

INSTITUTO DE  
ENERGIA ATÔMICA

CONSELHO  
NACIONAL  
DE PESQUISAS  
— UNIVERSIDADE  
DE SÃO PAULO



# REATOR de PESQUISAS

Publicação I E A — N.º **1**



11684

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



Publicação feita sob os auspícios da

**COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR**

Presidente — Contra Almirante Octacílio Cunha

**CONSELHO NACIONAL DE PESQUISAS**

Presidente — Prof. Dr. João Christovão Cardoso

Vice-Presidente — Prof. Dr. Athos da Silveira Ramos

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

Reitor — Prof. Dr. Gabriel Sylvestre Teixeira de Carvalho

Vice-Reitor — Prof. Dr. Francisco João Humberto Maffei

**INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA**

**CONSELHO TÉCNICO-CIENTÍFICO**

Representantes do Conselho Nacional de Pesquisas

Prof. Dr. Luiz Cintra do Prado

Prof. Dr. Paulus Aulus Pompéia

Representantes da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Francisco João Humberto Maffei

Prof. Dr. José Moura Gonçalves

**CONSELHO DE PESQUISAS**

Prof. Dr. Marcello Damy de Souza Santos

— Chefe da Divisão de Física Nuclear

Prof. Eng. Paulo Saraiva de Toledo

— Chefe da Divisão de Física de Reatores

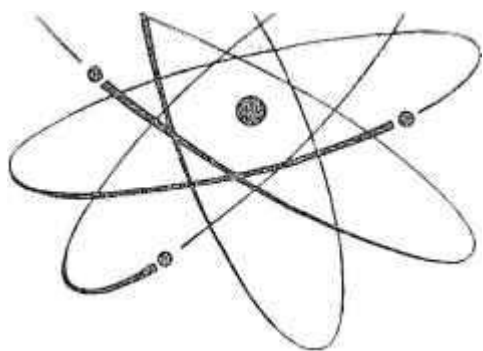
Prof. Dr. Fausto Walter Lima

— Chefe da Divisão de Radioquímica

Prof. Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

— Chefe da Divisão de Radiobiologia

Diretor — Prof. Dr. Marcello Damy de Souza Santos



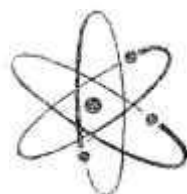
“**A** inauguração do reator atômico é um desses exemplos memoráveis do que pode fazer o paulista. Ingressou hoje o Brasil e mesmo a América do Sul na era atômica, projetando-se, assim, internacionalmente”

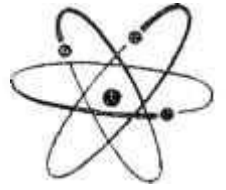
*(palavras proferidas pelo presidente Juscelino Kubitschek, durante a inauguração do reator de pesquisas do Instituto de Energia Atômica, a 25-1-58).*

\*\*\*

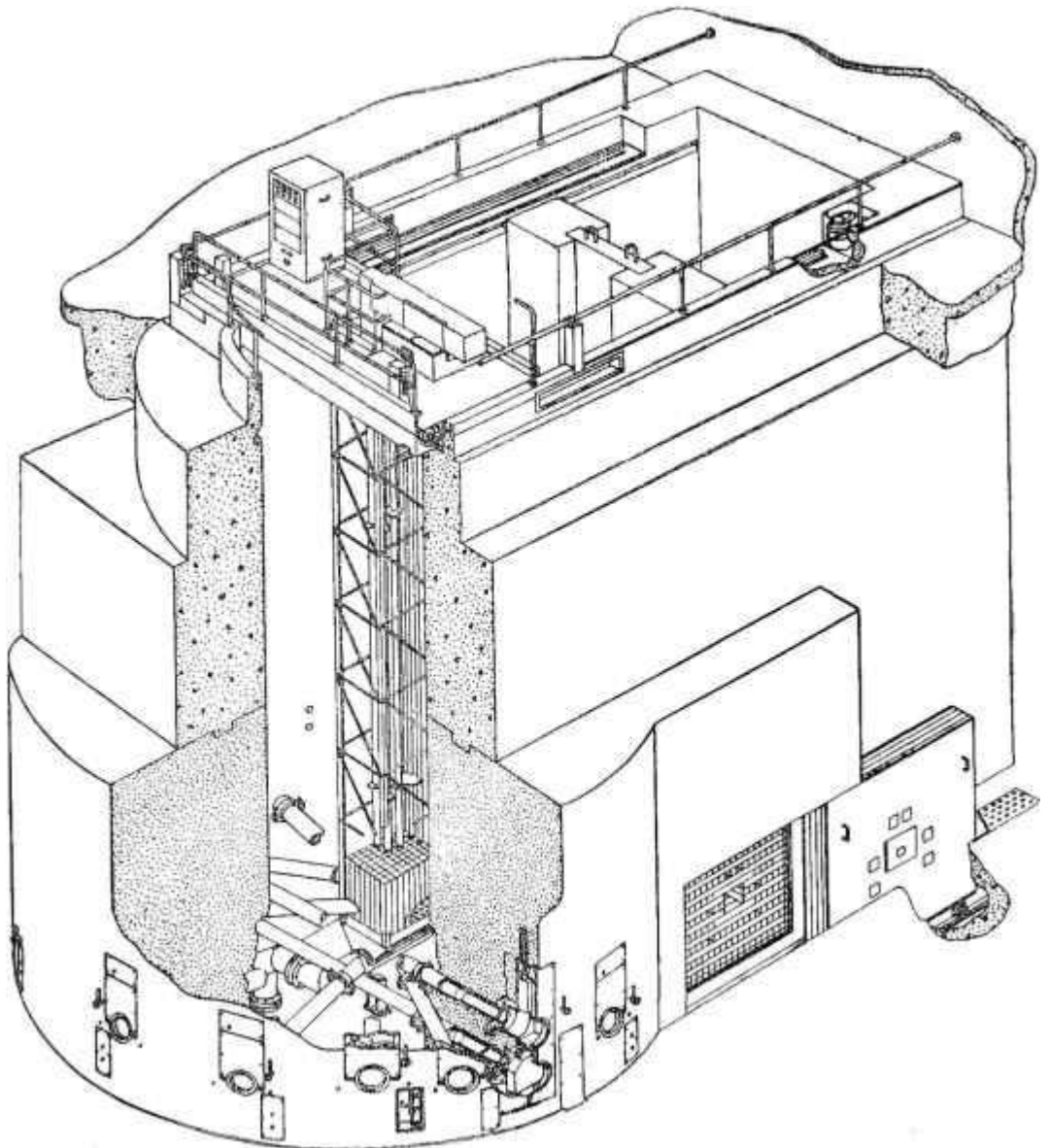
“**A** inauguração deste reator atômico, na presença do Presidente Kubitschek, assinala uma das datas mais memoráveis na civilização paulista: dá a São Paulo e a Nação o primado sulamericano quanto à pesquisa atômica”

*(palavras proferidas pelo governador Jânio Quadros, durante a inauguração do reator de pesquisas do Instituto de Energia Atômica, a 25-1-58).*





*Desenho esquemático do reator de pesquisas do Instituto de Energia Atômica. Os tubos de irradiação atravessam a parede da piscina de 2,40 metros de espessura e prolongam-se até o núcleo do reator.*



## INTRODUÇÃO

A 11 de janeiro de 1956 o Conselho Nacional de Pesquisas e a Universidade de São Paulo estabeleceram um convênio para criação de um Instituto de Energia Atômica, de âmbito nacional, tendo por finalidades principais :

- 1 — desenvolver pesquisas sôbre a energia atômica para fins pacíficos;
- 2 — produzir rádio-isótopos para estudos e experiências em quaisquer pontos do país;
- 3 — contribuir para a formação em ciência e tecnologia nucleares, de cientistas e técnicos, provenientes de várias universidades da federação;
- 4 — estabelecer bases, dados construtivos e protótipos de reatores, destinados ao aproveitamento da energia atômica para fins industriais, tendo em vista as necessidades do país.

Logo após a publicação do decreto presidencial de 31-8-56, criando o Instituto de Energia Atômica, nos moldes do referido convênio, a Universidade de São Paulo deu início imediato à construção do edifício do reator, em uma área de terreno de cêrca de cem mil metros quadrados, especialmente reservada para êsse fim, na Cidade Universitária.

O edifício, cuja planta e localização haviam sido prêviamente aprovados pelo Colendo Conselho Deliberativo do Conselho Nacional de Pesquisas, foi construído num prazo de cinco meses e vinte dias.

Durante o mês de fevereiro de 1957 foi iniciada a instalação do reator, cuja montagem e calibração preliminar foram terminadas no mês de julho do mesmo ano.

A 16-9-57 o reator atingiu a sua criticalidade, tendo sido o primeiro reator atômico a funcionar no hemisfêrio sul, decorrente assim um prazo de um ano e dezesseis dias entre o início das obras e a data de funcionamento do reator.

A instalação do reator foi feita por pessoal técnico e científico do Instituto de Energia Atômica, contando com a colaboração de dois engenheiros da firma construtora.

Para a instalação do reator procurou-se utilizar ao máximo a indústria nacional, construindo-se várias componentes essenciais pela própria indústria local.

Essa instalação será complementada por outro edifício onde serão localizados os laboratórios para pesquisas sôbre física nuclear, radioquímica, física de reatores e radiobiologia.

Graças a dotação especial do Governo do Estado, nos termos do convênio estabelecido com o Conselho Nacional de Pesquisas, êsses laboratórios tiveram a sua construção iniciada no mês de junho de 1958.

A área útil dos laboratórios será de 8.500 m<sup>2</sup> e a construção deverá estar terminada até o mês de setembro do ano corrente.

Com êsse conjunto de laboratórios o reator atingirá a sua utilização máxima, permitindo que ao lado da produção de isótopos a serem utilizados na agricultura, medicina, terapia e na indústria, em escala suficiente para o atendimento de tôdas as necessidades do país, se tenha no local um centro de pesquisas e ensino especializado, dotado dos recursos necessários para os estudos da fabricação de combustíveis nucleares no país (elementos combustíveis) e estudo e projeto de reatores de potência, destinados à produção de eletricidade.

Com a criação da Comissão Nacional de Energia Nuclear, tôdas as atividades relacionadas com as aplicações pacíficas da energia atômica foram transferidas para êsse órgão da Presidência da República.

O Instituto de Energia Atômica, cuja transferência para essa Comissão está sendo estudada, deverá ser, pelo decreto de sua criação, o órgão executivo do programa de energia nuclear.

# O R E A T O R

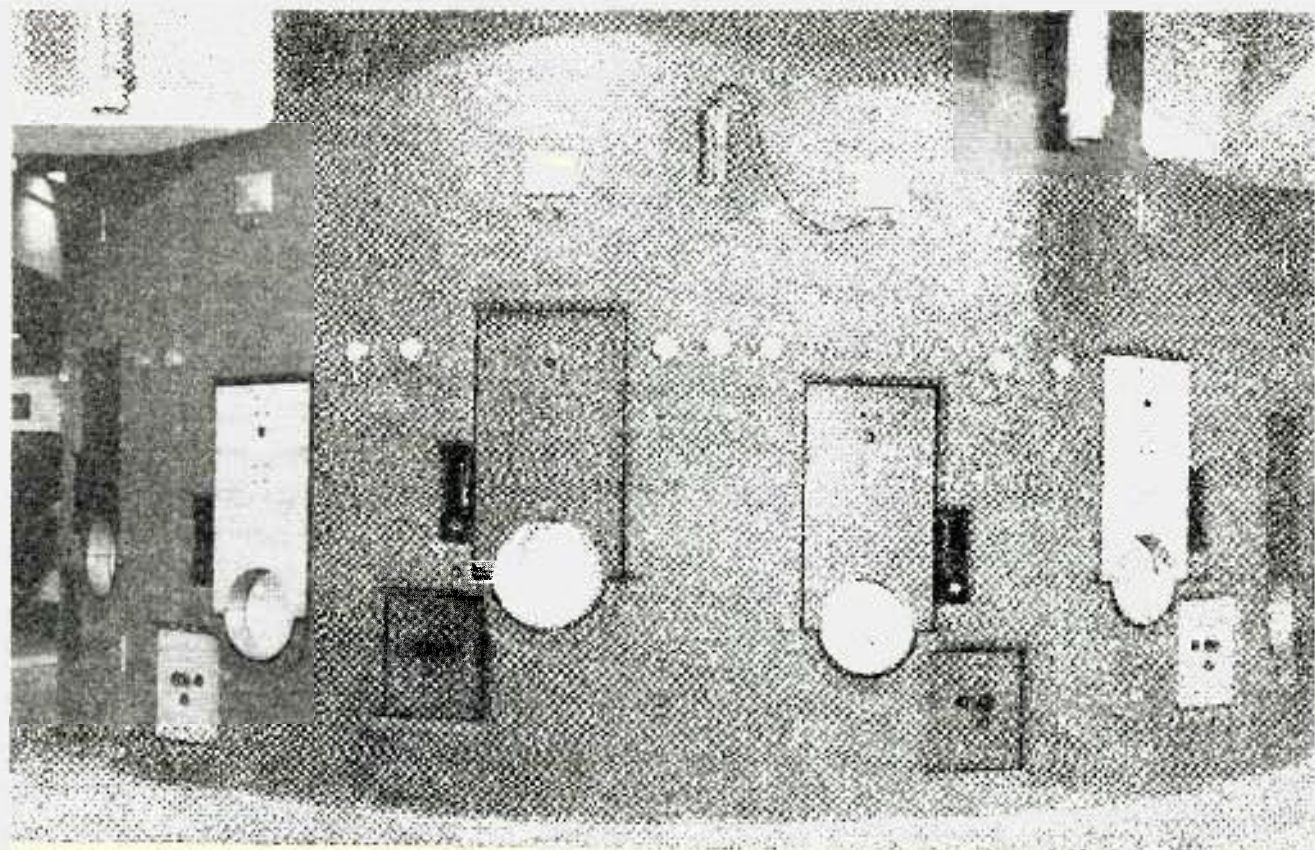
O reator do Instituto de Energia Atômica é um reator de piscina, refrigerado e moderado a água, e calculado para trabalho contínuo em potência de 5 Mw (megawatts).

O combustível, usado nêsse reator, é urânio enriquecido a 20% em seu isótopo U-235 e obtido em base a um acôrdo entre os governos do Brasil e dos Estados Unidos, estabelecido a 5 de Agosto de 1955. Êsse combustível pode ser disposto em uma placa dotada de 80 orifícios circulares na qual é possível a disposição em vários arranjos experimentais e a utilização de refletores de grafite. Os elementos combustíveis são constituídos por 19 placas de uma liga de alumínio e urânio, cada uma das quais é revestida com uma camada de 0,015 de polegada de alumínio, de cada lado. A liga utilizada contém 45% de urânio e cada elemento combustível

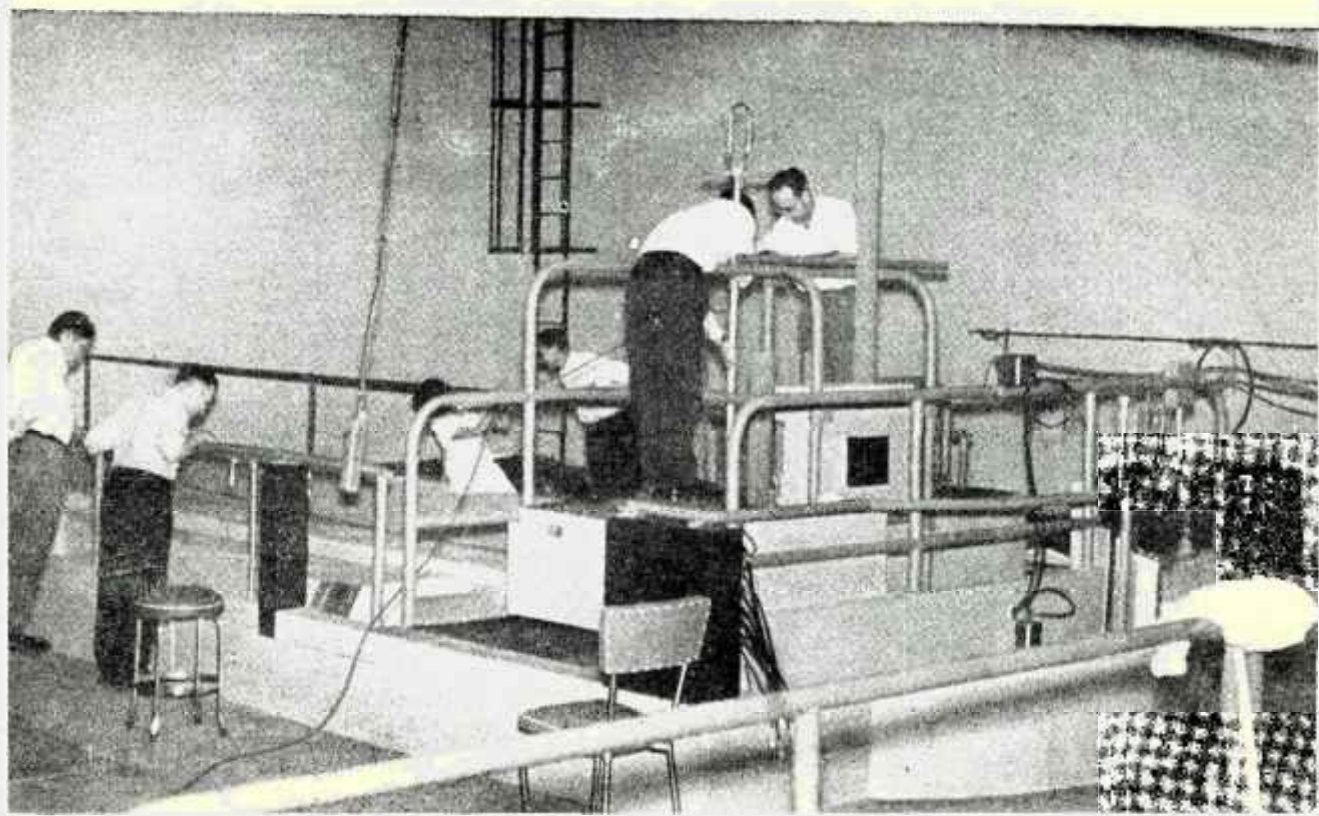
*Núcleo do reator visto do alto da piscina.*

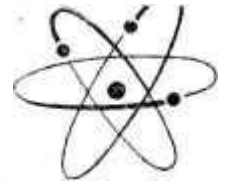
*Observem-se os 12 tubos de irradiação dispostos em tôdo o núcleo.*

*Aspecto da parte superior da piscina mostrando a plataforma móvel que sustenta o reator.*



**D R**





contém cerca de 160 g. de U-235; os elementos combustíveis apresentam uma secção reta de cerca de 3" por 3" e 35" de comprimento. Além desses elementos, ditos normais, o reator dispõe ainda de elementos parciais e dispositivos especiais para irradiação de amostras com neutrons rápidos que podem ser localizados em qualquer posição do núcleo do reator.

O núcleo do reator é suspenso a uma ponte móvel ao longo da piscina, cuja profundidade é de 10 m.

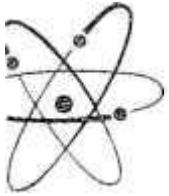
Nessa ponte acham-se instalados os dispositivos de movimentação das barras de controle e de segurança do reator bem como as câmaras destinadas à medida do fluxo de neutrons e outros instrumentos auxiliares.

A operação do reator é feita de uma mesa de controle situada no mesmo nível que a ponte.

O núcleo do reator é protegido por uma camada de água de cerca de 10 m de espessura e geralmente por 1,20 m de água e 2,40 m de concreto de barita de alta densidade. Essa proteção permite a operação do reator em sua potência máxima sem que o nível de radiação ultrapasse as doses permissíveis.

Até potência de cerca de 200 kw a circulação natural da água através dos elementos combustíveis é suficiente para dissipar a energia térmica liberada durante o processo de fissão. Para operação em potências superiores, o reator é resfriado por meio de circulação forçada: a água é movida através dos elementos combustíveis por meio de uma bomba de 3.000 galões por minuto, situada no porão do edifício do reator, atravessa o primário de um trocador de calor e volta à piscina. O calor é transferido pelo trocador de calor a um sistema secundário constituído por uma torre de refrigeração para a qual a água circula com uma vazão de 2.510 galões por minuto. Essa torre de refrigeração, totalmente projetada e construída pela indústria paulista é capaz de dissipar potência de 5.000 kw mantendo temperatura da piscina a cerca de 40 graus. A água da piscina é desmineralizada a fim de reduzir ao mínimo os problemas de corrosão dos elementos estruturais do reator e evitar o aparecimento de radioatividade induzida em suas impurezas. Essa água é recirculada de maneira contínua através de um segundo sistema desmineralizador destinado a manter as impurezas em teor inferior a 0,5 ppm.

A fim de permitir o máximo de versatilidade na sua utilização, o reator pode operar em duas posições na piscina. Na primeira posição o núcleo do reator fica adjacente a 12 tubos de alumínio (dez tubos de seis polegadas de diâmetro e dois tubos de oito polegadas de diâmetro), que se prolongam até a face externa da parede lateral da piscina. No interior desses tubos podem ser colocados diversos tipos de "plugs de irradiação", destinados a várias finalidades experimentais (tubos colimadores para a obtenção de um feixe de neutrons externos e tubos destinados a irradiação de amostras com neutrons rápidos).



Numa segunda posição o reator pode ser colocado em frente a uma coluna térmica de grafite. Essa coluna é constituída por 125 toneladas de grafite e ocupa dimensões de 1,80 m x 1,80 m e por 2,40 m de profundidade. Nessa segunda posição o reator pode ser operado com potências de até 100 kw; a coluna térmica fornece uma fonte de neutrons térmicos e um meio em que várias experiências relativas ao problema de difusão, idade, etc., de neutrons, podem ser realizadas. Essa coluna térmica é dotada de uma série de gavetas que permitem a utilização de neutrons térmicos para irradiação de amostras.

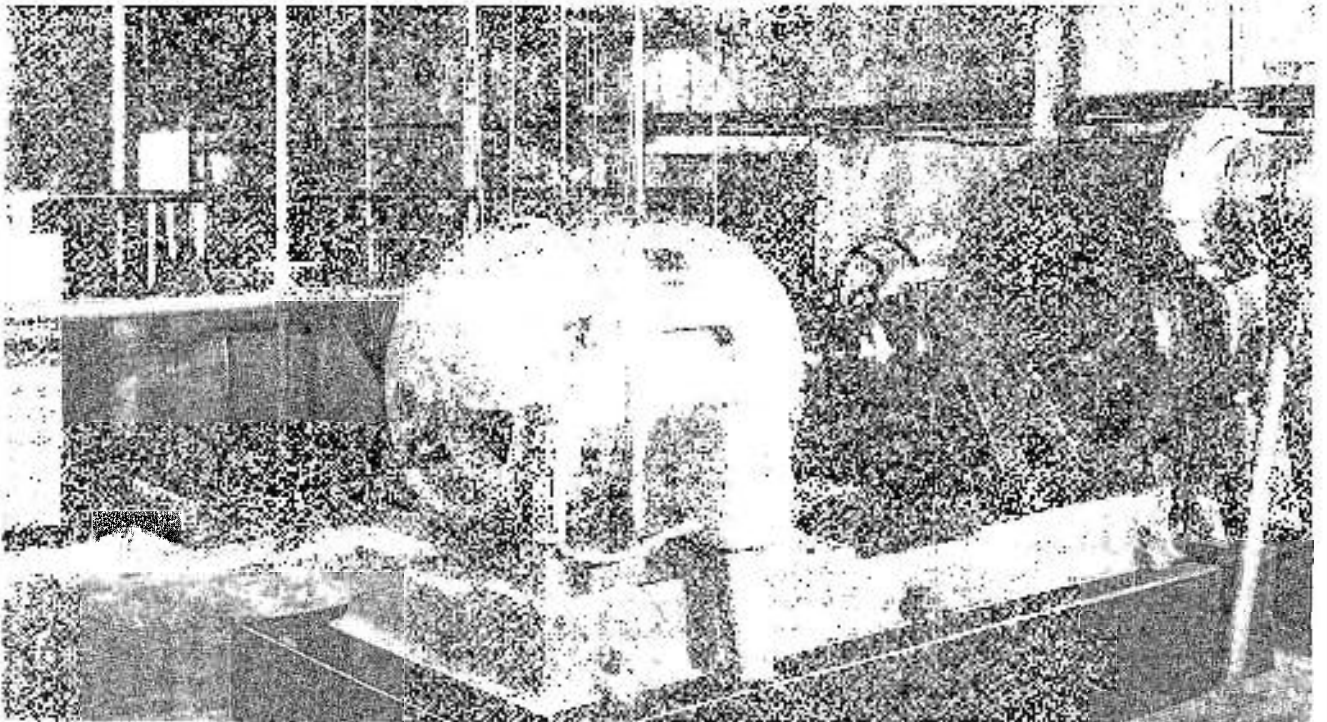
A grafite pode ser eventualmente removida e o espaço utilizado para irradiação a seco de componentes de grandes volumes. A superfície externa da coluna térmica é dotada de uma porta de 30 cm de espessura constituída por aço e chumbo. Sua superfície interna é revestida com boral para atenuar ao máximo o fluxo emergente de neutrons térmicos. Essa porta, de 16 toneladas de peso contém várias aberturas para irradiação e pode ser movimentada com auxílio de um motor hidráulico.

Quando o reator é posto em operação, nessa posição, é possível proceder simultaneamente a irradiação com neutrons rápidos, mediante a utilização de dois tubos de irradiação situados em frente à coluna térmica.

A piscina é dotada de um compartimento de armazenagem de elementos já irradiados. Uma comporta móvel separa êsse compartimento da região da piscina ocupada pelos tubos de irradiação e pela coluna térmica.

A intensa radiação gama proveniente dos produtos de fissão de elementos já irradiados pode ser utilizada para várias experiências nesse

*ta parcial do  
ão, mostrando a  
iba de circulação  
nária no 1.º plano  
compressor dos  
transportadores  
umáticos no  
plano.*



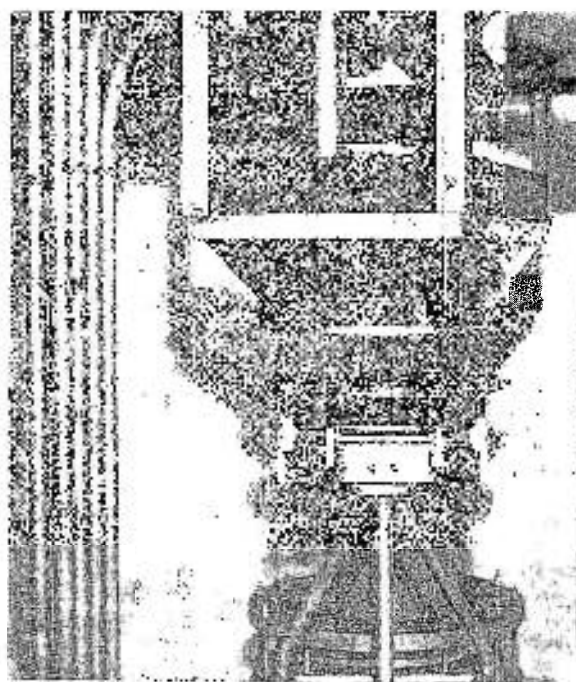


compartimento. Em particular a ponte que sustenta o reator pode ser deslocada até essa terceira posição : fechando-se a comporta, que é estanque, é possível esvaziar-se a piscina a fim de permitir acesso aos tubos de irradiação e a coluna térmica para quaisquer reparos que venham a se tornar necessários. Nessas condições o núcleo do reator será envolvido por uma espessa camada de água que atenuará a radiação dos produtos de fissão, mantendo um nível de tolerância na vizinhança da coluna térmica e dos tubos de irradiação.

### SISTEMA PNEUMÁTICO DE IRRADIAÇÃO

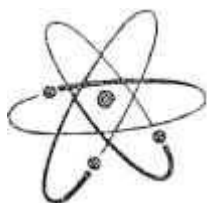
*Núcleo do reator  
à esquerda os  
terminais do siste-  
ma de transporte  
pneumático de  
amostras.*

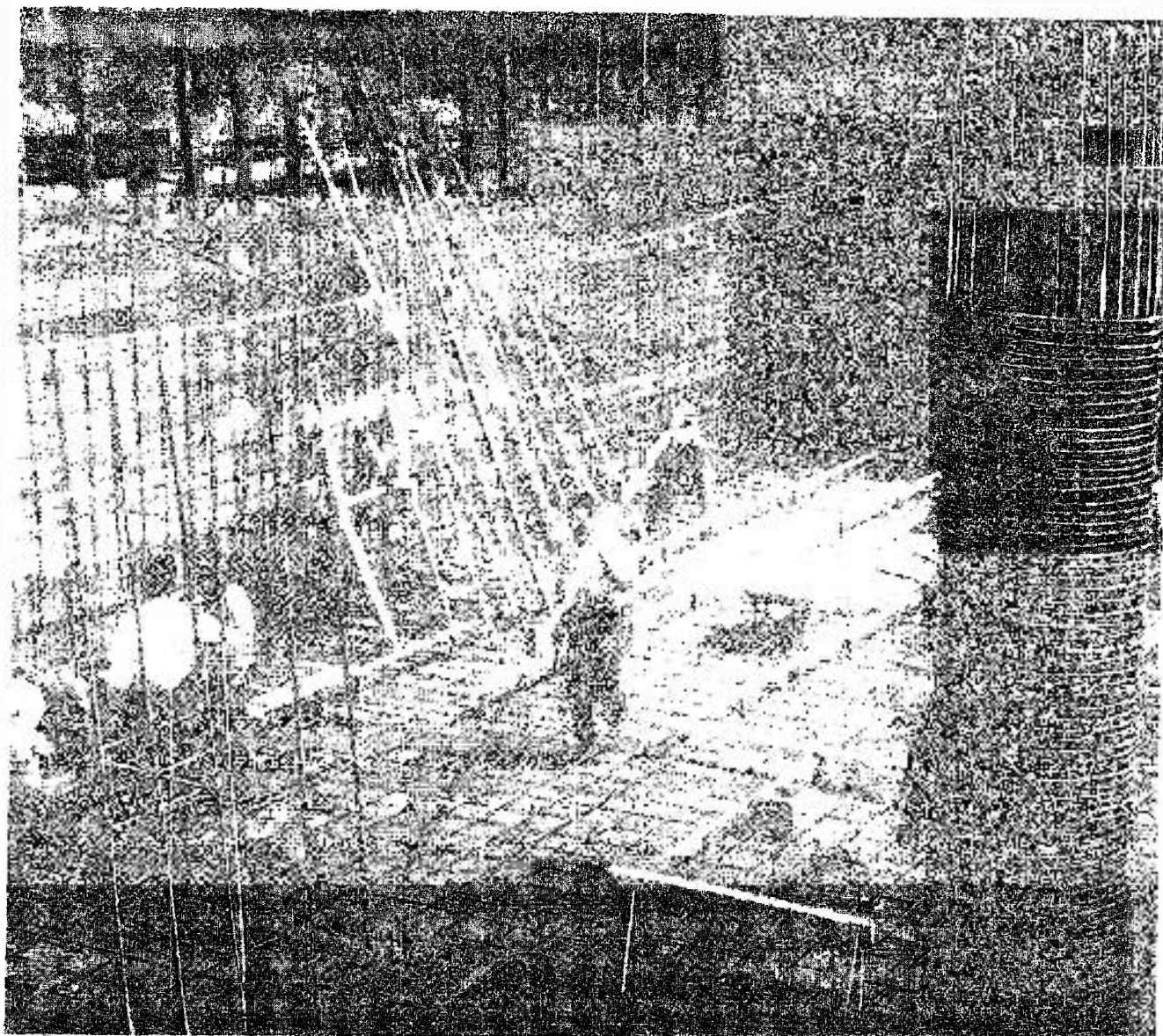
O reator está dotado de um sistema pneumático, destinado à irradiação de amostras para a preparação de substâncias radioativas de curta meia-vida. Esse sistema permite o envio e o retorno de amostras provenientes de quatro pontos situados nos laboratórios, até o núcleo do reator e em intervalos de tempo de cerca de dois segundos. O tempo de permanência das amostras junto ao núcleo do reator pode ser predeterminado com o auxílio de um dispositivo automático.



O edifício do reator acha-se localizado no centro de uma área circular de terreno de 300 metros de raio. Dentro dessa área, situada no interior da Cidade Universitária, serão localizados unicamente laboratórios do Instituto de Energia Atômica; essa área futuramente será cercada e é considerada como área de exclusão do reator.

O edifício destinado a abrigar o reator foi inspirado no projeto de prédio para um reator semelhante construído na Universidade de Michigan nos Estados Unidos da América do Norte. Nos estudos do pro-



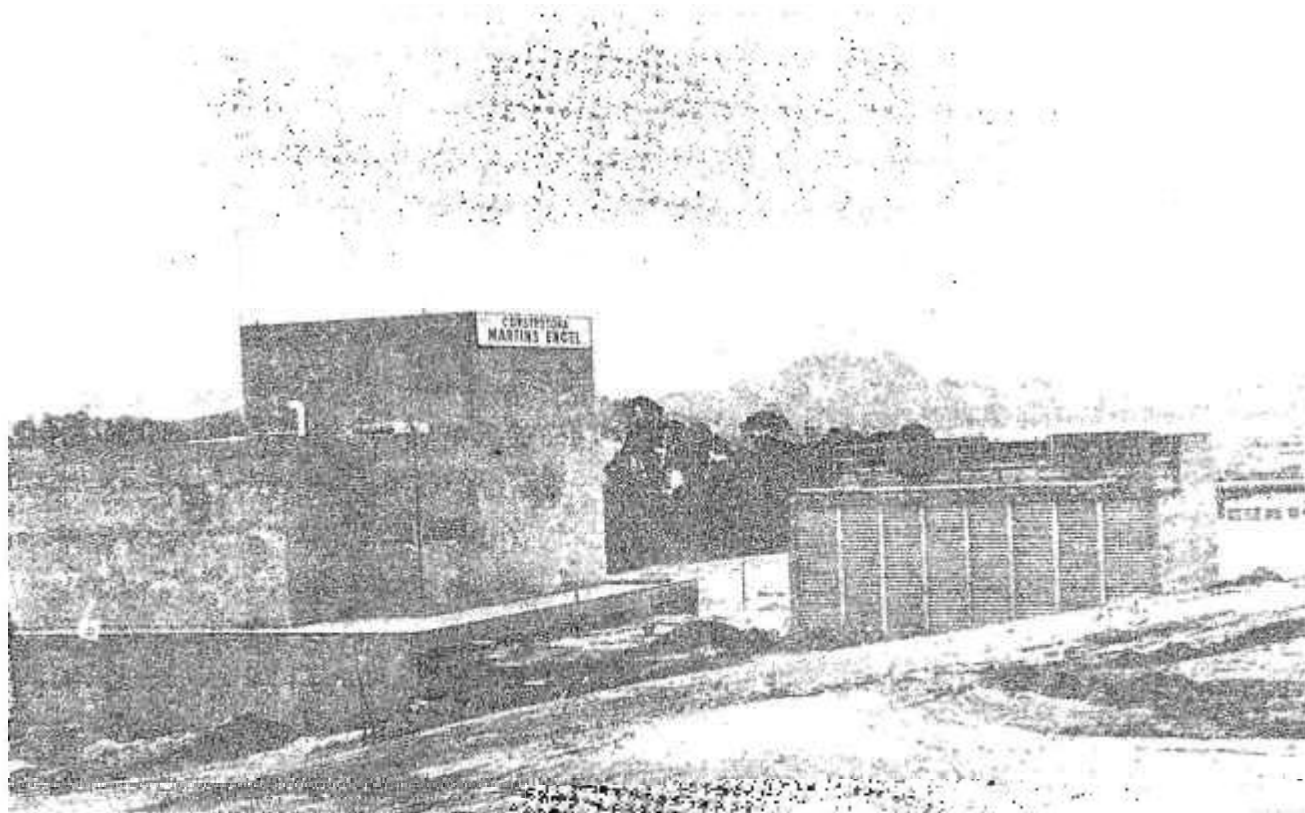


*Aspecto de uma das fases de construção do edifício do reator*

Edifício do Reator

jecto teve de se levar em conta que o reator do Instituto de Energia Atômica é de potência cinco vezes superior ao daquela Universidade. Essa diferença de potência de funcionamento introduz variações nos fluxos de neutrons e de raios gama, tendo sido necessário alterar de maneira fundamental as dimensões e espessuras das paredes do edifício, bem como da piscina. O projeto do edifício do reator difere consideravelmente do da Universidade de Michigan, pois, além das alterações em vários setores e da modificação da distribuição interna de laboratórios e anexos, foi necessário reforçar a estrutura de vários setores.

O edifício foi completamente projetado, construído e entregue em um prazo de seis meses pela firma construtora Martins Engel de São Paulo, escolhida por concorrência pública aberta pela Secretaria de Viação



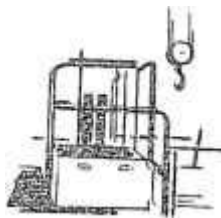
*Edifício do reator na fase final de construção.*

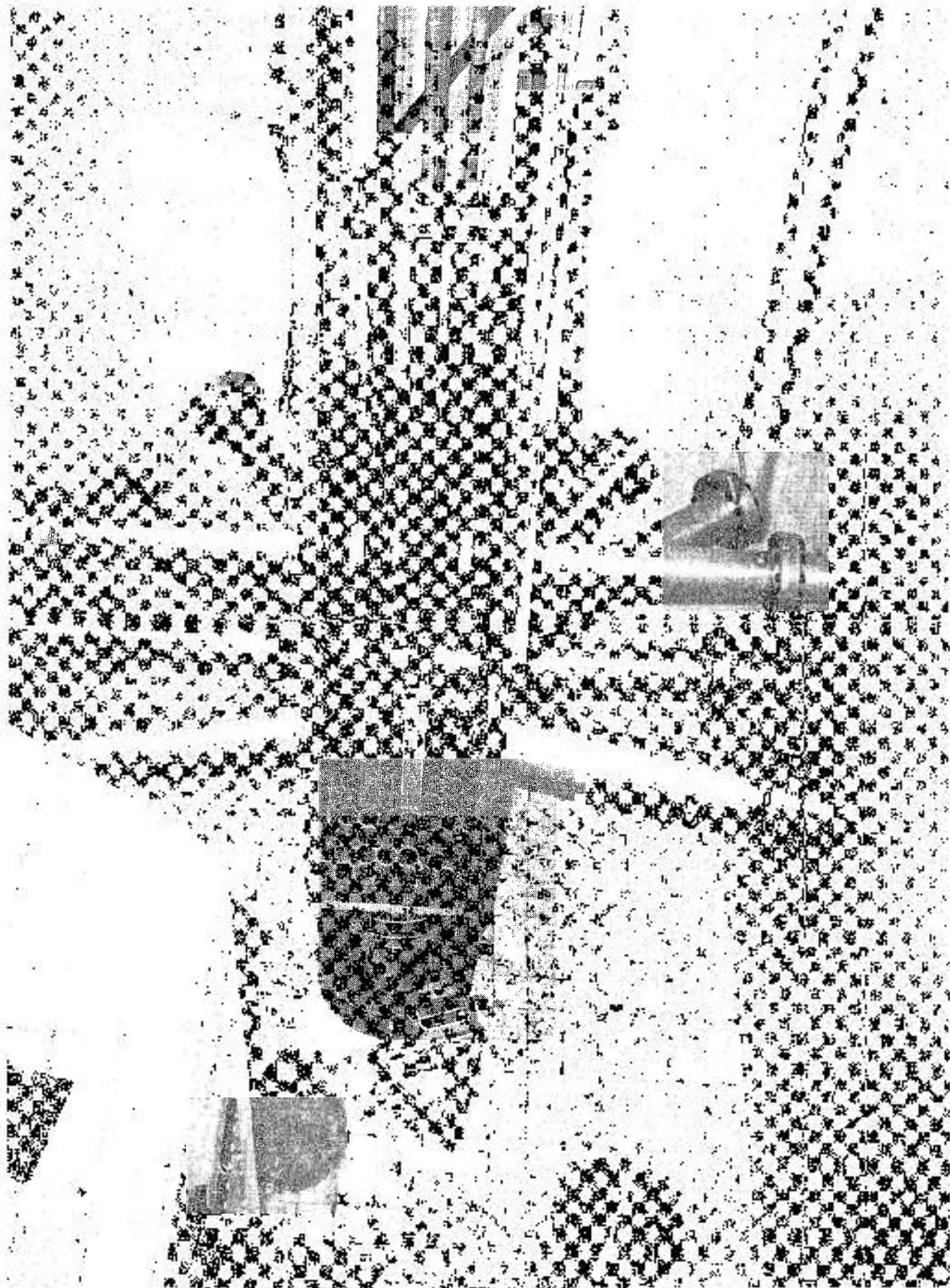
e Obras Públicas do Estado de São Paulo. As alterações, feitas em sua grande maioria durante a própria construção, vieram a exigir, em várias ocasiões críticas, um esforço exaustivo e ininterrupto a fim de não ser alterada a marcha da construção processada durante as vinte e quatro horas do dia. A piscina, a instalação do reator e o seu ajuste foram feitos também num prazo de seis meses, tendo decorrido um prazo de um ano entre o início das obras da construção do edifício e a data da primeira experiência de criticalidade.

Para a localização do reator procurou-se um local adequado nas vizinhanças de São Paulo, tendo-se em vista a direção dos ventos predominantes e as regiões vizinhas com bairros de pequena densidade de população. Foi finalmente decidido que os terrenos da Cidade Universitária ofereciam uma situação plenamente satisfatória para esse fim.

A Cidade Universitária está localizada em uma área superior a seis milhões de metros quadrados nas vizinhanças da cidade industrial de Jaguaré e no contorno efetivo da cidade de São Paulo, na direção SW.

A superfície da várzea está na cota aproximada 730 acima do nível do mar, enquanto que as colinas da margem direita atingirão cotas aproximadamente 780. Na várzea há uma deposição recente de argilas orgânicas pretas, moles, ou turfas, com cerca de 5 m de espessura. Sob essas, existe uma profunda deposição de areias argilosas, saturadas de água, que atingem, próximo ao eixo do rio, profundidade correspondente à cota aproximada 670 m acima do nível do mar. Na colina existem espessas cama-





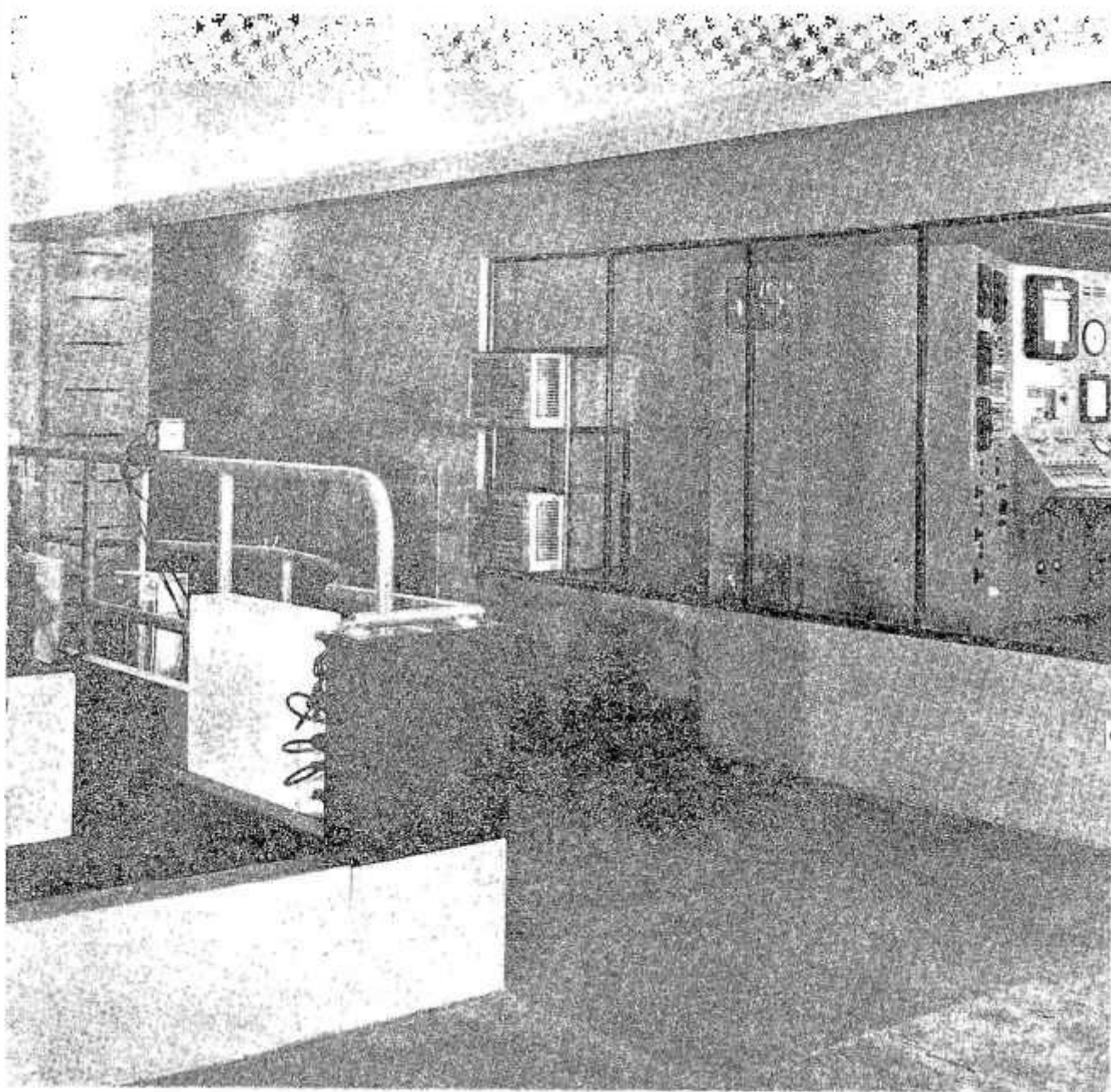
*Fotografia apanhada durante a montagem do reator, na qual podem ser observados dois elementos combustíveis de urânio inseridos na placa matriz e os tubos de irradiação.*

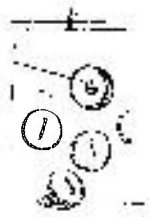
das de argila, dura, fortemente consolidada, cor amarelada ou vermelha. Ambas as camadas de areia (da várzea) como de argila (das colinas) são de provável idade pliocênica. Elas repousam sobre um embasamento cristalino, pré-cambriano, construído por uma formação de gneisses ou xistos metamórficos. Em certos pontos essa formação aflora junto ao sopé das colinas.

Não há na região sinal algum de movimento tectônico recente, nem de vulcanismo, e nem registro algum de movimentos sísmicos. A forma suave das colinas, mostra uma topografia senil e indica um quase total equilíbrio erosivo, na região. Não há sinais nem possibilidade de erosões violentas ou deslizamentos de taludes naturais.

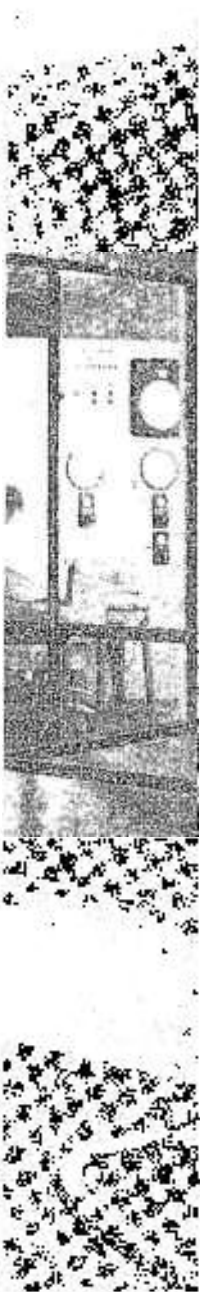
O terreno onde se construiu o edifício, na Cidade Universitária, está localizado em uma encosta de colina, no centro de uma área reservada

*Aspecto  
piscina,  
vel que*





superior da  
e parte mó-  
zator.



de 300 metros de raio onde não são permitidas outras construções nem mesmo acesso livre a veículos ou pedestres. A localização foi cuidadosamente estudada pelo pessoal do Instituto de Energia Atômica e da Comissão da Cidade Universitária.

Os trabalhos de escavações, canteiro de serviços e caminhos de acesso foram iniciados a 21 de Setembro de 1956. Cuidados especiais foram proporcionados aos caminhos, a fim de permitirem acesso ininterrupto em qualquer tempo, embora a estação das chuvas estivesse à vista. O terreno, de boa qualidade, não ofereceu problemas de fundações, tendo as escavações prosseguido normalmente.

A determinação experimental das características do terreno foi feita pela Secção de Solos e Fundações do Instituto de Pesquisas Tecnológicas da Universidade de São Paulo, a fim de ser decidida a conveniência de instalar a enorme estrutura de concreto sem que surgissem problemas de difícil solução.

A estrutura do edifício é das mais pesadas que se conhecem no Brasil. Tem características de fortaleza, motivadas pelas necessidades de segurança, tanto interna quanto externa, bem como pelas exigências da blindagem contra os efeitos maléficis das radiações. A blindagem, por exemplo, exigiu, em várias partes, lajes e paredes de enorme espessura de concreto armado, havendo paredes de dois metros de espessura e lajes de mais de 1 metro.

O edifício, em linhas gerais, é uma grande caixa de concreto com pisos, paredes e cobertura de concreto armado. Para uma área coberta de 2.000 metros quadrados, foram utilizados 1.600 metros cúbicos de concreto.

Este arcabouço, está dividido em quatro pavimentos :

## I — SUBSOLO

No subsolo está montada a maquinaria auxiliar do reator propriamente dito, tal como bombas de circulação, sistema de tubulações de aço inoxidável, trocador de calor, sistema para tratamento e purificação de água por meio de colunas de resinas trocadoras de ions, esgôto para material radioativo, tanques de retenção para substâncias radioativas, etc. No nível desse subsolo encontra-se a base da piscina do reator, enorme bloco de concreto de proporções incomuns (2 m de espessura).



## II -- PAVIMENTO TERREO

No pavimento térreo, de mais de 700 metros quadrados de área, encontra-se a saída de uma coluna térmica e as de 14 tubos para extração de

*A água da piscina circula continuamente através de um sistema de purificação, constituído por um filtro de carvão ativo e de uma coluna de resinas trocadoras de ions.*



feixes de neutrons rápidos ou irradiações de substâncias várias.

A piscina, com cêrca de 10 metros de altura, alcança o nível do piso do terceiro pavimento. Tem uma capacidade de 272 metros cúbicos de água e na sua construção foram empregados 350 metros cúbicos de concreto comum e 270 metros cúbicos de concreto de baritas de densidade média superior a 3,5. Na vizinhança dos tubos de irradiação ou extração e da coluna térmica, a espessura das paredes da piscina é de 2,40 metros, o que assegura uma dose inferior à máxima permissível para investigadores situados em sua vizinhança imediata, mesmo quando o reator estiver em funcionamento em seu nível de potência máximo.

O reator pode ocupar três posições distintas no interior da piscina.

Na primeira, fica localizado no centro da parte cilíndrica da piscina, convergindo para êste centro os tubos de irradiação e extração, em número de 12. No interior dêsses tubos, que são de várias espécies, serão colocadas as substâncias a serem irradiadas com neutrons rápidos, cujo fluxo pode atingir a  $2 \cdot 10^{11}$  neutrons/cm<sup>2</sup>. seg.; em particular poder-se-á utilizar um "plug" especial para colimação do feixe de neutrons para várias medidas e experiências, seja no interior do próprio edifício, seja em uma plataforma externa na qual há provisão para construção de duas estações, a 50 e a 100 metros de distância do caroço do reator, a fim de permitir medidas pelo método do tempo de vôo. Essas experiências serão feitas canalizando-se o feixe de neutrons através da parede situada na face sul do edifício do reator, e na qual se acham localizados 2 tubos de aço dotados de dispositivo de fechamento estanque.

Esses "plugs", quando não utilizados, serão alojados na parede leste do edifício, em tubos especiais de aço inoxidável. Estes após atravessarem a parede horizontalmente, projetam-se para o lado externo do edifício, onde se acham encravados num atêrro cujo nível atinge o do piso do segundo pavimento. Esses tubos, em número de 50, têm suas extremidades ligadas a um sistema de sucção por meio de condutores individuais. Esse encanamento de sucção destinado à eliminação de gases radioativos, é provido de torneiras individuais para a colheita de amostras de ar e ligado ao sistema de exaustão de gases radioativos do edifício: tais gases são expelidos na atmosfera através de uma torre situada a cerca de 15 metros de altura do teto do edifício do reator.

Numa segunda posição, o caroço do reator é posto em frente à coluna térmica para experiência com neutrons de baixa energia. Essa coluna, constituída de blocos de grafite dispostos no interior de uma caixa de aço de 1,80 m x 2,40 m, possui seis canais de blocos removíveis, a fim de permitir a realização de experiências com neutrons caracterizados por diferentes valores de sua relação de cádmio (cadmium ratio). Essa coluna é ainda protegida por uma porta de 12"  $\frac{3}{4}$  de espessura, constituída por 11" de chapas de aço, 1" de chumbo e placas de boral de 1/4".

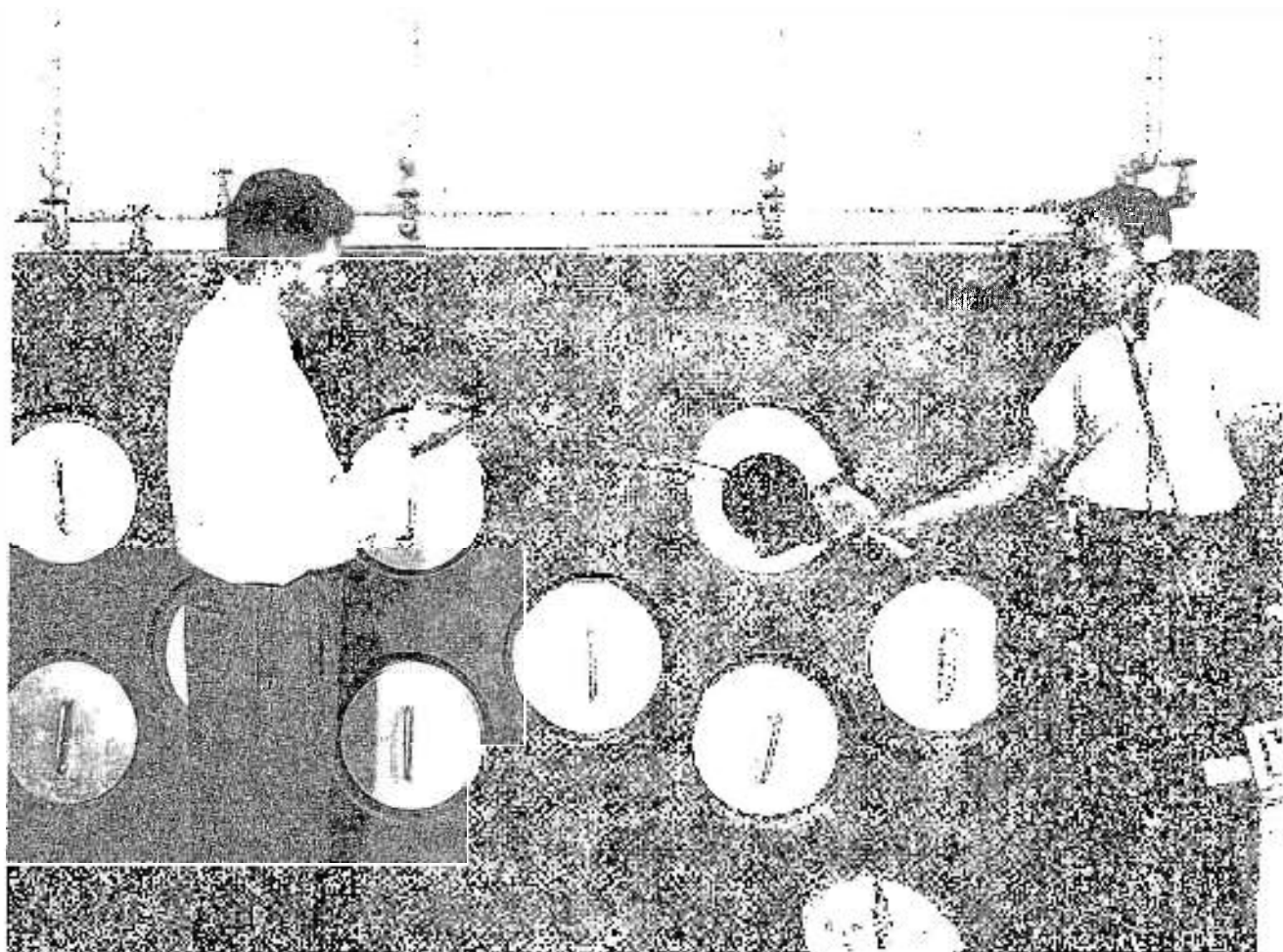
A porta da coluna térmica, de cerca de 16 toneladas de peso, desloca-se sobre trilhos com auxílio de um sistema hidráulico comandado por um motor elétrico.

A 180° com a coluna térmica existem dois tubos de irradiação de 6" de diâmetro, destinados à irradiação com neutrons rápidos, com o caroço do reator deslocado para posição em frente à coluna térmica. Nessa posição, a potência máxima de funcionamento do reator é limitada a cerca de 100 kilowatts, a fim de se evitar um excessivo aquecimento da coluna térmica por efeito da radiação.

Finalmente, o reator pode ser ainda deslocado para uma terceira posição situada no compartimento de armazenagem de elementos combustíveis. Esse compartimento, situado numa das extremidades da piscina, é dotado de uma comporta móvel construída em alumínio e é utilizado para experiências com as radiações provenientes dos produtos de fissão acumulados nos elementos combustíveis (irradiação gama) e para experiências de blindagem (bulk shielding facility).

No segundo pavimento estão localizados os sistemas de ventilação artificial. Como o edifício não apresenta janelas, todos os seus compartimentos são dotados de ar condicionado, havendo três sistemas diferentes de renovação de ar. Um deles se destina ao condicionamento de ar dos diferentes laboratórios, sala de contrôle e área de experiências do pavimento térreo, garantindo condições especiais de baixa humidade para o perfeito funcionamento do equipamento eletrônico de pesquisa e de contrôle. Um sistema secundário de exaustão é destinado aos compartimentos sanitários e, finalmente, um terceiro sistema especial expelle o ar contaminado dos tubos de armazenamento dos "plugs" e de substâncias radioativas, dos tubos de irradiação da piscina e da capela do laboratório de radioquímica

## CARAC- TERÍSTICAS DO EDIFÍCIO DO REATOR

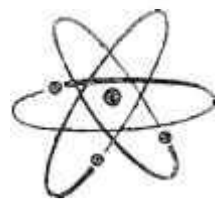
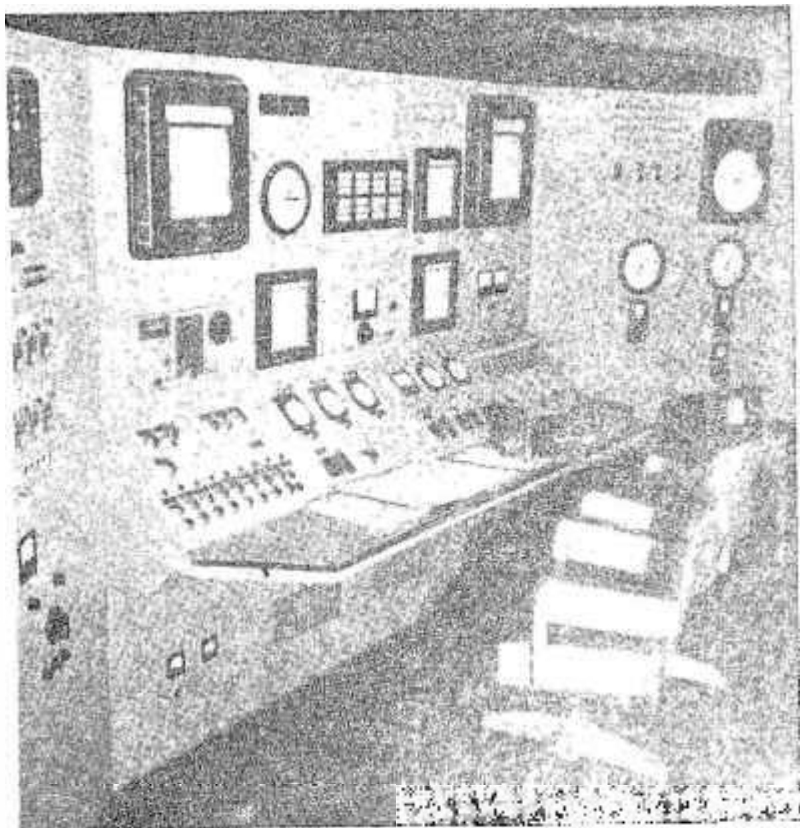


*Aspecto dos tubos de armazenamento de material radioativo ilustrando o uso do monitor e manipulador*

situado no terceiro pavimento. Neste sistema há dispositivos de alarme para indicar contaminação excessiva e filtros Cambridge para evitar a contaminação da atmosfera, quando da exaustão para fora do edifício. Os três sistemas são dotados de mecanismos automáticos de fechamento em caso de catástrofe (i. é. desde que o nível de radiação ultrapasse um valor pré-determinado), evitando que gases de radioatividade elevada sejam expelidos na atmosfera. Este dispositivo de segurança contra a contaminação de áreas vizinhas mereceu atenção especial, em todos os seus pormenores, no planejamento e na construção do edifício. As portas externas são todas de aço, calculadas para resistir a uma pressão de 500 quilos por metro quadrado, e a estanquidade é obtida pelo emprêgo de guarnições de borracha especial. A mesma precaução quanto à estanquidade foi tomada para as canalizações de água, esgoto e eletricidade. Assim, não há nenhuma possibilidade de contaminação da atmosfera circunvizinha em caso algum. Todos estes pormenores exigiram um tratamento individual e cuidadoso, resultado de aperfeiçoamento e adaptação, ao nosso caso, das soluções adotadas na construção do edifício da Universidade de Michigan.



No terceiro pavimento, localizam-se o laboratório de radioquímica, um laboratório piloto para produção de rádio-isótopos, um laboratório de



*Quadro de  
contrôle do  
reator, com a  
mesa de  
comando*

eletrônica destinado a manutenção do instrumental da mesa de controle, um compartimento de armazenagem de elementos combustíveis, dotado de cofre especial, a sala de controle e a nave do reator.

O laboratório de radioquímica dispõe de sistema de comunicação rápida com o reator por meio de transportadores pneumáticos (pneumatic rabbit). Esse sistema, com terminais localizadas junto ao caroço do reator, permite o transporte rápido de amostras irradiadas até o laboratório de radioquímica. Outras estações semelhantes, localizadas ao nível do primeiro pavimento e nos laboratórios de radioquímica em construção na vizinhança imediata do edifício do reator, permitirão o estudo de isótopos de vida curta.

A nave do reator é um compartimento de elevada altura onde aflora a superfície superior da piscina. Nessa nave há uma ponte rolante destinada a manobra de várias partes pesadas do reator. Sua grande altura é motivada pela necessidade de operar uma comporta interna da piscina destinada a separar o compartimento de armazenamento de elementos combustíveis já utilizados, do compartimento dos tubos de irradiações e coluna térmica.

Transportado o caroço do reator para a terceira posição e descida a comporta, estabelece-se uma completa estanquidade entre os dois corpos da piscina, permitindo o esvaziamento completo do compartimento de irradiação para quaisquer reparos ou mesmo para montagem de experiências, pois a camada de água interposta entre o caroço do reator e a comporta oferece proteção adequada, tornando possível o acesso ao fundo do compartimento de irradiação.

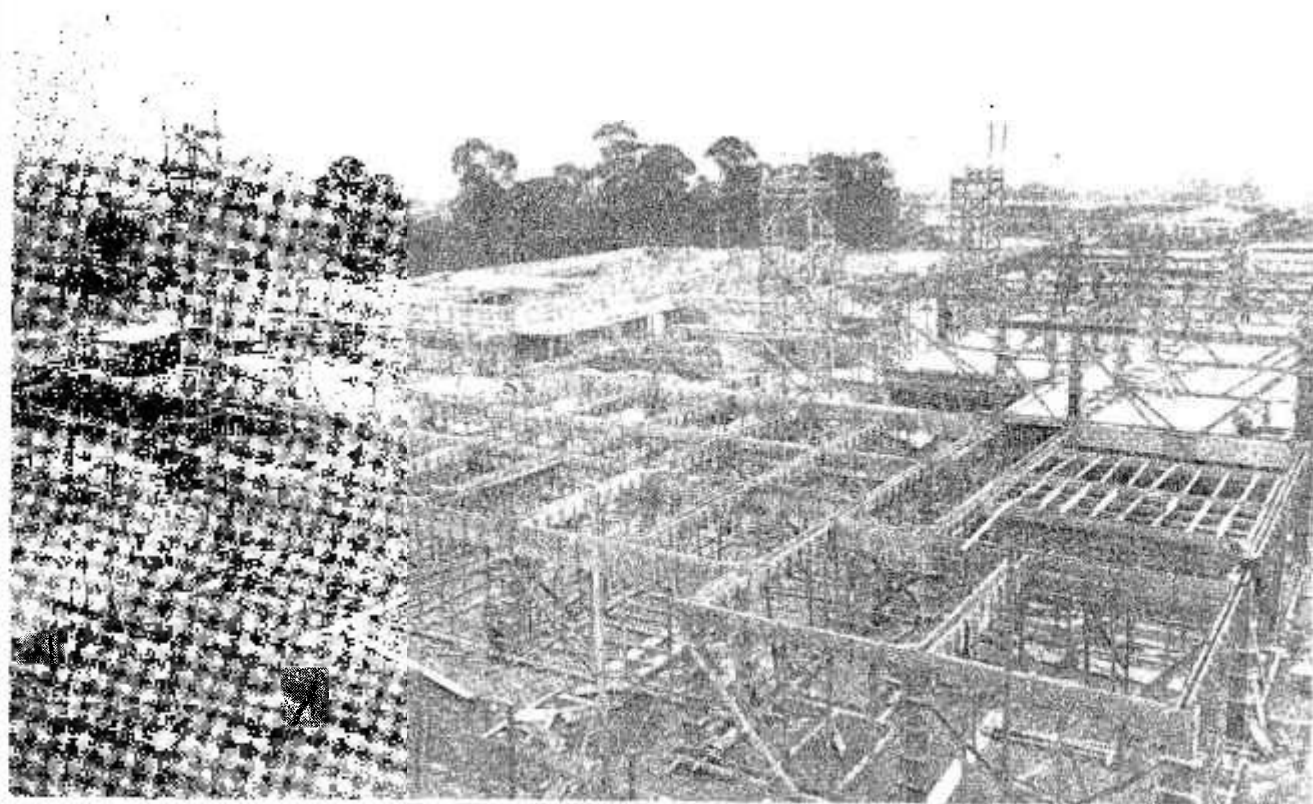
A cabine de controle do reator está também instalada no terceiro pavimento no mesmo nível que a ponte de suspensão do reator. Além do sistema de controle do reator, uma série de instrumentos auxiliares permitem a centralização de todas as operações e o exame das condições de segurança. Assim, alarmes de perigo provenientes de um nível excessivo de irradiação, presença indevida de pessoas em certos ambientes, mau funcionamento de bombas, temperaturas anormais ou incêndio, etc. são transmitidos diretamente à cabine de comando. Um sistema completo de comunicações com todas as salas do edifício permite transmitir ordens e instruções a qualquer ambiente de trabalho, além disso há sistemas de alarme interno e externo.

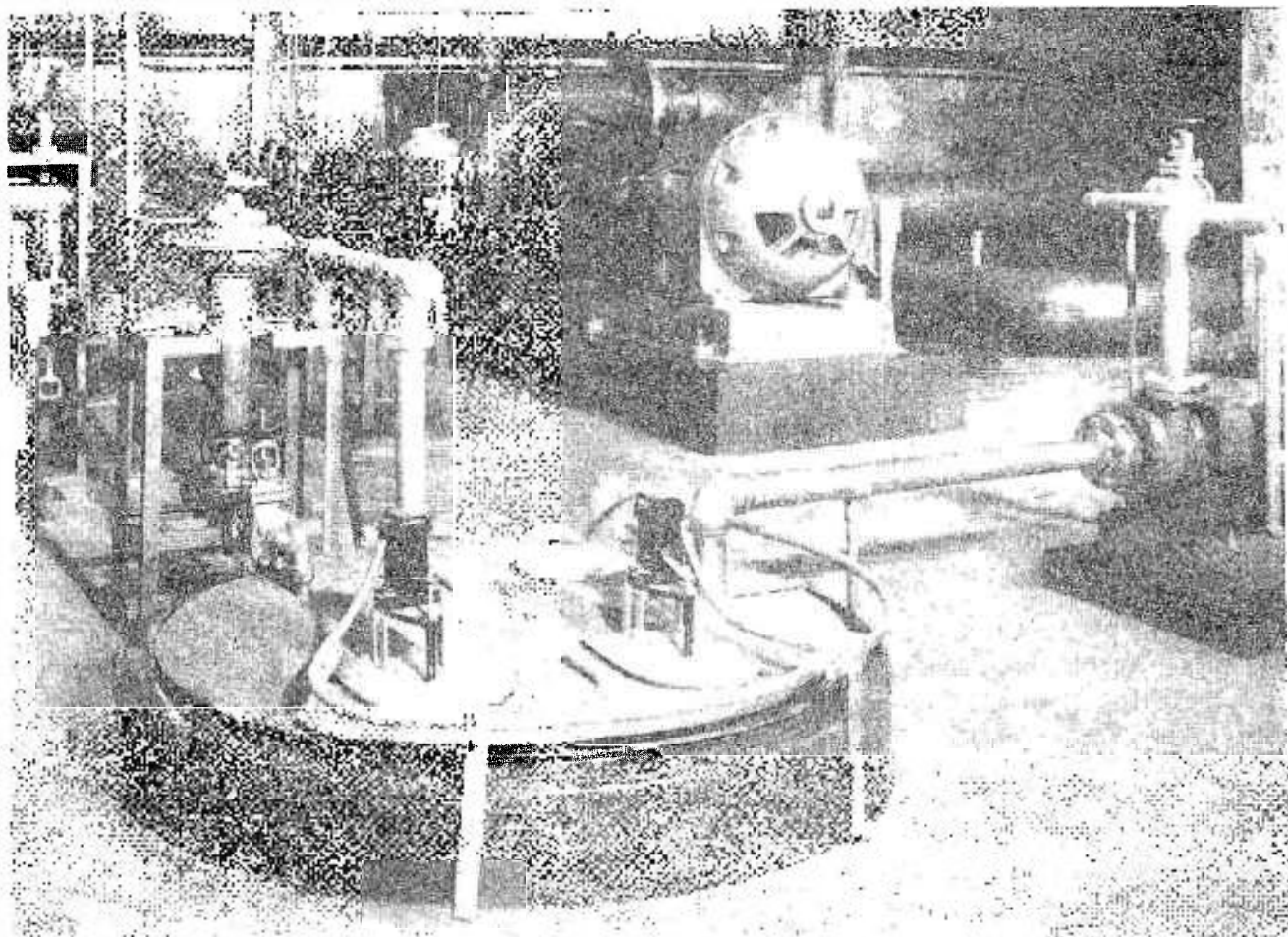
### EDIFÍCIOS ANEXOS

O edifício já possui dois anexos construídos. A cabine de força, que fornece os 700 kVA que o conjunto consome, está localizada ao lado de sua face oeste e a torre de resfriamento em sua face leste. Ambas foram construídas e utilizam material produzido pela indústria local.

A torre de resfriamento dissipa 17,1 milhões de BTU por hora, provenientes do calor gerado no reator quando em regime de funcionamento em potência máxima, e mantém a temperatura da piscina a menos de 40°C.

*Aspecto parcial do início da construção dos laboratórios anexos ao reator.*





sta parcial do  
rão: no pri-  
eiro plano o  
ique de reten-  
o para resí-  
os.

## NOVOS LABORATÓRIOS

O edifício do reator foi construído em posição conveniente com previsão para a construção do edifício dos laboratórios anexos. Neste edifício, serão instalados laboratórios para pesquisas em física nuclear, radioquímica, física de reatores e radiobiologia. Numa ala do edifício — parcialmente isolada do corpo principal — será instalada a Administração e a Biblioteca do Instituto. A construção iniciada em Junho de 1958, deverá estar concluída até Setembro do corrente ano.

## EXPERIÊNCIAS CRÍTICAS, REALIZADAS COM O REATOR

Desde a realização da primeira experiência crítica (16-9-57), até o presente, estudou o Instituto trinta e oito configurações diferentes do núcleo do reator. Foram realizadas experiências para determinação das massas críticas correspondentes.

É importante assinalar que em virtude da enorme flexibilidade de distribuição de barras de urânio no nosso reator, essas experiências correspondem praticamente ao estudo de trinta e oito diferentes modelos de reatores, utilizando todos água como moderador e urânio enriquecido como combustível.

Essa grande flexibilidade dos reatores moderados à água, em relação aos que utilizam moderadores sólidos como a grafite, pode ser exemplificada pelos resultados que acabamos de citar.



## FORMAÇÃO DE TÉCNICOS E PESQUISADORES

Desde o início de suas atividades, a Comissão de Energia Atômica do Conselho Nacional de Pesquisas, deu atenção especial ao problema da formação de técnicos e pesquisadores, condição imprescindível para o desenvolvimento da energia atômica em nosso país.

Para o atendimento dessa finalidade, o Conselho Nacional de Pesquisas iniciou, em 1955, cursos especiais de formação de técnicos. Durante os anos de 1957 e 1958, êsses cursos foram realizados sob o patrocínio da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Dada a inexistência de reatores no país limitaram-se os referidos cursos, inicialmente, ao estudo teórico dos problemas de física de reatores. Nos cursos desenvolvidos pela Universidade de São Paulo, em 1955 e 1956, graças a existência de laboratórios equipados para experiências em física nuclear, as aulas teóricas foram complementadas com uma parte experimental sobre a física nuclear. Com a instalação do reator foi possível desenvolver-se cursos teórico-práticos de grande eficiência. O reator do Instituto de Energia Atômica tem sido posto à disposição de todos os centros de treinamento nuclear no país, propiciando estágios.

Assim, durante o ano de 1958, o reator foi utilizado pelos alunos do Curso de Energia Nuclear da Escola de Engenharia da Universidade de Minas Gerais, pelos alunos do Curso de Engenharia Nuclear desenvolvido pelo próprio Instituto e pelos componentes do Curso de Engenharia Nuclear desenvolvido pela Escola Técnica do Exército.

Foi possível assim, manter um curso experimental de alta eficiência, no qual os alunos encontraram maiores facilidades experimentais do que aquelas com que contam quando realizam cursos no exterior.

Sob os auspícios da C.N.E.N. e da U.S.P. foi realizado, pela primeira vez no país, um curso sobre aplicação de isótopos radioativos à propedêutica médica com a colaboração da 1.<sup>a</sup> Clínica Médica da Faculdade de Medicina e foi dado pela primeira vez a um grupo de médicos, acompanhar a produção de radioisótopos de interesse médico (I-131 e Au-198). Êsses médicos puderam participar de provas propedêuticas realizadas com material marcado em pacientes, e puderam os inscritos, pela primeira vez, trabalhar com analisadores de impulso e usar em suas provas, simultaneamente, dois isótopos radioativos.

## COLABORAÇÃO INTERNACIONAL

Até o momento presente o Instituto de Energia Atômica já foi oficialmente solicitado para proporcionar estágios a representantes do Peru,

Chile, Argentina, Equador, Colombia e Paraguai, devendo receber um total de mais de trinta estagiários.

## ATIVIDADES DE PESQUISAS DO INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

Apesar de contar com apenas dois anos de existência e com um prazo de apenas um ano desde o início do funcionamento do reator, o Instituto de Energia Atômica já conta com apreciável produção científica, sendo o mais importante centro do país especializado em pesquisas relacionadas com o uso pacífico da energia atômica.

Durante êsse período foram realizados os seguintes trabalhos :

1. Trabalhos apresentados à II Conferência sôbre os Usos Pacíficos da Energia Atômica reunida em Genebra, em Setembro de 1958.  
“On the diffusion of neutrons in moderating and multiplying media with a periodical neutron source” — por Gerhard Jacob.  
“Description of the Brazilian Research Reactor” — M.D.S. Santos e P.S. Toledo.  
“Preliminary Results of 5 MW Operation with the Brazilian Swimming Pool Reactor” — M.D.S. Santos, P.S. Toledo, F.W. Lima, R.R. Pieroni, C.C. Cardwell, A. Abrão, R. Brenner, E.W. Cybulska, C.R. Pereira, I.C. Nascimento, A.C. Penteado e A.R. Frascino.  
“The  $\text{Be}^9(n, 2n)\text{Be}^9$  reaction and its influence on the infinite multiplication factor for a beryllium moderated heterogeneous thermal reactor” — D. Dillenburgh, P.S. Toledo, G. Jacob.  
“Radiation intensity levels of air and water activities observed with the IEAR-1 swimming pool reactor at 5 MW” — R.R. Pieroni, S.B. Herdade, W.S. Hehl, C.R. Pereira.  
“A power calibration method using the X e non poisoning” — M.D.S. Santos, P.S. Toledo.  
“Fission products in cooling water of the Brazilian Swimming Pool Reactor” — F.W. Lima, A. Abrão, L. Tognolli, C. Pagano.
2. Trabalhos apresentados ao Congresso de Química reunido em Salvador (Bahia) em Novembro de 1958 :  
“Análises por ativação levadas a efeito com o reator de piscina do Instituto de Energia Atômica — Parte I” — F. W. Lima, A. Abrão e C. Pagano.  
“Análises por ativação levadas a efeito com o reator de piscina do Instituto de Energia Atômica — Parte II — Uso da Técnica de Espec-



trometria de raios gama" — F. W. Lima, A. Abrão, C. Pagano e L. Tognoli.

"Separação de Bismuto do Chumbo com ácido etilenodiaminotetraacético, aplicação para radioquímica" — F. W. Lima e A. Abrão.

"Produção de Iodo-131 no reator de piscina do Instituto de Energia Atômica" — F. W. Lima e L. Tognoli.

"Determinação de Radiocianocobalamina (Vitamina B-12) na urina" — F. W. Lima, A. Abrão e R. R. Pieroni.

3. Trabalhos apresentados ao Congresso de Genética, reunido em Curitiba, em Novembro de 1958 :

"Amostragem de ar com filtro "Milipore" — R. R. Pieroni, S. P. Herdade, W. S. Hehl, D. M. Vizeu.

"Amostragem do solo na área do reator" — R. R. Pieroni, S. B. Herdade, C. R. Pereira, W. S. Hehl, D. M. Vizeu, A. F. Carvalho.

"Níveis de radiação esperados e observados na operação do IEAR-1" — R. R. Pieroni, S. B. Herdade, C. R. Pereira, W. S. Hehl.

"Níveis de atividade observados em vegetais na área da Cidade Universitária" — R. R. Pieroni, S. D. Herdade, D. M. Vizeu, F. Carvalho, A. Oliveira e Souza.

"O emprêgo do MAP-1 e do C.A.M. na amostragem contínua do ar" — R. R. Pieroni, S. B. Herdade, W. S. Hehl.

"Proteção contra radiações, na bomba de cobalto do Hospital das Clínicas" — R. R. Pieroni.

"Atividade natural do ar, no interior do edifício do reator" — R. R. Pieroni, S. B. Herdade, W. S. Hehl, D. M. Vizeu.

"Estudo do decaimento dos produtos beta ativos, retidos pelos filtros "Cambridge" do sistema de exaustão do edifício do reator" — R. R. Pieroni, W. S. Hehl.

"Proteção Radiológica no IEAR-1" — R. R. Pieroni.

"Cálculo de Blindagens" — R. R. Pieroni, C. R. Pereira, W. S. Hehl.

4. OUTRAS PUBLICAÇÕES

"Influência da violeta de genciana na sobrevivência de hemácias" — O. Mellone, V. Maspes e R. R. Pieroni — apresentado no Congresso Internacional de Transfusão de sangue, realizado em Roma (Outubro 1958).

"A absorção da vitamina B-12 (Co-60) em gastrectomizados" — J. Roseblum, R. R. Pieroni, C. Kurban, J. Schnaider — apresentado no Congresso Médico do Brasil Central (Setembro de 1958).



“Determinação simultânea de Cr-51 e Fe-59 em amostras de sangue” — R. R. Pieroni e V. Maspes — apresentado na reunião de 1958 da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

“Sobrevida de hemácias e aproveitamento do ferro em indivíduos normais e com síndromes hematológicas” — V. Maspes, R. R. Pieroni, Z. J. Gomes, M. A. Jamra — apresentado na reunião de 1958 da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência.

“Estudos de eritrocinese” — V. Maspes, R. R. Pieroni, Z. J. Gomes, C. Barros, M. A. Jamra — apresentado em outubro em reunião do Departamento de Hematologia da Associação Paulista de Medicina.

## 5. OUTRAS ATIVIDADES

Trabalhos realizados pelo grupo de eletrônica, sob a orientação do Dr. Raul Brenner :

- 1) Projeto e construção dos seguintes sistemas :
  - a) circuito para medida do “período” do reator;
  - b) projeto e construção de um circuito para coincidências duplas;
  - c) circuito de registro de impulsos elétricos em fita magnética;
  - d) gerador de impulsos rápidos para calibração de amplificadores lineares;
  - e) analisador diferencial de impulsos para análise da radiação gama emitida por isótopos radioativos;
  - f) medidor para pequenas capacidades (de 1 a 300 pF);
  - g) espectrômetro de raios gama;
  - h) fontes de alta tensão estabilizadas.

Simultaneamente ao desenvolvimento dessas pesquisas, tem o Instituto se preocupado com o problema do estudo dos materiais estruturais existentes no país que possam vir a ser utilizados na construção de reatores pela indústria local.

Para o atendimento desse programa de longo alcance, que constitui, a nosso ver, a finalidade fundamental do Instituto de Energia Atômica, foram iniciados estudos relativos à determinação das propriedades físicas e das constantes nucleares de materiais como a grafite e o alumínio  $2S$ , produzidos pela indústria local.

## COLABORAÇÃO COM CENTROS CIENTÍFICOS DO PAÍS

O Instituto de Energia Atômica tem oferecido ampla colaboração a centros científicos do país, proporcionando estágio para aperfeiçoamento de técnicos e cientistas e procurando atender as solicitações para fornecimento de isótopos radioativos para fins específicos. Neste particular, o Instituto de Energia Atômica tem fornecido também a indispensável colaboração científica para o estudo de problemas especiais.

Foram concluídos e se acham em execução os seguintes Convênios de Cooperação :

1. Instituto Tecnológico da Aeronáutica (São José dos Campos) — irradiação de peças para estudo de desgaste de componentes de motores a explosão, destinados à indústria automobilística nacional.
2. Instituto Agrônomo de Campinas — irradiação de sementes de frutas cítricas para provocar mutações artificiais.
3. Instituto de Pesquisas Radioativas — Universidade de Minas Gerais — colaboração nos estudos para instalação do reator de pesquisas Triga e estudos sobre os problemas de proteção radiológica.
4. Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo — O Instituto de Energia Atômica foi encarregado do serviço de proteção radiológica desse Hospital e está colaborando com a primeira Clínica Médica (Serviço do prof. A. B. de Ulhoa Cintra);
5. Escola Nacional de Química da Universidade do Brasil — fornecimento de isótopos radioativos;
6. Universidade da Bahia, Escola de Engenharia — colaboração ampla no setor da radioquímica;
7. Universidade do Rio Grande do Sul — colaboração científica e intercâmbio de pesquisas científicas com o Centro de Pesquisas Físicas;
8. Repartição de Águas e Esgotos da Secretaria da Viação do Estado de São Paulo — Estudos sobre as aplicações de isótopos radioativos para determinação de vazamentos na rede de distribuição;
9. SESI — Estudo do problema da proteção do pessoal contra a ação de raios X;
10. Universidade de Minas Gerais — Faculdade de Medicina (Serviço dos profs. Baeta Viana e Oromar Moreira) — fornecimento de iodo-131 para estudos sobre o bócio endêmico;
11. Universidade de São Paulo — Departamento de Física da Faculdade de Filosofia (profs. Oscar Sala, Abraão de Moraes, Marcello Damy de Souza Santos, Paulo Saraiva de Toledo e Rômulo Ribeiro Pieroni) — colaboração científica e didática.
12. Universidade de São Paulo — Escola Politécnica — colaboração didática.

#### CONTRIBUIÇÕES DISPONÍVEIS PARA O ANO DE 1959

Dando fiel cumprimento aos termos do convênio estabelecido com o Conselho Nacional de Pesquisas, o Governo do Estado abriu créditos para edificação dos laboratórios anexos, cujas obras foram iniciadas graças ao interesse e as facilidades postas à disposição do Instituto pela Comissão Nacional de Energia Nuclear.

*Detalhe do núcleo do reator; observe-se a barra de controle e os 3 imãs de sustentação das barras de segurança. Ao fundo podem ser observadas da esquerda para a direita: câmara de fissão, câmara de ionização, duas câmaras compensadas e outra não compensada. No primeiro plano, os terminais do sistema de transporte pneumático de amostras.*

A DE

