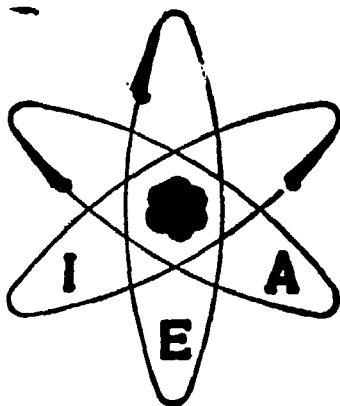


BR7801748



**ESTUDOS VISANDO A REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO
NA SUPERFÍCIE DO REATOR IEA-R1**

HERTZ PASQUALETTO e JOEL ALVARENGA DE SOUZA

INFORMAÇÃO IEA N.º 43
Fevereiro — 1975

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

**ESTUDOS VISANDO A REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO
NA SUPERFÍCIE DO REATOR IEA-R1**

Hertz Pasqualetto e Joel Alvarenga de Souza

**Coordenadoria de Operação e Manutenção dos Reatores
Instituto de Energia Atômica
São Paulo - Brasil**

**Informação IEA Nº 43
Fevereiro - 1975**

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

Prof. Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

ÍNDICE

I - Introdução	1
Capítulo I - Objetivos, equipamentos disponíveis e adicionais	2
I.1 - Objetivo e considerações gerais	2
I.2 - Equipamentos disponíveis no IEA-R1 para formação de uma camada de água quente	2
I.3 - Meios adicionais de que poderemos dispor	2
Capítulo II - Retrospecto das experiências realizadas, na tentativa de formação de camada quente	4
II.1 - Utilizando-se os equipamentos disponíveis	4
II.2 - Utilizando-se a placa defletora e o sistema de equipamento disponível	5
II.3 - Colocando a placa defletora na altura do difusor	5
Capítulo III - Propostas para modificações	5
III.1 - Mudança do atual difusor, não envolvendo qualquer alteração na piscina do reator	5
III.2 - Réplica da modificação anterior, porém com os braços totalmente redimensionados	6
III.3 - Mudança do atual difusor, envolvendo modificações na piscina do reator	6
II - Considerações Finais	6
Referências Bibliográficas	15

ÍNDICE DAS FIGURAS

Figura 1: Correntes hidráulicas existentes na piscina	8
Figura 2: Corrente resultante na superfície	9
Figura 3: Placa defletora sugerida pelo C.T.H. da EPUSP	10
Figura 4: Primeira tentativa utilizando a placa defletora	11
Figura 5: Segunda tentativa utilizando a placa defletora	12
Figura 6: Alteração no difusor não envolvendo reformas na piscina	13
Figura 7: Alteração no difusor envolvendo reformas na piscina	14

ESTUDOS VISANDO A REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE RADIAÇÃO NA SUPERFÍCIE DO REATOR IEA-R1

Hertz Pasqualetto e Joel Alvarenga de Souza

I - Introdução

A facilidade de acesso ao núcleo constitui uma das principais vantagens dos reatores de pesquisa tipo piscina. Esta característica, como também a potência e o ritmo de operação do reator, ficam, entretanto, limitadas pelos níveis de radiação que têm lugar principalmente na superfície livre da piscina.

Os fatores que exercem influência direta sobre estes níveis são:

- Potência e ritmo de operação do reator.
- Impurezas existentes na água de refrigeração.
- Correntes hidráulicas da água de refrigeração do reator, que ao retornar à piscina se dirigem à superfície.

Trabalhos preliminares nos mostram que o Na-24, Mg-27, A-41, emissores β^+ , além da radiação direta proveniente do núcleo do reator, são os principais elementos responsáveis pelo nível de radiação na superfície da piscina.

Tomando como base os níveis de radiação existentes nas condições atuais de funcionamento do reator, quais sejam:

- potência 2 Mw;
- ritmo de operação: 8 horas/dia, 4 a 5 dias/semana;
- vazão do circuito de refrigeração: 2600 G.P.M.;
- vazão do circuito de retratamento da água da piscina: 20 G.P.M.

podemos fazer uma previsão dos níveis de radiação que serão atingidos para outras condições de funcionamento, tendo em vista a reforma que está se processando atualmente no reator IEA-R1, a qual lhe dará condições de aumento de potência e de ritmo de operação.

POTÊNCIA (Mw)	RITMO DE OPERAÇÃO	NÍVEIS DE RADIAÇÃO sup. piscina méd.	(mR/h) Salão 3º and.
2	8 horas/dia 5 dias/semana	12	1,5
5	24 horas/dia, 20 dias	40	5,0
10	24 horas/dia, 20 dias	80	10,0

Como o máximo admissível para trabalho contínuo em áreas sujeitas à radiação, é fixado normalmente em 2,5 mR/h ou 100 mR/semana, podemos verificar que com estes níveis de radiação citados acima, teremos que limitar o tempo de permanência de pessoas que trabalhem nessa área.

Relataremos, neste trabalho, os métodos e tentativas que estão sendo adotados para a eliminação deste problema.

Capítulo I

Objetivos, equipamentos disponíveis e adicionais.

I.1 - Objetivo e Considerações Gerais.

Uma pesquisa bibliográfica revelou que, em reatores análogos, este problema é solucionado através da formação de uma camada superficial de 1,5 m a 2 m de água do sistema de retratamento, a qual tem sua temperatura elevada em 4° a 6°C em relação a temperatura normal da água da piscina do reator. Os fatores de redução obtidos desta maneira nos níveis de radiação estão compreendidos entre 4 a 8 vezes.

Porém, é necessário que se consiga uma boa estabilidade superficial no que se refere às correntes hidráulicas formadas na piscina pela água de refrigeração. As velocidades destas correntes devem ser menores que 1 cm/s, na interface de separação da camada de água quente, caso contrário a potência térmica para o aquecimento ou o volume de água utilizado para a formação da camada, serão extremamente elevados.

É interessante lembrar que podemos recorrer a potência térmica gerada pelo próprio reator, utilizando-se para isto um trocador de calor, onde a água do sistema primário de refrigeração do reator aqueceria a água do sistema de retratamento, que iria formar a camada de água quente na superfície da piscina.

A utilização direta de uma fração da água do sistema primário de refrigeração, a qual passaria pelo sistema de retratamento e então injetada na superfície da piscina, já foi utilizado em alguns reatores, porém, foi abandonada por fatores de segurança.

I.2 - Equipamentos Disponíveis no IEA-R1 para a Formação de uma camada de água quente:

- Um aquecedor elétrico com potência de 40 Kw.
- Um sistema de tratamento de água com capacidade de 5 GPM, cuja tubulação passa através do aquecedor elétrico e em seguida é injetada na parte semi-circular da piscina por uma tubulação de 1" provida de 68 orifícios de 1/8", situada a 15 cm abaixo do nível normal d'água.
- Uma placa de lucite situada no compartimento principal da piscina recobrendo-a totalmente e mergulhada a 80 cm de profundidade, visando com isto reduzir as velocidades das correntes hidráulicas nesta região.

I.3 - Meios Adicionais de que Podemos Dispor.

1.3-1 - Utilização da Potência Térmica do Reator

O processo de formação de uma camada de água quente necessita, normalmente, tanto de um abastecimento de água tratada e isenta de produtos radioativos, como de um meio para o aquecimento desta água a uma temperatura superior a temperatura de equilíbrio da água da piscina.

O processo mais direto seria, portanto, a utilização de uma parte da própria água de refrigeração do núcleo do reator. Esta água seria tomada logo após sua passagem pelo núcleo e enviada a um sistema de tratamento para a retirada dos principais produtos radioativos e então remetida à superfície da piscina para a formação de camada de água quente. Este processo possui, no entanto, o inconveniente de que em caso de acidente, como fusão das placas dos elementos combustíveis e conseqüentemente liberação de produtos de fissão na água, o sistema de tratamento não terá capacidade para a retenção destes elementos radioativos.

Neste caso, o abastecimento da camada de água quente seria realizada com água altamente radioativa, estando pois contrário as normas de segurança.

A utilização da potência térmica do núcleo do reator poderá ser realizada com grande margem de segurança, se utilizarmos um trocador de calor adicional onde a água do sistema normal de retratamento seria aquecida pela água de refrigeração do reator e a seguir utilizada para a formação da camada superficial.

No quadro abaixo, podemos verificar, entretanto, que os acréscimos de temperatura (Δt) que sofre a água de refrigeração ao passar pelo núcleo do reator IEA R1 em condições normais de operação não são muito significativas, pelo fato de a água antes de ser injetada na superfície da piscina ter que passar pelo sistema de tratamento e tubulações de grandes extensões, sofrendo assim inevitavelmente um decréscimo de temperatura

Potência de Operação (Mw)	Vazão (GPM)	Diferença de temperatura entre a saída e entrada do núcleo Δt ($^{\circ}$ C)
2	2600	2,5
5	3600	4,5
10	5500	5,7

1.3-2 - Utilização da Água do Sistema de Retratoamento, após ampliação de sua Capacidade

O relativamente pequeno acréscimo na temperatura da água, como visto anteriormente, poderá ser compensado se aumentarmos a vazão do sistema de retratamento de água. Isto implicaria em uma duplicação ou provavelmente uma triplicação do sistema atual de retratamento de capacidade de 20 GPM, além do trocador de calor, que nesse caso atuaria como um aquecedor. Este trocador de calor, envolveria um estudo para sua localização, a fim de evitar ao máximo as perdas de carga adicionais no sistema de refrigeração do reator.

I.3-3 - Aumento da Potência Térmica do Aquecedor Elétrico.

Utilizando-se o aquecedor elétrico atual de capacidade de 40 Kw e com a vazão do sistema de retratamento em 20 GPM, o ganho térmico é de 6°C. O aumento de potência térmica desse aquecedor por exemplo para 120 Kw resultaria em um ganho térmico justificável.

Salientamos ainda que a utilização de um sistema elétrico de aquecimento é necessário qualquer que seja a solução adotada, pois, em casos de emergência, em que o reator se encontre desligado, este será o meio de aquecimento da água que irá formar a camada superficial de proteção.

Capítulo II

Retrospecto das experiências realizadas na tentativa de formação de uma camada de água quente.

II.1 - Utilizando-se os Equipamentos Disponíveis.

Utilizando-se os equipamentos disponíveis: Aquecedor, água do sistema de tratamento (5 GPM) e a placa de lucite a 80 cm de profundidade, conseguimos manter uma camada por aproximadamente 2 horas, no atual regime de funcionamento (2600 GPM - 2 Mw).

Após esta tentativa, foi efetuado um estudo sobre as correntes hidráulicas formadas na piscina, devido a recirculação da água de refrigeração do reator.

Trabalhos efetuados pelo C.T.H. da EPUSP e pela COMR-IEA, indicaram a existência de duas correntes principais na piscina do reator, segundo o esquematizado na Figura 1.

A interação destas correntes tem como resultante, uma corrente superficial como indicado na Figura 2.

As velocidades destas correntes na parte superior da piscina, (faixa de 0 a 2 metros de profundidade) está compreendida entre 3 a 6 cm/s, sem a placa de lucite.

O Laboratório de Hidráulica da EPUSP, trabalhando em um modelo em escala 1:5 do compartimento principal da piscina do reator, sugeriu a colocação de uma placa defletora, para evitar a subida da corrente principal. Esta placa deveria ser colocada na altura do difusor, segundo esquema da Figura 3.

Com esta placa defletora, foi conseguida grande estabilidade na superfície no modelo da piscina.

Porém, na piscina do reator tínhamos dois problemas para a colocação desta placa defletora:

- Os dois Beam-Holes situados frente a coluna térmica, impossibilitam a colocação de uma placa inteira até a altura do difusor.
- Fixação desta placa evitando vibrações.

Optamos pela fixação da placa defletora nas gavetas da comporta de separação entre os dois compartimentos da piscina, por ser um método fácil e seguro. A placa defletora foi então colocada na altura dos Beam-Holes, evitando-se assim o corte da placa. Ver Figura 4.

II.2 - Utilizando-se a Placa Defletora e o Sistema de Aquecimento Disponível.

Com esta placa defletora e utilizando o sistema de aquecimento disponível, conseguimos manter uma camada de água quente por um período de 8 horas, ou seja, um dia de operação normal.

Porém, a camada de água quente inicial foi formada através do processo de extratificação, isto é, aquecemos toda a água da piscina, simplesmente desligando os ventiladores da torre de refrigeração do circuito secundário, e operando desta maneira por um dia. Desta forma elevamos a temperatura da água da piscina a uns 6°C acima da temperatura de equilíbrio. No dia seguinte, ligando-se totalmente o sistema de refrigeração do reator, injetamos pelo difusor água mais fria, formando assim uma camada de água quente teoricamente com uma espessura igual a profundidade da parte superior do núcleo do reator, isto é, 6,5 metros.

Obtemos assim, um ritmo de destruição médio da camada de água quente de 25 cm/hora. (Como termo de comparação: o ritmo de destruição da camada extratificada sem a placa defletora é de 1,5 metros/hora)

II.3 - Colocando a Placa Defletora na Altura do Difusor.

O resultado obtido com a placa defletora nesta posição, como esquematizado na Figura 5, foi algo semelhante ao obtido com a placa na posição anteriormente descrita.

1. Colocando a placa defletora na posição 2 injetamos a água do sistema de retratamento (20 GPM) pelo difusor semi-circular, o qual foi rebaixado para 1 metro de profundidade. Essa água foi previamente aquecida através do aquecedor de 40 kw.
2. Colocando apenas a placa de lucite a uma profundidade de 3 metros e mantendo o difusor rebaixado a 1 metro.
3. Idêntico processo utilizado no arranjo nº2, colocando-se porém a placa defletora na posição 2.

Com esses três arranjos (1, 2, 3) obtivemos resultados praticamente semelhantes, sendo de 15 cm/h o ritmo de destruição da camada de água quente previamente estabelecida.

Capítulo III

Propostas para modificações.

III.1 - Mudança do atual difusor, não envolvendo qualquer alteração na piscina do reator.

O atual difusor é constituído por 3 braços, os quais podem ser removidos isoladamente através das flanges de acoplamento. Os níveis de radiação nas proximidades destas flanges, foram medidos através de dosímetros termoluminescentes, após 2 dias e meio sem funcionar o reator, e com este deslocado para o compartimento de estocagem da piscina.

Os níveis encontrados variaram de 35 a 50 mR/h, existindo pois a viabilidade de trabalho no local, por um mergulhador especializado.

A mudança se constituiria, segundo a figura 6.

O braço A permanece em seu lugar original, porém os furos de saída d'água que estão voltados para baixo, seriam dirigidos lateralmente em direção ao núcleo.

O braço C seria retirado definitivamente e no seu lugar seria "adaptado" o braço B, pois será necessário cortar uma de suas pontas devido ao perfil de coluna térmica.

Os esforços no suporte seriam eliminados através de um tensor (cabo de aço inoxidável), pois a tubulação existente em Alumínio, com diâmetro de 10", não resistiria aos momentos de força que surgirão com a descarga de 2600 GPM atual e 5500 GPM futuro, após a ampliação do circuito de refrigeração do reator.

Com esta modificação eliminamos a corrente principal de turbulência, proporcionando probabilidade de eliminação da corrente secundária, apesar das velocidades de saída d'água neste caso serem maiores.

III.2 - Réplica da Modificação Anterior, porém com os Braços Totalmente Dimensionados.

Seria uma réplica do caso III.1, porém os braços seriam totalmente redimensionados, principalmente no que se refere aos ângulos e diâmetros de saída d'água. Esta mudança poderia ser efetuada com assessoria do Laboratório de Hidráulica da EPUSP.

III.3 - Mudança do Atual Difusor, Envolvendo Modificações na Piscina do Reator.

Neste caso, aproveitamos uma reforma no revestimento da parede da piscina do reator, (por exemplo: a troca dos ladrilhos por chapas de aço inoxidável) para montar um novo difusor.

Este difusor deverá estar nas proximidades da zona de sucção da água, de forma tal que o "volume de controle" seja o mínimo possível.

Desta maneira, haveria teoricamente um curto circuito da água de refrigeração. Ver figura 7.

II - Considerações Finais

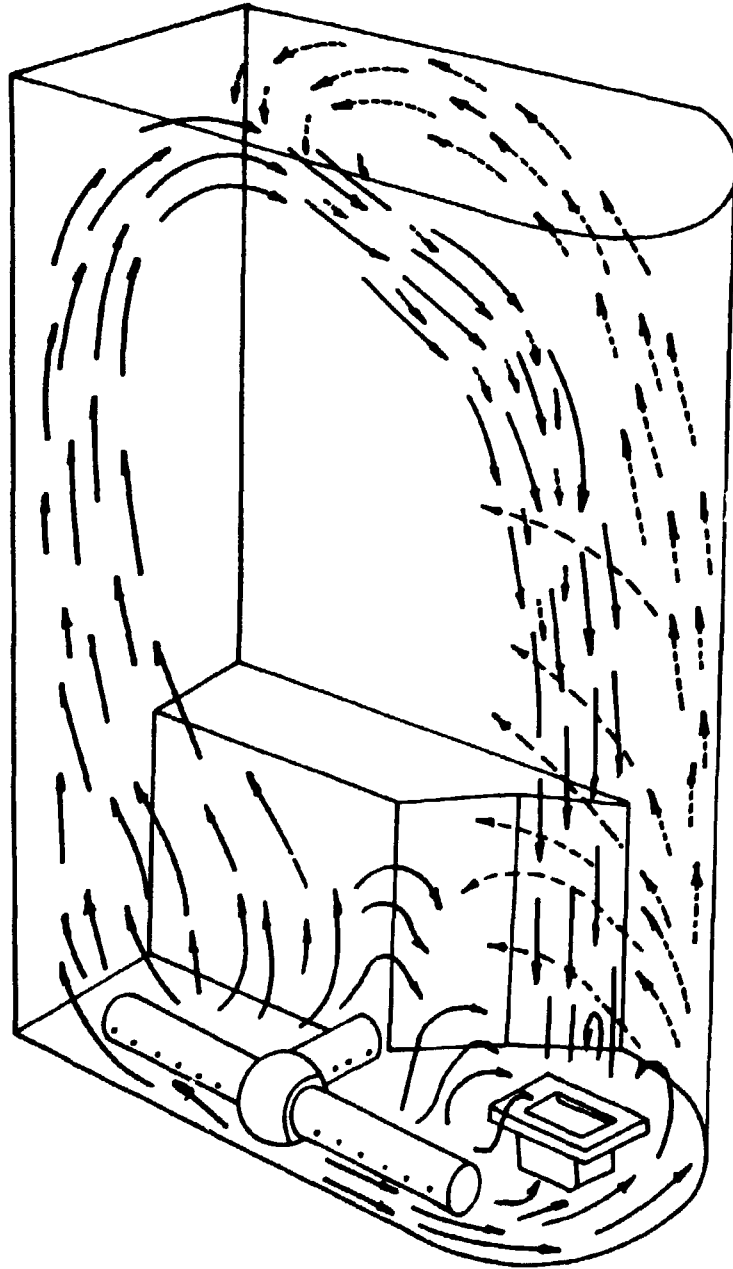
Baseados nas experiências realizadas até o presente, podemos admitir que uma solução satisfatória somente será encontrada através de modificações no atual difusor.

É de interesse, portanto, ultimar preparativos para projetos e construção de novos tipos de difusores, os quais, sempre que possível devem ser testados no próprio local de funcionamento, tendo em vista que a comprovação em modelos reduzidos, além das dificuldades de realização para que sejam realmente representativos, nos fornece resultados que se afastam tanto mais da realidade quanto menor for o modelo em estudo.

Como já foi verificado, é possível realizar trabalhos no fundo da piscina, desde que sejam antecipadamente programados de acordo com o ritmo de operação do reator.

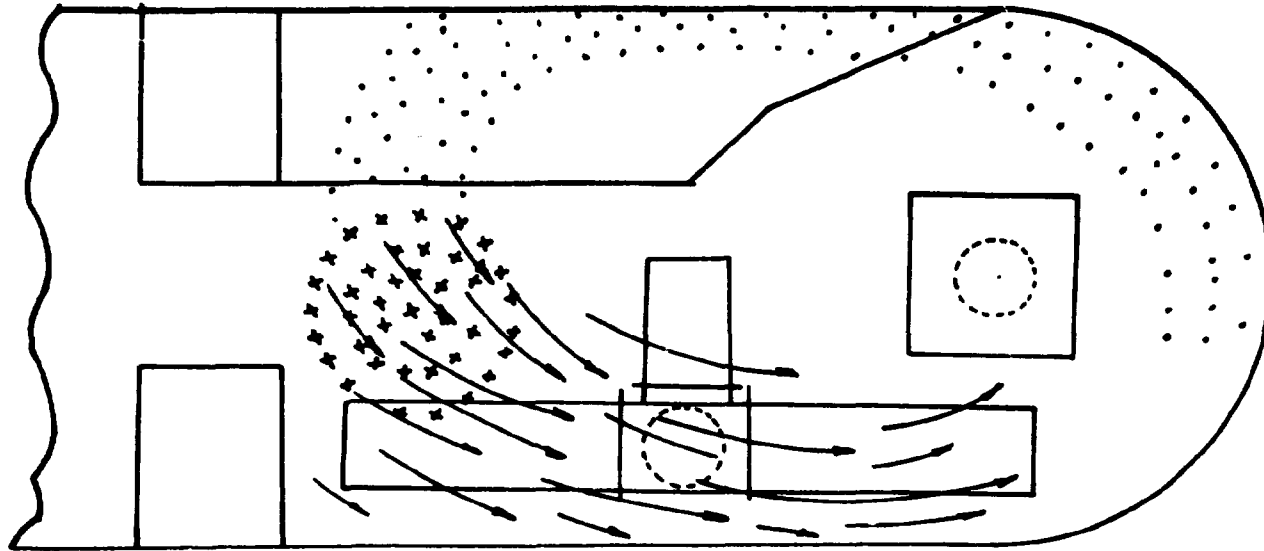
Qualquer que seja a solução encontrada para o novo difusor, a utilização das placas de lucite, posicionadas a 2 metros de profundidade, assim como, a água do sistema de retratamento (20 ou 80 GPM), deverão ser utilizadas como base para a formação da camada de água superficial, isenta de produtos radioativos.

Como reforço para a formação da camada superficial poderemos dispor ainda do aquecedor elétrico, o qual, a princípio, somente entrará em funcionamento quando o reator estiver desligado.



- CORRENTE PRINCIPAL
- CORRENTE SECUNDÁRIA

FIG.1 - CORRENTES HIDRÁULICAS EXISTENTES NA PISCINA



• CORRENTE SECUNDARIA
x CORRENTE PRINCIPAL

FIG.2 - CORRENTE RESULTANTE NA SUPERFICIE

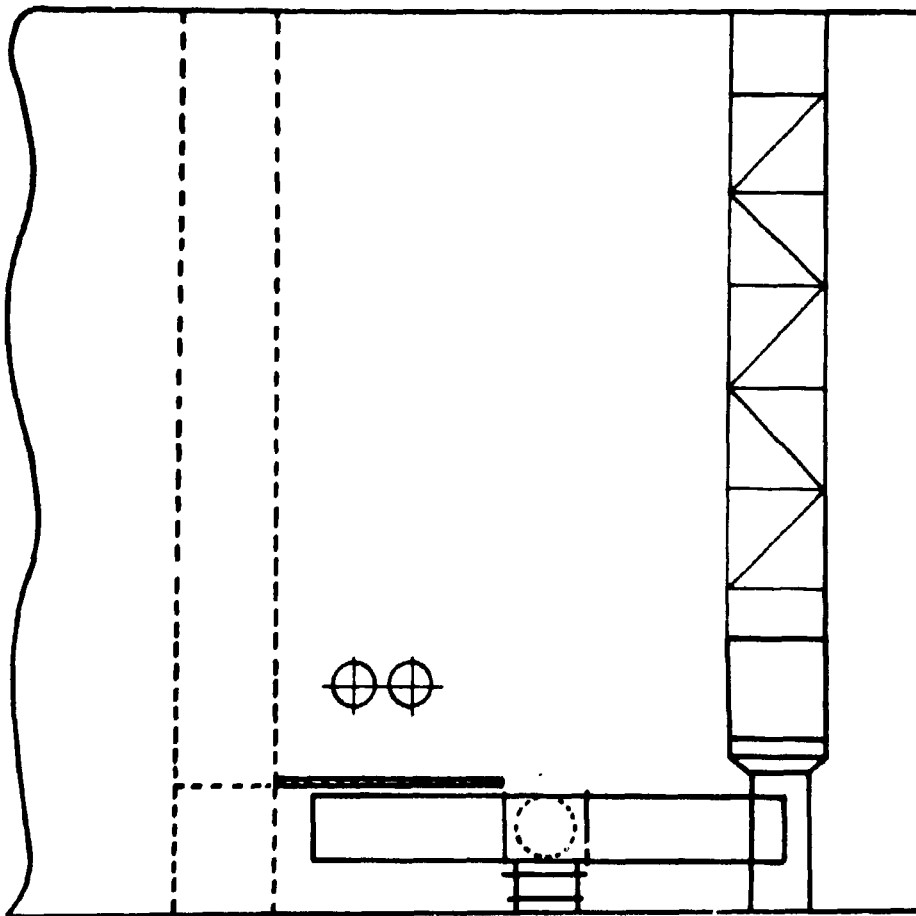
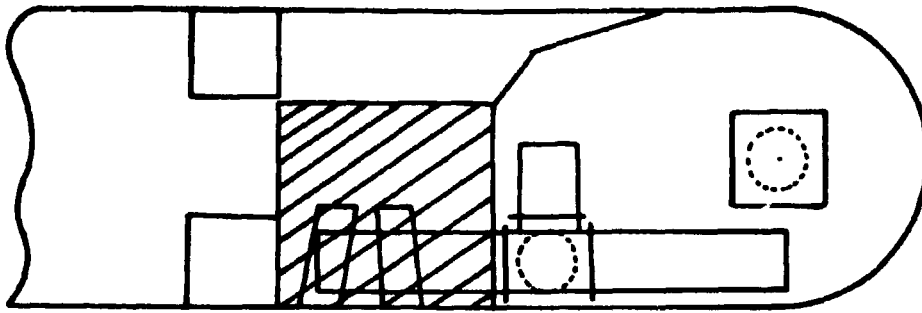


FIG.3 - PLACA DEFLETORA SUGERIDA PELO C.T.H. DA EPUSP

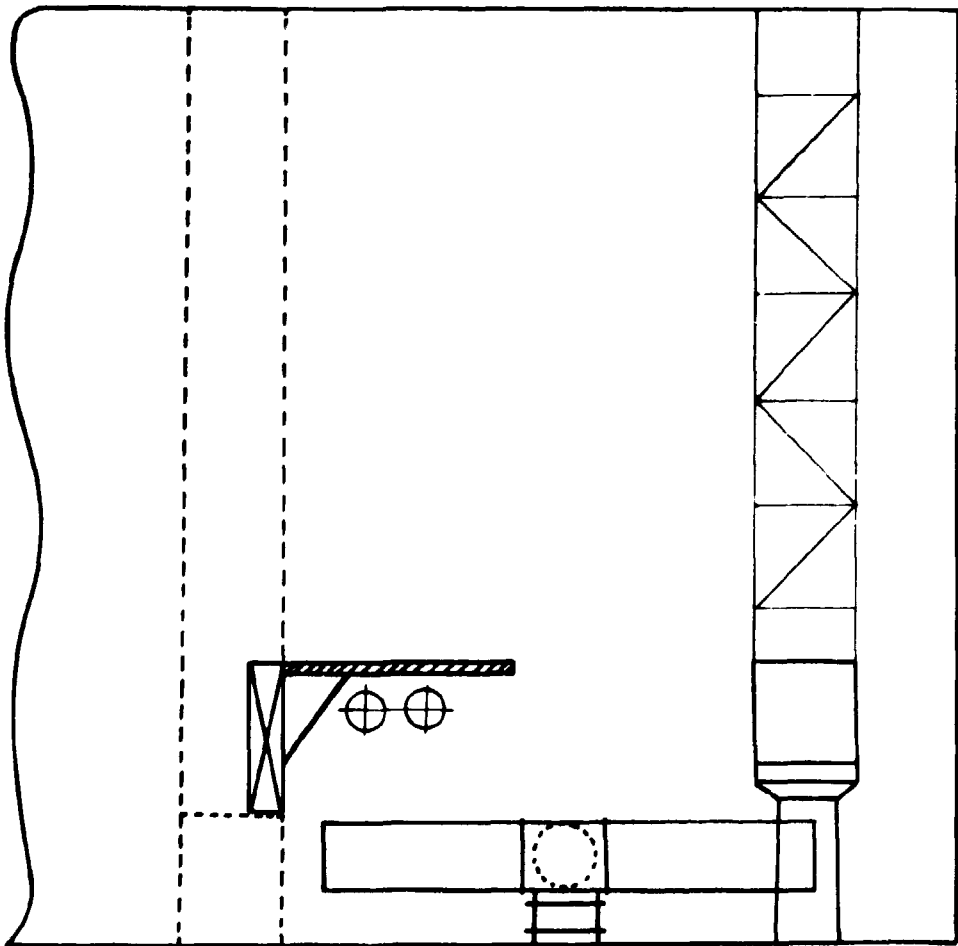
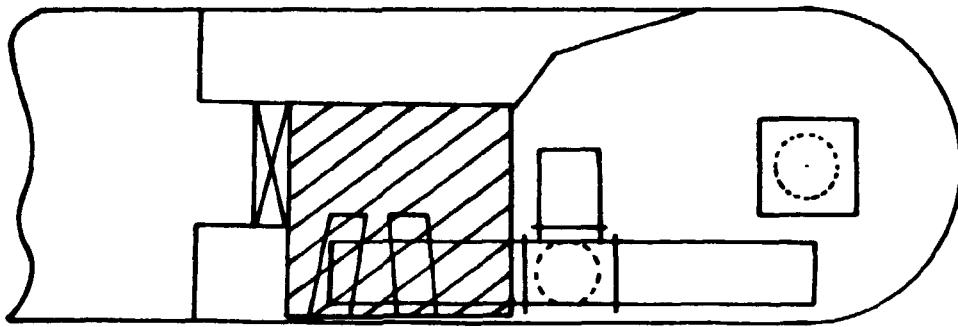


FIG.4-PRIMEIRA TENTATIVA UTILIZANDO A PLACA DEFLETORA

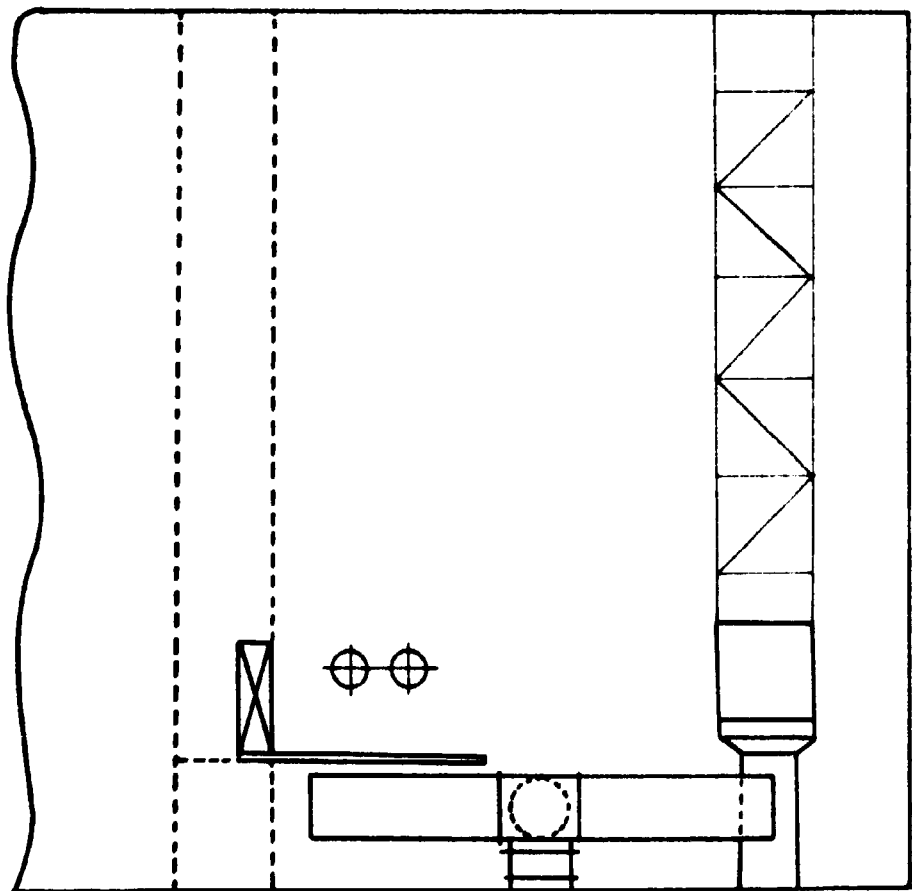
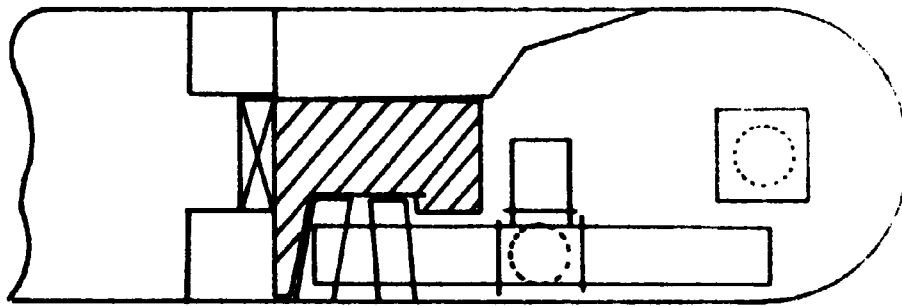


FIG.5-SEGUNDA TENTATIVA UTILIZANDO A PLACA DEFLETORA

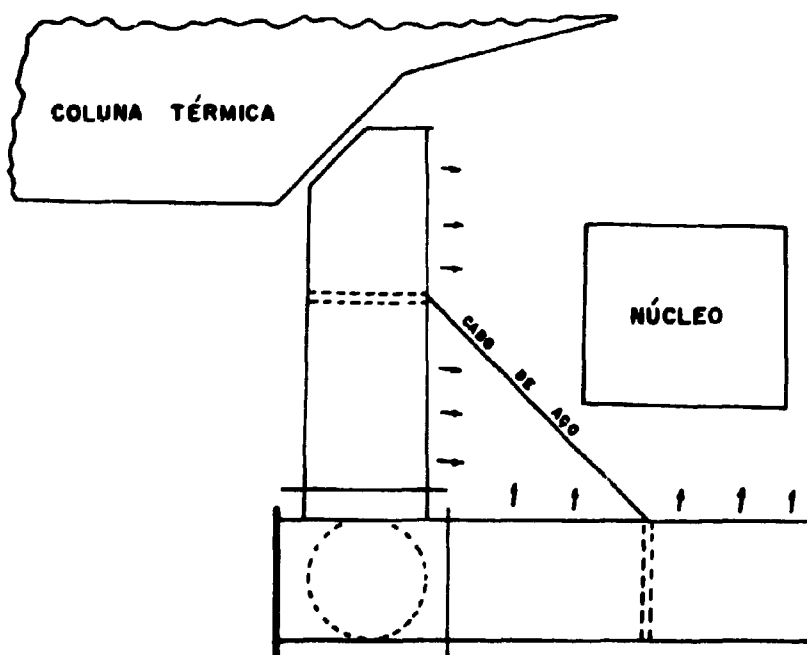
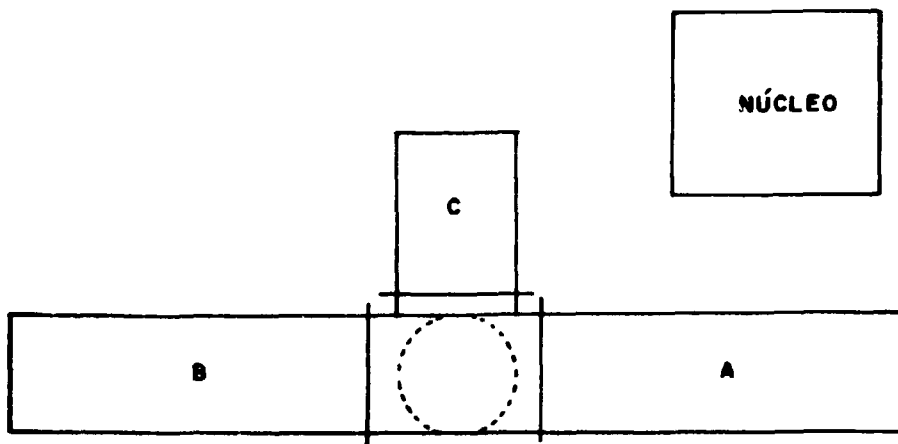


FIG.6-ALTERAÇÃO NO DIFUSOR NÃO ENVOLVENDO REFORMAS NA PISCINA

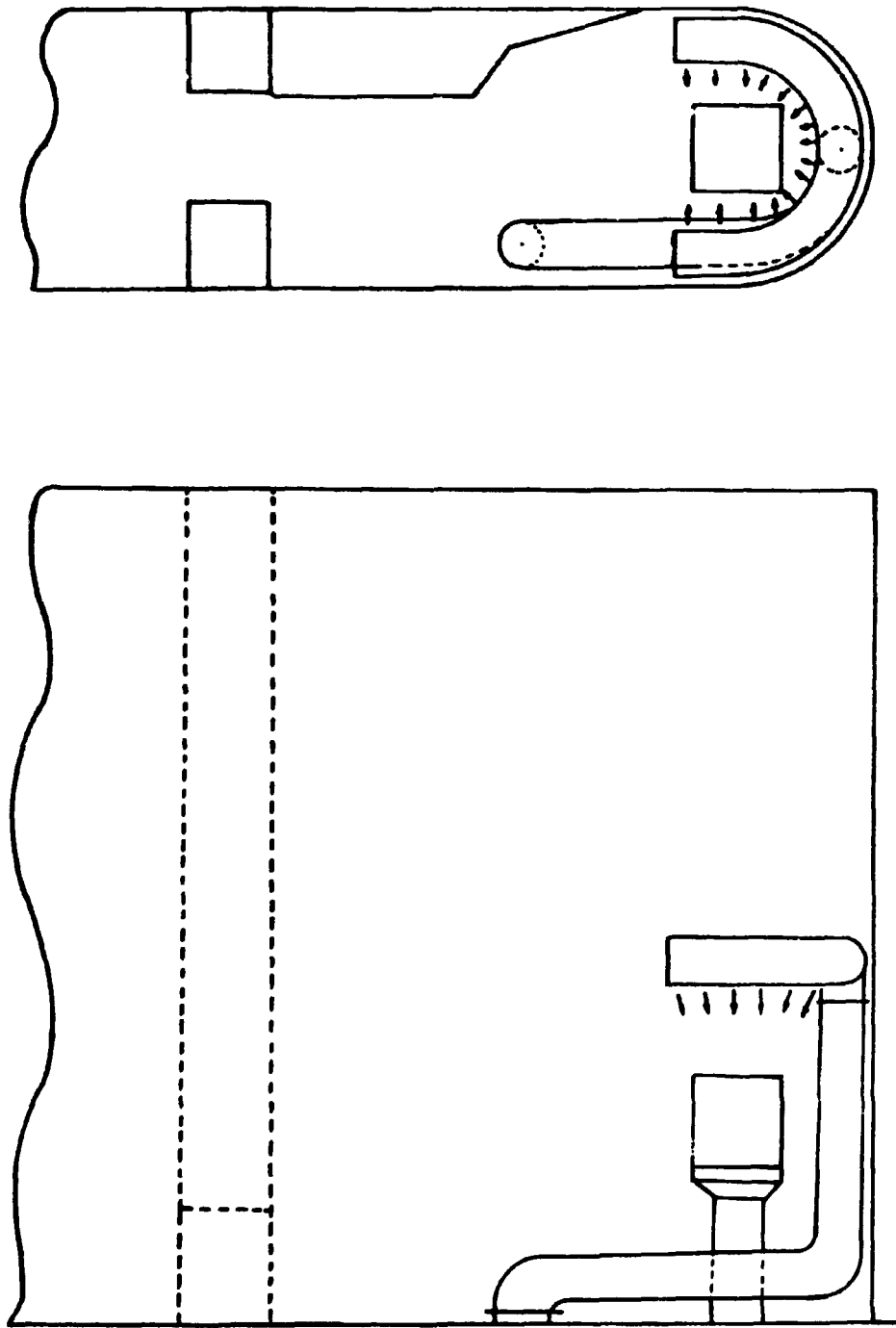


FIG.7-ALTERAÇÃO NO DIFUSOR ENVOLVENDO REFORMA NA PISCINA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGERON, P. et alii. *Rapport de sureté de Siloé: partie descriptive*. Grenoble, Fr., CEA, Centre d'études Nucléaires, 1963. v.1, chap.1-2. (CEA-2307)
2. BAAS C. et alii. *Rapport de sureté de Melusine (après augmentation de puissance a 4 Mw): partie descriptive*. Grenoble, Fr., CEA, Centre d'Etudes Nucléaires Mars 1967. v.2. (CEA-R-3131).
3. DENILOU, G. Higher power from pool reactors. *Nucl. Engng*, London, 9:249-50, 1964.
4. PIERONI, R.R. et alii. *Níveis de radiação observados com o IEAR-1 operando em potência*. São Paulo, Instituto de Energia Atômica, 1960. (IEA-34).