

# RECUPERAÇÃO DE PEÇAS DE SILICONE POR IRRADIAÇÃO

CLAUDIO JACOBS LORENA  
BAYER S.A.

DRA. SELMA M. L. GUEDES  
IPEN-CNEN/SÃO PAULO

COLEÇÃO PTC

DEVOLVER AO BALCÃO DE EMPRÉSTIMO

IPEN / CNEN - SP  
BIBLIOTECA  
Produção Científica

## I) VULCANIZAÇÃO DE BORRACHA DE SILICONE

### A) Tipos de Borracha de Silicone

As borrachas de silicone podem ser divididas em 2 grandes classes:

Borrachas de Vulcanização a quente (HV, HTV)

Borrachas de Vulcanização à temperatura ambiente (RTV)

Estas duas classes podem ser subdivididas novamente em dois grandes grupos, sendo:

As borrachas de vulcanização à quente são subdivididas em borrachas líquidas (LSR) e sólidas ou de alta consistência.

As borrachas de vulcanização à frio são as de um componente (RTV-1) que vulcanizam com a umidade do ar (são os mastiques usados na construção civil ou na colagem de aquários). Outro grupo é o de dois componentes (RTV-2), massa líquida ao qual se adiciona um catalisador para se conseguir o elastômero, que é usado para encapsulamento elétrico ou confecção de moldes para reprodução de peças.

As que nos interessam para nosso trabalho são as borrachas de vulcanização à quente, pois são as que possuem ligações vinílicas em suas cadeias (VMQ ou PVMQ), responsáveis pela reticulação e mais suscetíveis à ação de radiações.

### B) Processos de vulcanização

Antes de entrarmos no tema propriamente dito, vejamos rapidamente os processos usuais de processamento da borracha:

Os primeiros tipos de borracha lançados no mercado, os de alta consistência, foram feitos para serem processados em equipamentos tradicionalmente encontrados na indústria de borracha, ou seja, prensas, injetoras e extrusoras, incluindo a variante de combinação dos dois primeiros processos que é o sistema por transferência. A vulcanização ocorre em tempos variando de 2 a 5 minutos a uma temperatura de 165 a 180°C.

Uma das características da borracha de silicone é não apresentar a "nervura" existente na maioria dos elastômeros antes da vulcanização, o que exige equipamentos menos robustos apesar de criar dificuldades específicas principalmente na extrusão (colapsamento) e para contorná-la são feitas modificações na alimentação e rosca.

As borrachas do tipo LSR, onde a Bayer foi uma das pioneiras mundiais e a primeira a introduzir o processo no Brasil para a confecção de bicos de mamadeira (Kuka, 1988), utiliza injetoras adaptadas da indústria de plásticos devidamente modificadas (canhão resfriado,

6º Congresso Brasileiro de Tecnologia da Borracha

IPEN-DOC-2876

S. Bernardo do Campo, SP, 12-15 de setembro 1997

molde aquecido, sistema de alimentação e mistura de dois ou mais componentes bastante sofisticado) (fig. 1 e 2). A consistência deste material varia de uma graxa, no caso de injeção, até de um líquido viscoso, no caso de espalmagem ou imersão. Este é um dos motivos por este processo ter tido a preferência das indústrias de plásticos que precisavam confeccionar peças em elastômero é que os equipamentos lhes eram mais familiares. A grande vantagem do processo é o tempo de ciclo curto (20 - 30 segundos à 200°C). Apesar do custo do produto ser relativamente alto (catalisador à base de sais de platina), o processo é cada vez mais utilizado devido à sua racionalidade.

Na borracha de alta consistência (e muito mais no LSR), um pré-formado se deforma com grande facilidade havendo necessidade de se efetuar a vulcanização dentro de um molde ou de forma muito rápida, no caso de extrusão.

### C) Agentes de vulcanização

Nas borrachas de alta consistência, a vulcanização ocorre pela ação de peróxidos orgânicos, principalmente o peróxido de dicumila (sob pressão) e de 2,4 diclorobenzoila (sem pressão), que liga as longas cadeias contendo radicais vinílicos umas às outras.

No caso de LSR a vulcanização ocorre por poliadição, ligando-se cadeias curtas uma às outras (radicais formados por siloxanos e vinila), onde o catalizador são sais de platina.

### D) Radiação

A radiação é uma forma de energia com grande poder de penetração. Raios gama são utilizados comercialmente na reticulação de polietileno em cabos elétricos, rompendo justamente as ligações vinílicas residuais, reticulando as cadeias deste plástico tornando-o mais termofixo. Neste caso porém, o termoplástico já possui a forma final. Os raios gama são fornecidos por tubos contendo cobalto radioativo (Co60). A potência da fonte é em função do número de tubos com cobalto presente no quadro (fig. 3).

## II) **DESCRIÇÃO DO ENSAIO**

Pensando nesta última propriedade e pelo trabalho feito em bicos de mamadeira de látex, fomos procurados pela Dra. Selma Guedes, IPEN-SP, para desenvolver um trabalho nessa área.

Um teste preliminar com borracha de alta consistência, Silopren HV 3/522, normalmente utilizado para confecção de bicos de mamadeira (grau farmacêutico), mostrou que a vulcanização era perfeitamente possível com feixe de elétrons. Com uma dose de 50 a 60 KGy obtivemos as características normais do elastômero e com super dosagem, por exemplo 100 KGy, o material se tornou totalmente quebradiço e sem elasticidade porém mantendo as características visuais de alta transparência e incolor.

Uma aplicação prática nos ocorreu quando um lote de bicos de mamadeira junto à um cliente não vulcanizou normalmente. Tratava-se do primeiro lote de fabricação do mesmo, com causas que não puderam ser detectadas. Uma hipótese foi o problema de reversão que ocorre quando se submete o silicone por muito

tempo à alta temperatura em ambiente fechado (molde). A peça, ao ser tracionada, sofria deformação permanente (estado semi-plástico) e apresentava dureza baixa.

Um teste no IPEN mostrou que a dose de 30 KGy com feixe de elétrons e uma dose pouco maior com raios gama devolvia à peça suas características normais.

Para comprovar os resultados do IPEN, contatamos a Embrarad, a quem agradecemos a colaboração, e submetemos as peças à irradiação em condições comerciais.

As instalações da Embrarad se constituem basicamente de uma esteira que transporta recipientes metálicos (alumínio) onde são colocados os materiais a serem irradiados, normalmente já na embalagem final e expostos à fonte de Cobalto 60 de forma que todos os lados recebam a mesma dose de raios gama (fig. 4). O canal é um pequeno cesto que corre paralelamente à esteira e usado para fazer testes prévios (fig. 5).

### III) RESULTADO

A avaliação foi feita medindo-se a dureza na peça (durometro manual) e o alongamento aplicando-se uma mesma força (aproximadamente 25 kg), também na peça.

Os resultados foram os seguintes:

<u>Dose de radiação</u>	<u>Alongamento (%)</u>	<u>Dureza (Sh A)</u>
Ø vulcan. normal	88	45
Ø vulcan. deficiente	188	40
30 KGy canal	100	45
esteira	88	43
40 KGy canal	88	44
esteira	63	47
50 KGy canal	63	47
esteira	58	49

Taxa de dose: canal 3 KGy/h; esteira 10-30 KGy/h

Tempo de exposição: 2 a 10 h (em função da dose)

A dose ideal neste caso foi de quase 40 KGy no canal e de aproximadamente 30 KGy na esteira.

Apesar da dose de irradiação ter sido a mesma, havia uma diferença grande na taxa de dose. Assim a taxa de dose é um fator importante na vulcanização por irradiação. Esta influência já tinha se mostrado nos testes preliminares do IPEN. No feixe de elétrons a taxa de dosagem era de  $8,1 \times 10^4$  KGy/h e com raios gama de 0,5 KGy/h aproximadamente.

Na Embrarad a taxa de dose no canal era de 3 KGy/h e na esteira variando de 30 a 10 KGy/h.

### IV) CONCLUSÕES

A dose de 30 a 40 KGy é uma dose um pouco maior do que a dose utilizada na maioria

das aplicações comerciais na Embrarad, que é de 20 KGy (esterilização de luvas cirúrgicas e outros materiais hospitalares, esterilização de sementes e especiarias).

Tendo em vista o custo do silicone e do seu processamento, o aproveitamento de lotes defeituosos é economicamente viável, já que de outro modo estes seriam jogados fora por serem termofixos.

O importante na utilização de irradiação é que a peça já tenha a pré-forma para que possa ser processado. De outra forma, necessitaríamos de dose elevada como no feixe de elétrons para que a reticulação ocorra em tempos curtos. Isto porém tem limitações práticas óbvias pelo investimento necessário.

Fig. 1 - Esquema de Equipamento para LSR

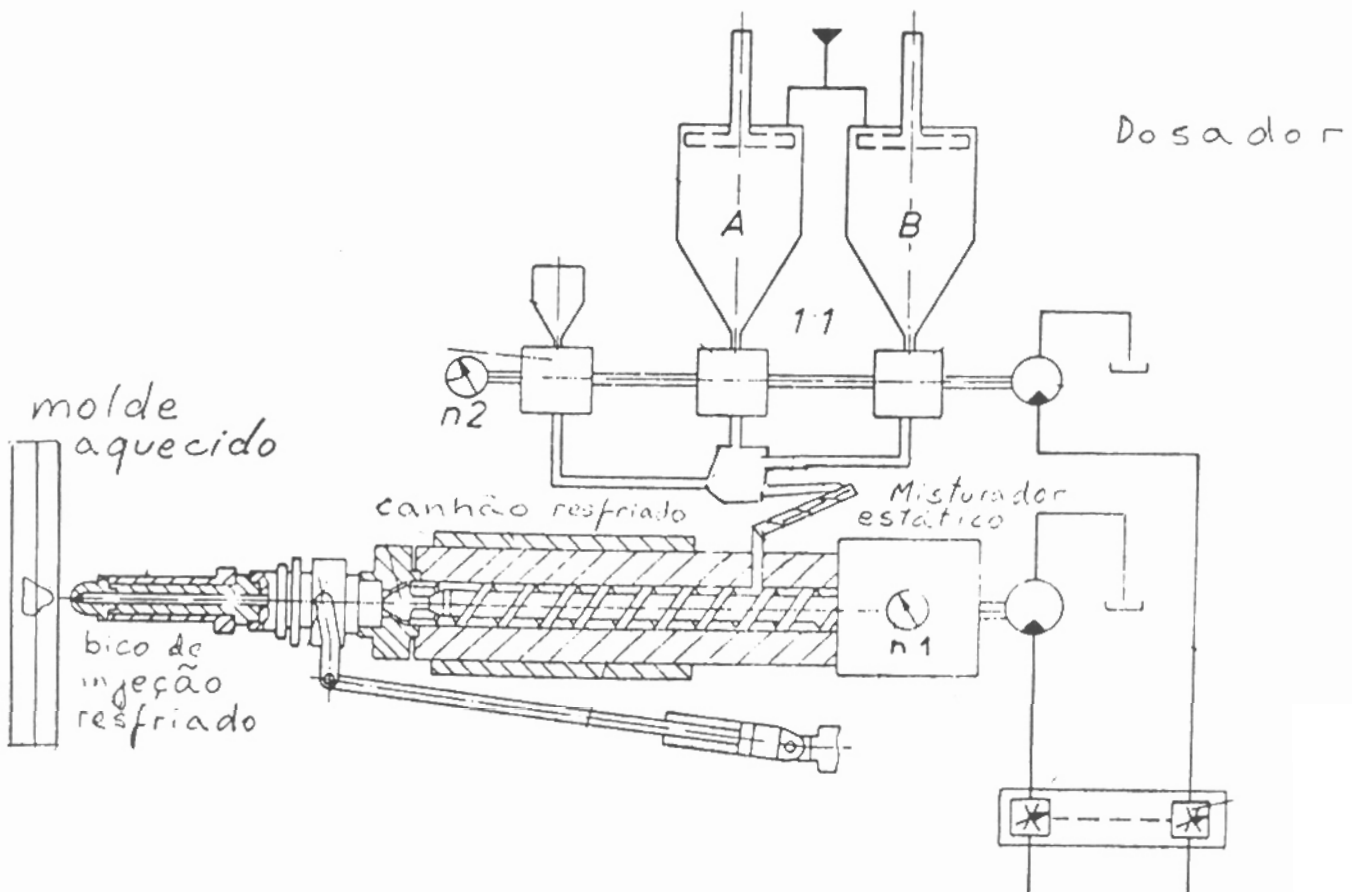


Fig. 2 - Equipamento para LSR

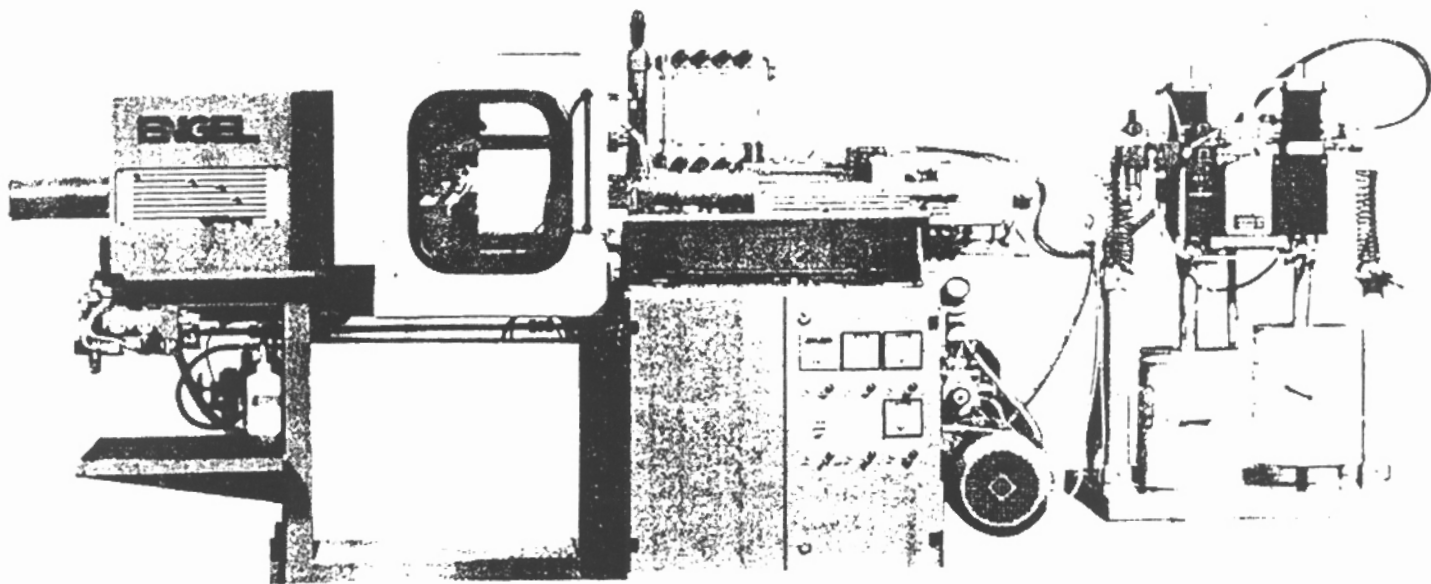
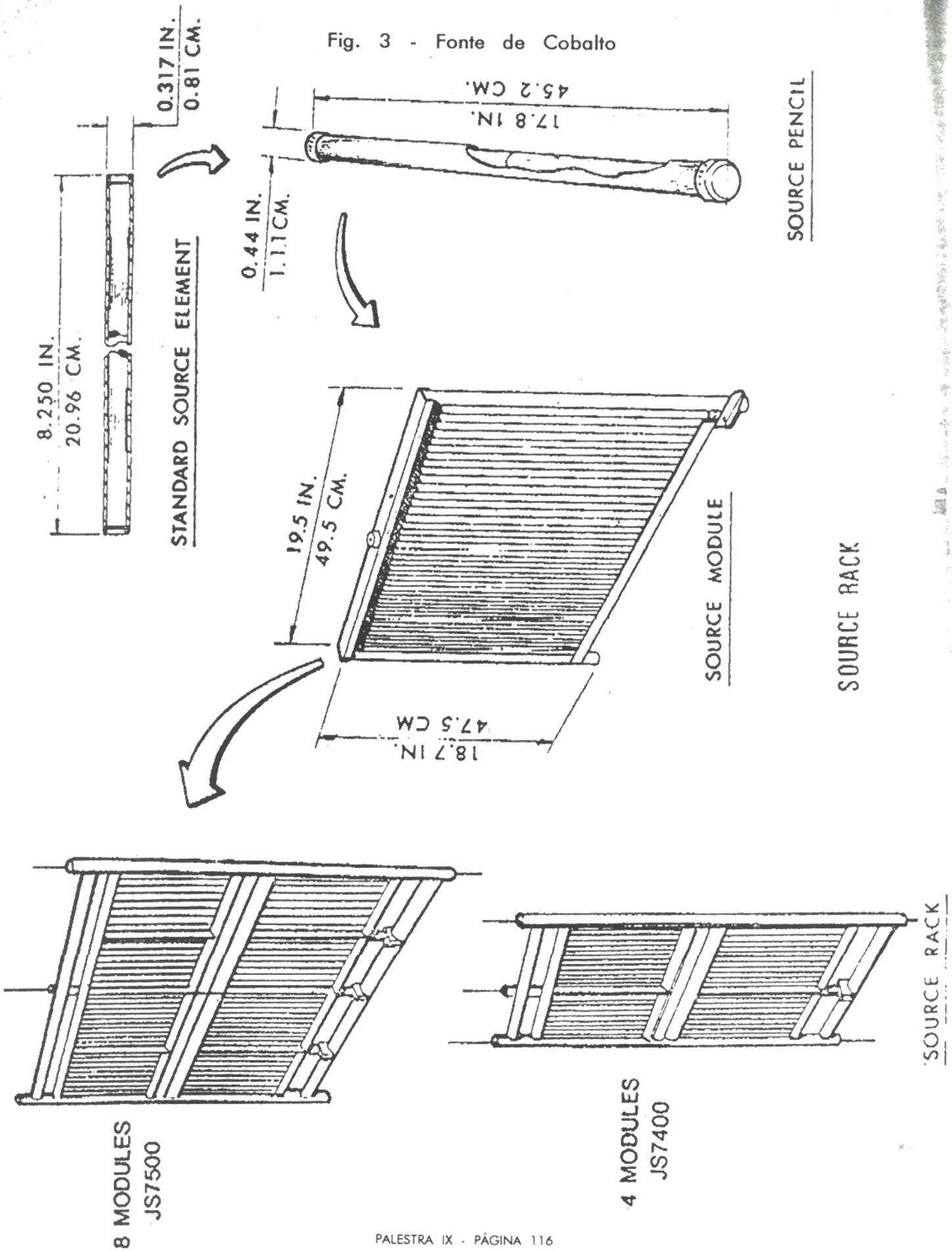


Fig. 3 - Fonte de Cobalto



8 MODULES  
JS7500

4 MODULES  
JS7400

Fig. 4 - Percurso do Produto no Irradiador (Esteira)

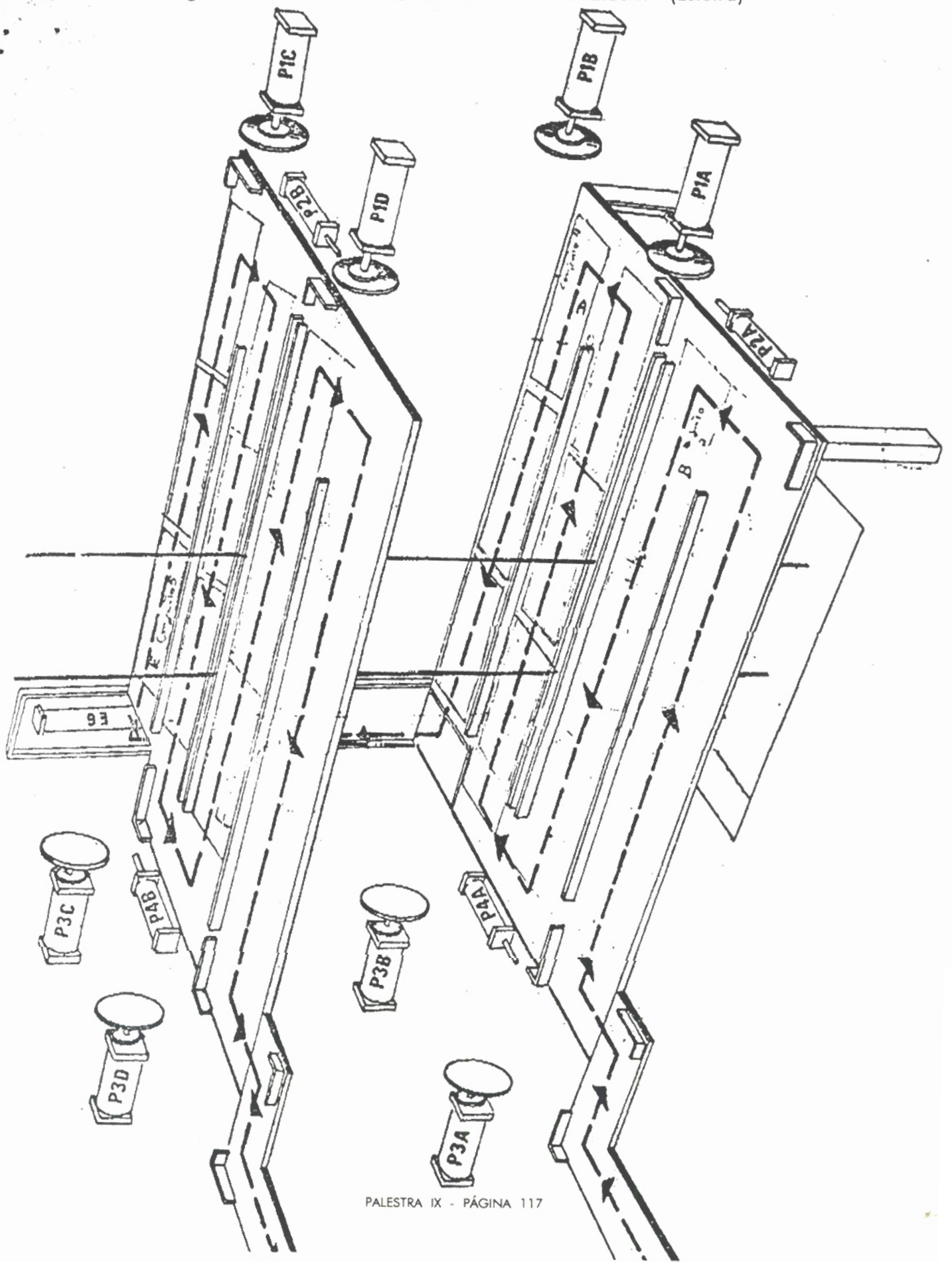


Fig. 5 - Percorso do Canal

RESEARCH LOOP IN JS7500 IRRADIATOR

