos dados, contribuiu para uma redução na queima dos elementos combustíveis, pois foi duplicada sua capacidade de dosagem de amostras [9] - FIGURA 6.

## 2.5 Outras Melhorias

Encontram-se em fase de implementação, junto aos sistemas ligados ao IPR-R1, as seguintes melhorias:

- . Nova otimização dos sistemas de transferências pneumáticas de irradiação;
- . Deionizador da água do poço do reator, com resinas de troca iônica, em leitos separados;
- . Manipulador mecânico para isótopos com alta atividade específica, blindagem e respectivos sistemas de monitoração;
- . Monitor dos parâmetros auxiliares durante a operação do reator;
- . Instalação junto ao núcleo do reator do quinto dispositivo para irradiação de amostras (extrator de nêutrons) [10].

## 3. CONCLUSÕES

Os critérios adotados para proceder às modificações do reator IPR-R1 e seus sistemas auxiliares, relatados no presente trabalho, sempre foram orientados no sentido de adoção das normas internas, da Empresa e as vigentes na Comissão Nacional de Energia Nuclear, de forma a preservar os princípios e regras de segurança com os trabalhos realizados.

As melhorias introduzidas permitiram considerável participação do IPR-R1, durante a última década, nos trabalhos realizados pela Empresa, em atendimento à demanda de análises do programa nuclear brasileiro.

Conforme está programado, a sequência de melhorias deverá continuar, com instalação de uma nova instrumentação para o controle do reator. Prevê-se inclusive, o aumento da sua potência, até 250 kW, o que permitirá obter um fluxo máximo de nêutrons térmicos da ordem de  $10^{13}$  n.cm<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup> [11].

## 4. BIBLIOGRAFIA

- [1] GULF GENERAL ATOMIC. Experiments with TRIGA MARK I reactor. San Diego, Ca., 1958. (GA-295)
- [2] GULF GENERAL ATOMIC. TRIGA MARK I reactor description. San Diego, Ca., 1959. (GA-952)
- [3] CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR, Belo Horizonte. Manual de operações do reator IPR-R1. Belo Horizonte, NUCLEBRAS, CDTN, 1982.
- [4] SILVA, V. M. A. Ante-projeto de ampliação da potência do reator IPR-R1. Belo Horizonte, Instituto de Pesquisas Radioativas, 1972. (Nota DR-59/72)



- [5] CREPALDI, R. Estudos complementares do projeto do tanque de revestimento em alumínio do Reator IPR-R1. Belo Horizonte, CBTN, Instituto de Pesquisas Radioativas, 1975.
- [6] MARETTI JR., Fausto et alii. Roteiro de testes para troca dos sistemas de acionamento de barras de controle do Reator TRIGA IPR-R1. Belo Horizonte, NUCLEBRAS, CDTN, 1979. (Nota Técnica LABRE-002/79)
- [7] MARETTI Jr., Fausto; AMORIM, Valter Alves; COURA, José Geraldo. Resumo dos resultados obtidos nos testes de partida do reator TRIGA IPR-R1, após a troca do mecanismo de acionamento das barras. Belo Horizonte, NUCLEBRAS, CDTN, 1979. (Nota Técnica LABRE 005/79)
- [8] AMORIM, Valter Alves. Otimização da utilização do segundo terminal pneumático do reator na dosagem de minério de urânio. Belo Horizonte, NUCLEBRAS, CDTN, 1978. (Nota Técnica DEAT-001/78)
- [9] AMORIM, Valter Alves. Segunda otimização do terminal pneumático TP-2 na dosagem de minério de urânio por nêutrons retardados. Belo Horizonte, NUCLEBRAS, CDTN, 1980. (Nota Técnica DEAT LABRE-001/80)
- [10] COURA, José Geraldo. Projeto de um sistema auxiliar de controle de parâmetros de segurança do IPR-R1. Belo Horizonte, NUCLEBRAS, CDTN, 1984. (Nota Técnica DEAT.PD-011/84)
- [11] SILVA, V. M. A. Aumento de potência do reator IPR-R1 para 250 kW: viabilidade e objetivos. Belo Horizonte, Instituto de Pesquisas Radioativas, 1969.

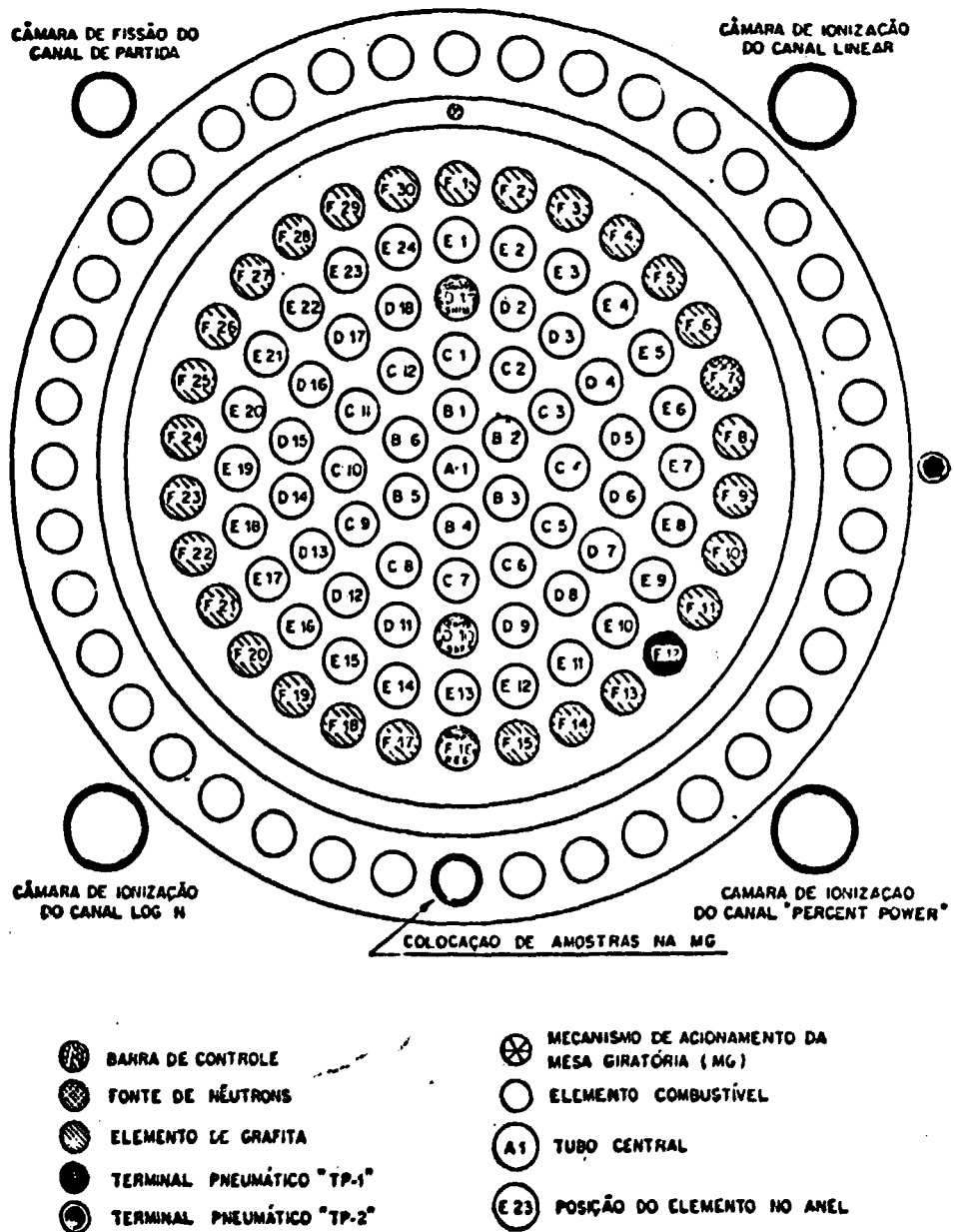


FIGURA 1 - CONFIGURAÇÃO ATUAL DO NÚCLEO DO REATOR IPR-R1.

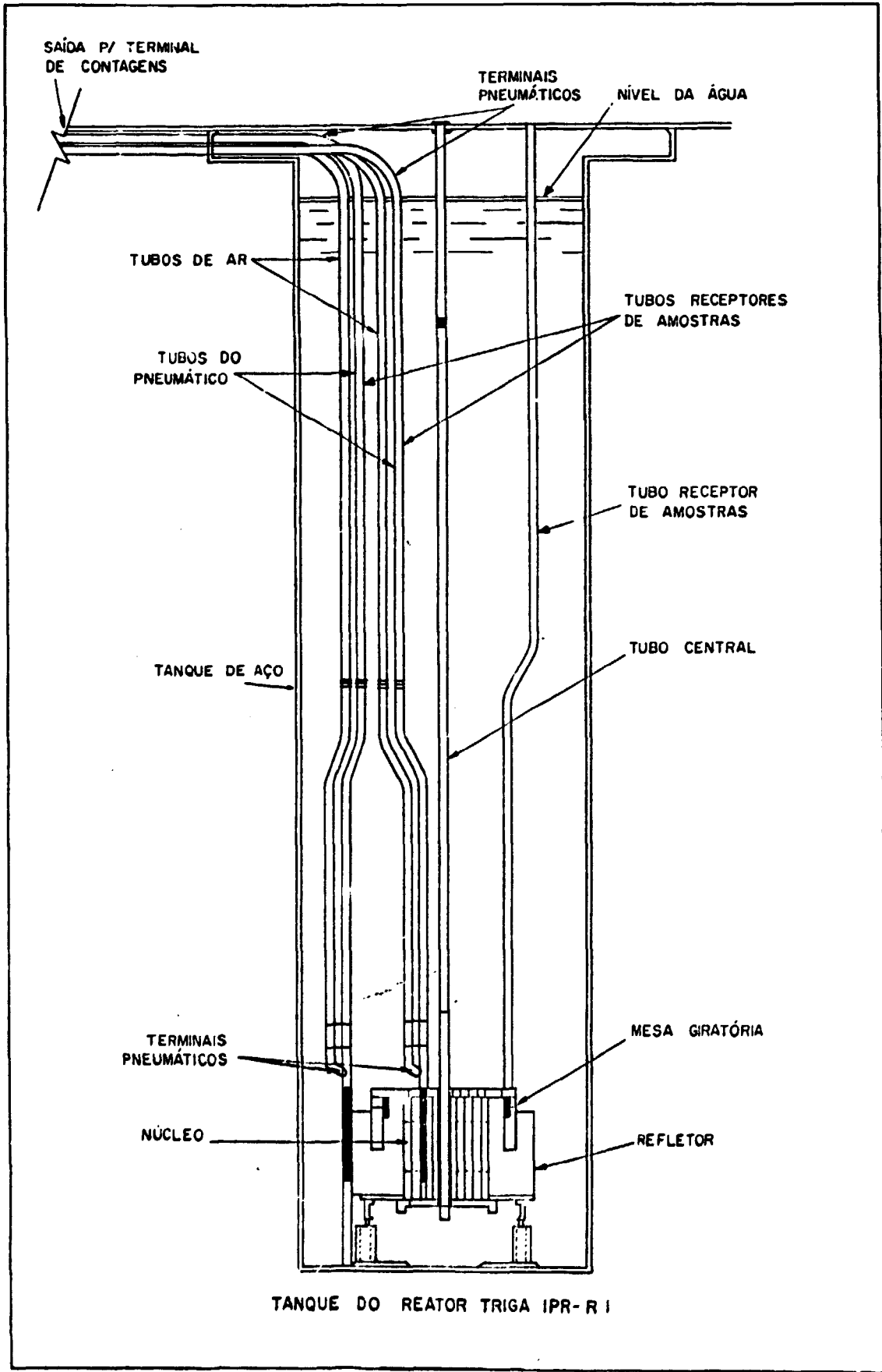


FIGURA 2 - REATOR IPR-R1

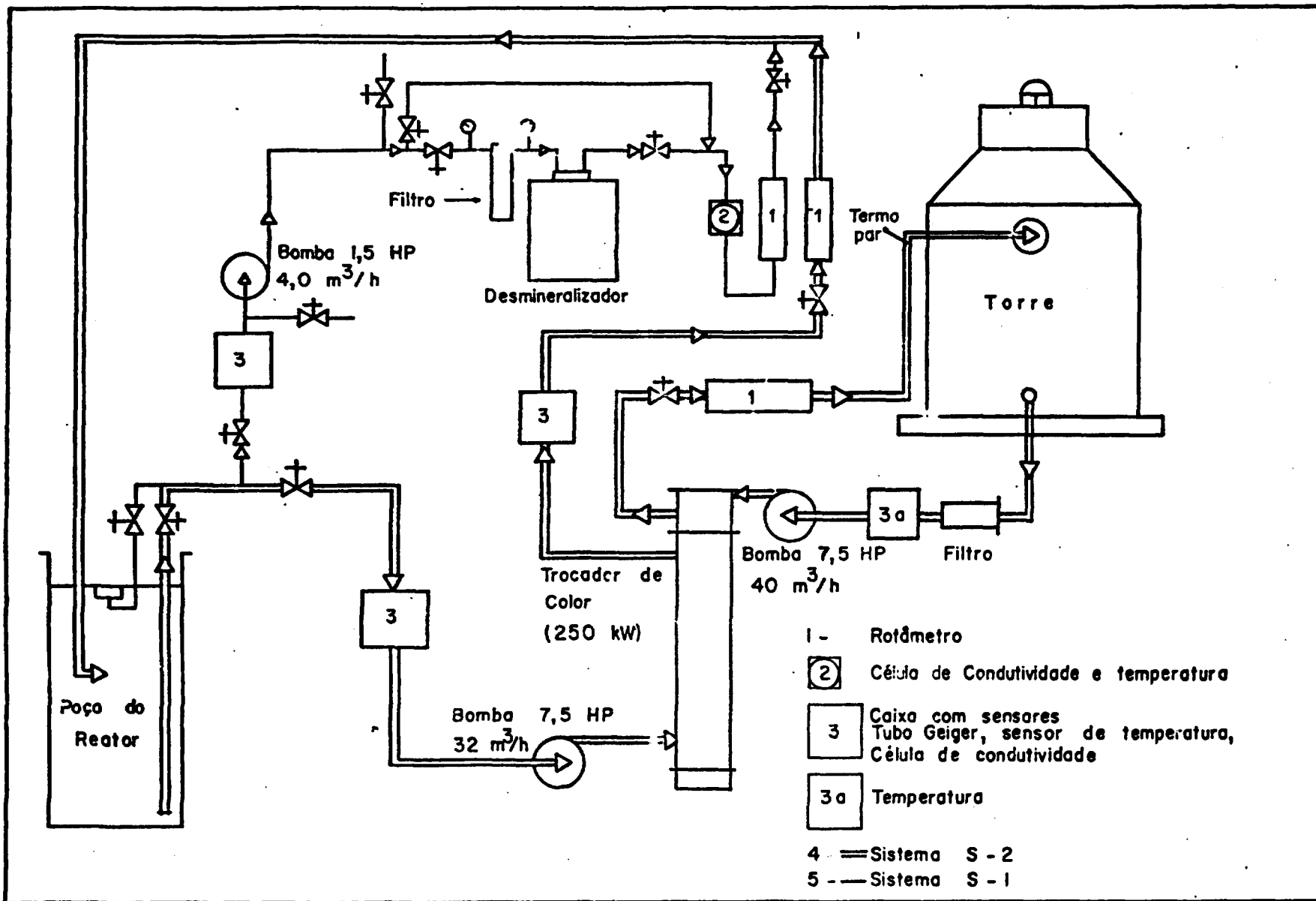


FIGURA 3 - SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO DO REATOR IPR-R1

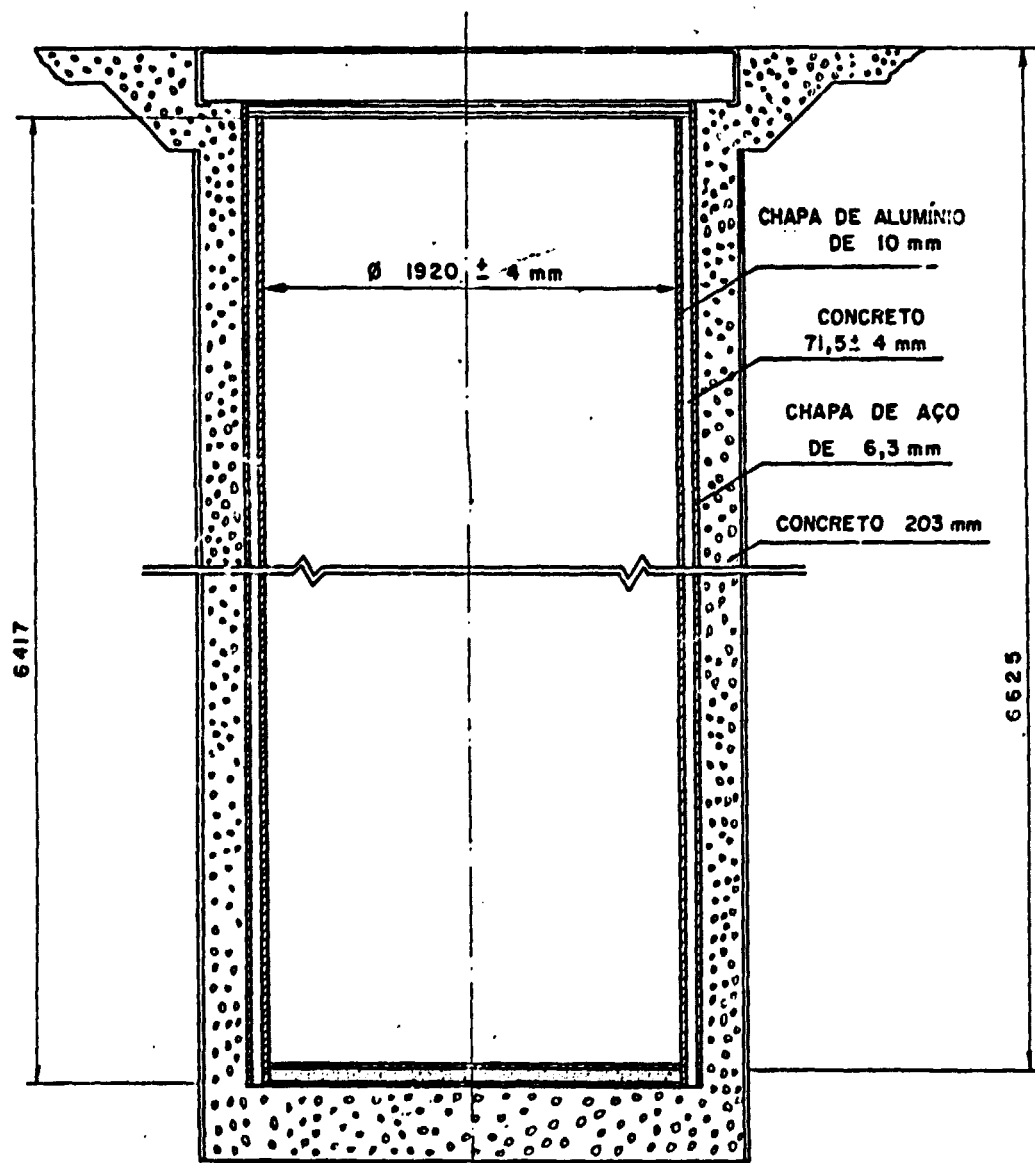


FIGURA 4 - TANQUE DO REATOR IPR-R1

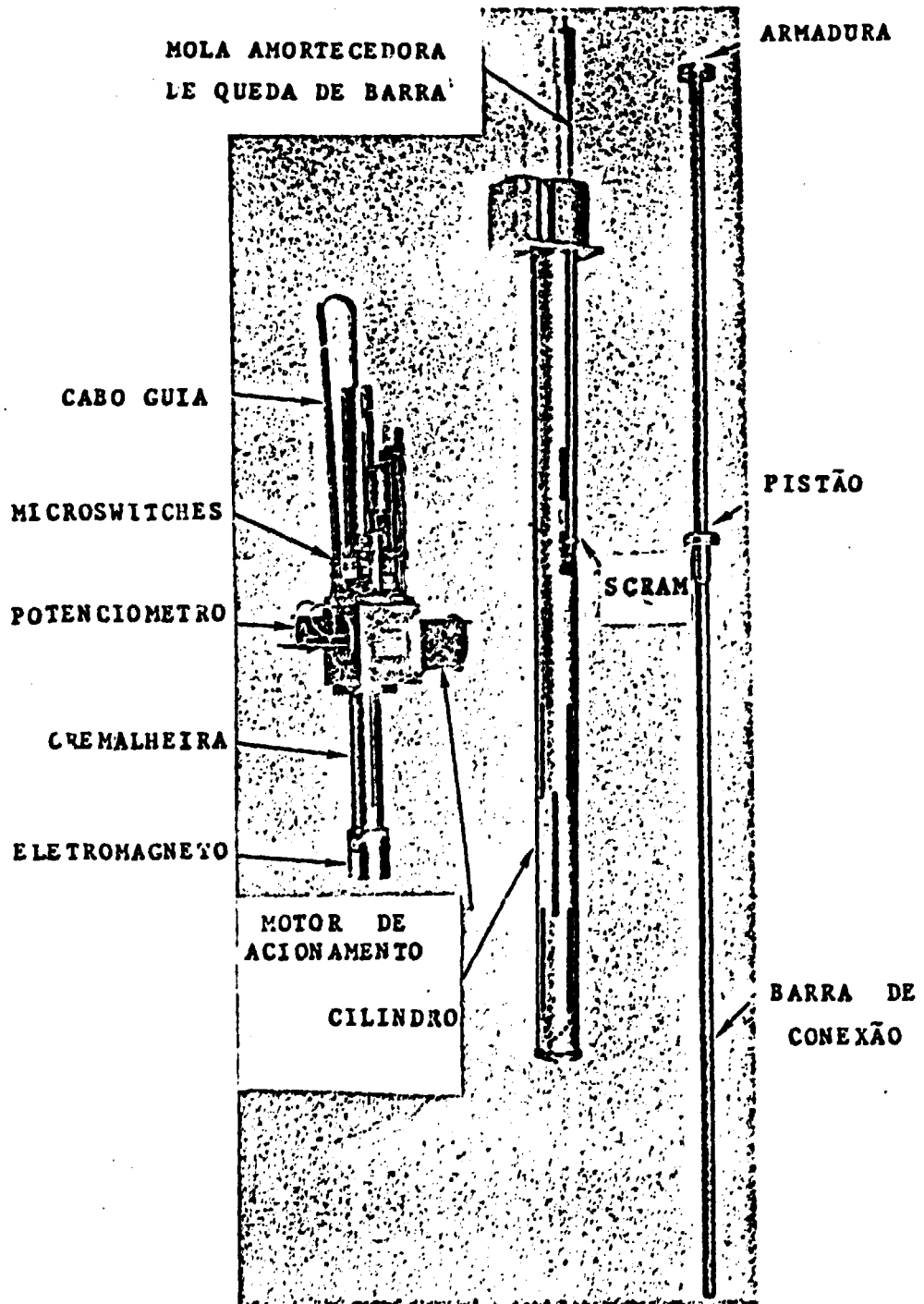
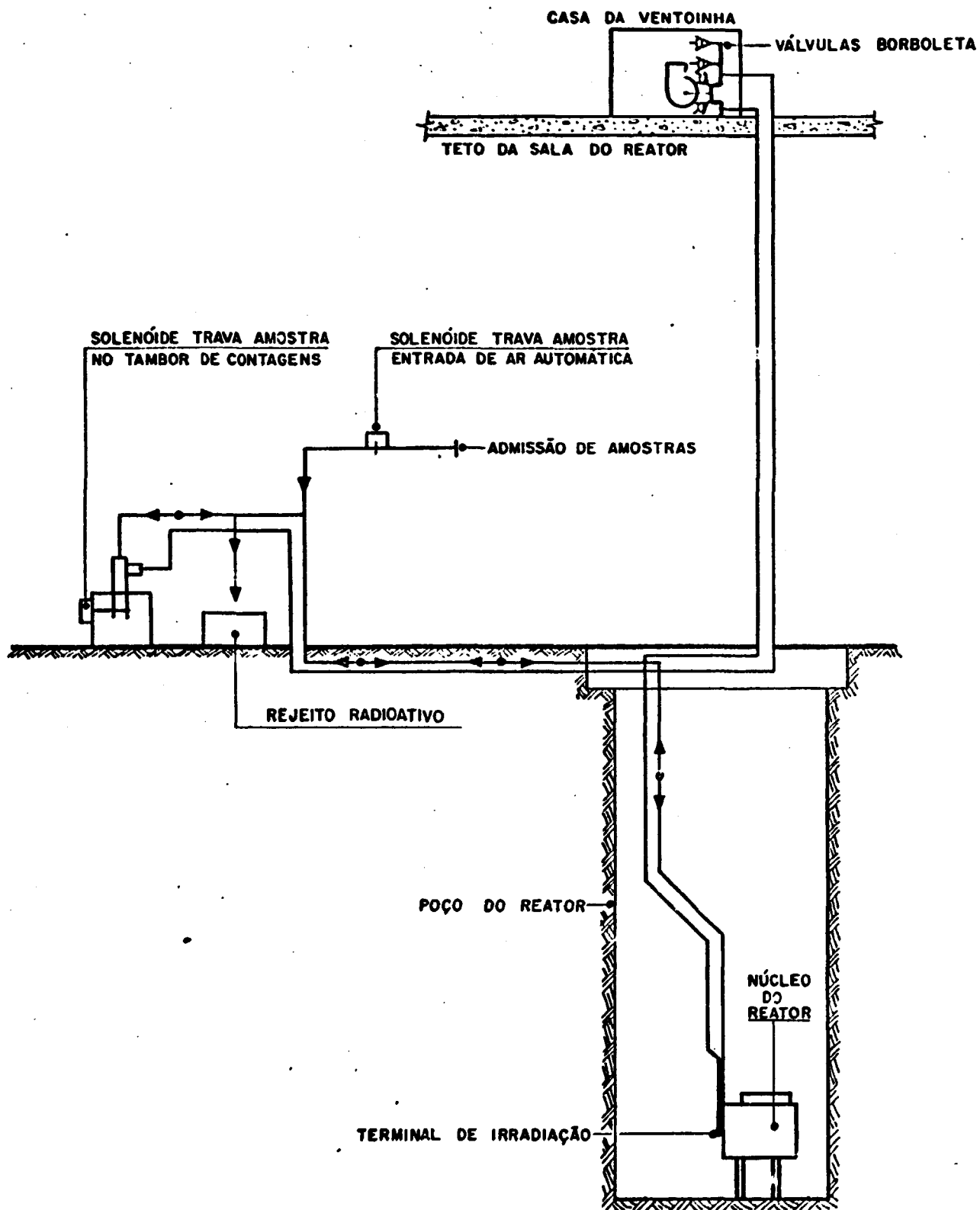


FIGURA 5 - SISTEMA DE ACIONAMENTO DE BARRAS DE CONTROLE



**NOTA:** As setas indicam o caminho percorrido pela Amostra.

**FIGURA 6 - SISTEMA PNEUMÁTICO DE TRANSFERÊNCIA DO REATOR IPR-R1**

**TABELA 1****CARACTERÍSTICAS DO TROCADOR DE CALOR**

Área	- 47 m <sup>2</sup>	
Peso (vazio)	- 1.250 kg	
Peso (cheio)	- 1.700 kg	
Carga térmica	- 62,2 kcal/s	
Coefficiente transf. calor (serviço)	- 0,2 kcal/s . m <sup>2</sup> .°C	
Coefficiente transf. calor (limpo)	- 0,6 kcal/s . m <sup>2</sup> .°C	
	<b>CASCO</b>	<b>TUBOS</b>
Fluido circulante	Água desmineralizada	Água bruta
Vazão total	7,8 kg/s	11,1 kg/s
Densidade	1000 kg/m <sup>3</sup>	1000 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidade	10,7 cp	10,8 cp
Calor específico	1 kcal/kg . °C	1 kcal/kg . °C
Condutividade térmica	1,53x10 <sup>-4</sup> kcal/s.m.°C	1,53x10 <sup>-4</sup> kcal/s.m.°C
Temperatura entrada	40,7°C	26,7°C
Temperatura saída	33,1°C	32,2°C
Pressão de serviço	32.000 kfg/m <sup>2</sup>	55.000 kfg/m <sup>2</sup>
Nº de passos por casco	1	4
Queda de pressão	13,500 kfg/m <sup>2</sup>	5.000 kfg/m <sup>2</sup>
Pressão de projeto	40.000 kfg/m <sup>2</sup>	60.000 kfg/m <sup>2</sup>
Pressão prova hidrost.	60.000 kfg/m <sup>2</sup>	90.000 kfg/m <sup>2</sup>
Temperatura projeto (const.)	100°C	100°C