

## PROJETO DE UM FILTRO ESPECIAL PARA GRANDES VAZÕES

Joaquim Xavier Cerqueira Neto  
Joaquim Lacerda Leite

Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica  
e Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada do IGUFBA.

### 1. INTRODUÇÃO

O provimento de água, para a experiência prevista no Projeto Reservatórios Naturais de Água Subterrânea, será feito mediante a adução a partir do açude de Cocorobó-Ba. Para que a injeção seja conduzida com êxito, sem problemas de obstrução do aquífero na vizinhança do poço de injeção, é fundamental que a água superficial seja convenientemente filtrada. Os filtros convencionalmente adotados em Engenharia, consistem em se fazer passar água através de um leito de areia ou carvão. Estes filtros têm a desvantagem de exigirem grandes áreas, em consequência da baixa taxa de filtragem desses materiais, especialmente, quando se deseja uma grande eficiência, no que se refere a qualidade da água filtrada, e grandes vazões. Para a vazão requerida na experiência (200 l/s, aproximadamente) necessitaríamos de uma área de 40 m<sup>2</sup>, para um leito filtrante constituído de areia grossa com diâmetro efetivo,  $d_{ef} = 0,5$  mm, coeficiente de uniformidade  $C_1 = 5$  e  $k = 0,25$  cm/s (Cerqueira Neto, Leite e Lima, 1976). Outro inconveniente refere-se à manutenção desses filtros, feita, geralmente, por remoção, ou por lavagem do leito filtrante, mediante a inversão do fluxo de água, o que sempre exige um reservatório elevado especial. Ambas essas desvantagens incidem no custo de construção e manutenção do sistema de tratamento da água.

Este projeto resulta da preocupação de se criar um tipo de filtro que apresentasse, simultaneamente, características de alta eficiência na redução da turbidez da água e que fosse o mais possível econômico, para atender às necessidades da pesquisa. Para tanto, es

tamos utilizando um novo material filtrante, a manta poliéster BIDIM, recentemente lançada no mercado pela empresa Rhodia Indústrias Químicas e Textéis S.A. O protótipo do filtro deverá ser submetido a uma série de testes e ensaios destinados à verificação de sua eficiência e desempenho, bem como da variação da vazão com o tempo, para uma dada altura de carga hidráulica, e dos intervalos de tempo de limpeza. Principalmente, deverá ser testado o valor de carga hidráulica máxima para a qual o filtro não perca a sua eficiência, como a expulsão do material retido nos poros da manta anticolmatante.

O filtro, embora tenha sido dimensionado para atender a taxa de injeção da experiência, inicialmente prevista em 200 l/s, poderá ser padronizado para uso em sistemas de adutoras de grande porte, dada à facilidade de associação de várias unidades em paralelo, ou de construção de câmaras com maior capacidade. A vantagem principal desse filtro é a sua reduzidíssima área, correspondente a 1/20 da área requerida para filtros convencionais de areia, projetados para a mesma vazão. Apresenta, ainda, uma excepcional facilidade de manutenção, podendo a limpeza ser feita manualmente e com grande rapidez, através das escotilhas (Figura 1). Alternativamente, a limpeza poderá ser feita, automaticamente, por meio de "backwash", necessitando, apenas, pequenas modificações nas tubulações. É importante acrescentar que, se confirmado pelos testes o bom desempenho deste sistema, a câmara poderá ser fabricada em fibra resistente e leve, ao invés de concreto armado, com a vantagem de torná-la facilmente transportável. Numa segunda fase de desenvolvimento, o sistema ora projetado deverá ser aperfeiçoado a fim de ter a operação de limpeza totalmente automatizada.

## 2. DIMENSIONAMENTO DO FILTRO

Tendo em vista que a câmara de filtração deverá ser a mais econômica e prática possível, sem nenhum sacrifício da qualidade da água filtrada, projetamo-la com uma geometria bastante adequada, que permitisse a máxima utilização da área útil dos elementos filtrantes, bem como a facilidade de limpeza do filtro. Constitui-se, basicamente, de um reservatório prismático de concreto armado, onde os elementos drenantes estão dispostos verticalmente e de tal modo a poderem ser removidos com grande simplicidade. Como material filtrante foi escolhido a manta de poliéster anticolmatante OP-30, a

qual apresenta alta permeabilidade, da ordem de  $1,5 \times 10^{-1}$  cm/s (valor médio), de acordo com os testes realizados pelo IPT S.Paulo (1975) e reportados por Silva (1976 a e b). Esta manta deverá ser envolvida em tubos drenos preexistentes, tipo Polyarm, com 1,5 m de extensão, 200 mm de diâmetro, abertura de 5 mm. O reduzido peso desses tubos ( $\approx$  13 kg) permite que eles sejam facilmente removidos da câmara de filtração, para a limpeza ou substituição da manta Bidim. Esta operação é facilitada pelas janelas existentes na parte superior da câmara. As figuras numeradas de 1 a 10 mostram todos os detalhes do filtro. A placa intermediária de madeira tem a dupla finalidade de formar os compartimentos de água filtrada e de água bruta, e de manter os tubos-drenos apoiados verticalmente. O fundo da câmara de filtração apresenta uma inclinação de 5%, projetada para permitir a remoção das partículas em suspensão na água que venham a se depositar por gravidade. O lodo, acumulado na câmara, será então expurgado através da descarga de fundo, mediante a abertura do registro. O sistema pode funcionar com pressões hidráulicas equivalentes a 2 mca na parte superior da câmara. O dimensionamento da armadura (Figuras 7,8,9 e 10) e do concreto foi feito no Estádio II, considerando as tensões admissíveis  $\sigma_f = 50$  kg/cm<sup>2</sup>  $\sigma_c = 1.200$  kg/cm<sup>2</sup> respectivamente para o concreto e para o aço CA-24.

#### HIPÓTESES E MARCHA DE CÁLCULO

As hipóteses adotadas no dimensionamento foram a validade da lei de Darcy e da equação da continuidade do fluxo de água. Dados:

- material filtrante: Bidim OP-30, com permeabilidade média  $k = 1,5 \times 10$  cm/s e espessura  $e = 0,354$  cm.
- vazão de projeto  $Q = 0,2$  m<sup>3</sup>/s.
- tubo-dreno: PP-2, com as seguintes características:
  - comprimento = 1,5 m
  - diâmetro interno = 200 mm
  - diâmetro externo = 222,7 mm
  - abertura = 5 mm
  - área aberta = 21,3%

a) - Cálculo da área do tubo:

$$A = 2 \pi R h = 2 \times 3,14 \times 0,1114 \times 1,0 = 0,6996 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\text{Área efetiva} = 0,6996 \times 0,1490 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\text{Área efetiva do tubo de 1,5 m} = 0,2235 \text{ m}^2$$

b) - Cálculo da área necessária:

A equação da continuidade estabelece que  $A = Q/v$ , onde  $v =$  velocidade média do fluxo nas aberturas, limitada aqui em 10cm/s, para reduzir os efeitos devidos a turbulências.

Então,

$$A = 0,2/0,1 = 2,0 \text{ m}^2.$$

c) - Cálculo do número de tubos requeridos:

$$N = 2,000/0,2235 \approx 9 \text{ tubos}$$

d) - Cálculo do gradiente hidráulico e da altura de carga:

De acordo com a lei de Darcy, "estabelecer uma velocidade para o fluxo de água nos filtros implica, necessariamente, em se limitar o valor do gradiente hidráulico (ou da altura de carga), admitindo-se constante o valor do coeficiente de permeabilidade. Isto é,

$v = ki$ ;  $v = k h/e$ :.  $h = ev/k$ , onde "i" é o gradiente hidráulico e "e" a espessura da manta Bidim. Assim, para

$$v = 10 \text{ cm/s}$$

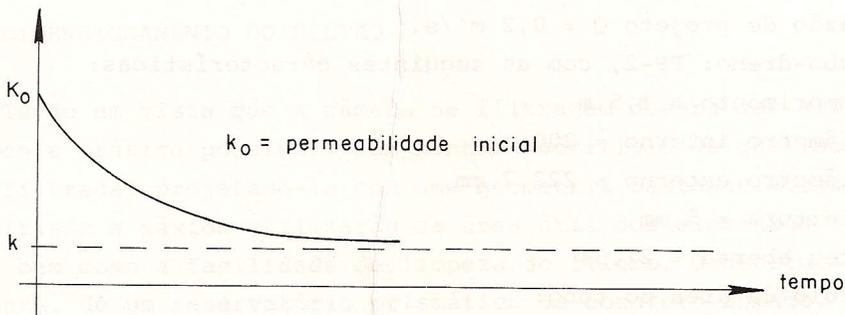
$$k = 1,5 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$$

$$e = 0,354 \text{ cm}$$

Teremos:

$$i = 66,7 \text{ e } h = 23,6 \text{ cm}$$

A curva experimental de variação da vazão com o tempo, Silva, 1976a), sugere que há uma redução do fluxo através da manta, admitindo-se o gradiente hidráulico constante. Deste modo, pode-se esperar que a permeabilidade, igualmente, tenderá para um valor assintótico, depois de determinado tempo de funcionamento do filtro, conforme está ilustrado na figura abaixo:



VARIAÇÃO SUPOSTA DA PERMEABILIDADE DO BIDIM

Espera-se que o valor da permeabilidade considerada no cálculo da altura de carga ( $1,5 \times 10^{-1}$  cm/s) esteja próximo deste valor assintótico, pois foi tomado igual àquele obtido no ensaio realizado pelo IPT, com a manta parcialmente colmatada.

Naturalmente, quando o sistema entrar em operação, haverá uma vazão inicial maior do que 200 l/s, a qual irá decrescendo para este valor de acordo com a redução gradativa da permeabilidade do Bidim para o valor assumido no cálculo, ( $k = 1,5 \times 10^{-1}$  cm/s). Quando K atingir este valor, o gradiente hidráulico será igual a 66,7. continuando esta redução do valor da permeabilidade devido à obstrução progressiva dos poros da manta filtrante, a vazão decrescerá daquele valor projetado (200 l/s) e, então, será necessário aumentar a carga hidráulica a fim de restabelecê-la. É neste recurso que baseamos para a concepção básica do sistema aqui desenvolvido. Durante a fase de testes do sistema deverá, portanto, ser pesquisado qual o valor máximo a que podemos elevar esta carga sem que haja prejuízo da eficiência do filtro com a expulsão do material retido na estrutura da manta anticolmatante.

### 3. ESPECIFICAÇÕES

Armadura - As ferragens das armaduras detalhadas na tabela 1 serão em aço CA 24A. As emendas, os ganchos, raios de curvas, etc, deverão ser feitos dentro do que estabelece a EB-4. A tensão admissível no aço é de 1200 kg/cm<sup>2</sup>.

Concreto - Deverá ser feito com cimento, areia grossa e brita 1 e 2, satisfazendo às recomendações da NB-1. A tensão admissível no concreto é de 50 kg/cm<sup>2</sup>.

Tubos: Entrada e saída - a tubulação de entrada e de saída da câmara deverá ser "nipes" de ferro fundido, ou de outro material resistente, com aproximadamente 1 m de comprimento, nos diâmetros indicados nas figuras 1 e 2 e com extremidade externa provida de flange para juntas flexíveis (gibault ou vitaulic).

Tubos-drenos - deverão ser utilizados 9 tubos drenos do tipo ranhurado com as seguintes características: comprimento - 1,5 m; diâmetro interno - 200 mm; diâmetro externo 222,7 mm; abertura - 5 mm; área aberta - 21,3%.

Descarga - o tubo de descarga do fundo terá na sua extremidade

um registro de gaveta que deverá ser instalado para funcionar horizontalmente.

Janelas de inspeção - deverão ser executadas em chapa metálica de 1/4", conforme Figura 1. Os contornos dessa chapa serão reforçados por cantoneiras de 8,89 cm x 6,35 cm (3 1/2" x 2 1/2"), padrão CSN, fixados mediante soldagem da aba maior à chapa metálica. A aba menor da cantoneira formará a borda que envolverá o ressalto de concreto das aberturas da lage (Figuras 3 e 4). Estas janelas serão travadas por um dispositivo dotado de dobradiça, numa extremidade, e de abertura de encaixe e parafuso, na outra. A trave deverá ser confeccionada com 6,5 cm de espessura aproximadamente, e 8 cm de largura, a fim de resistir a um grande aperto da porca, é garantir uma boa vedação.

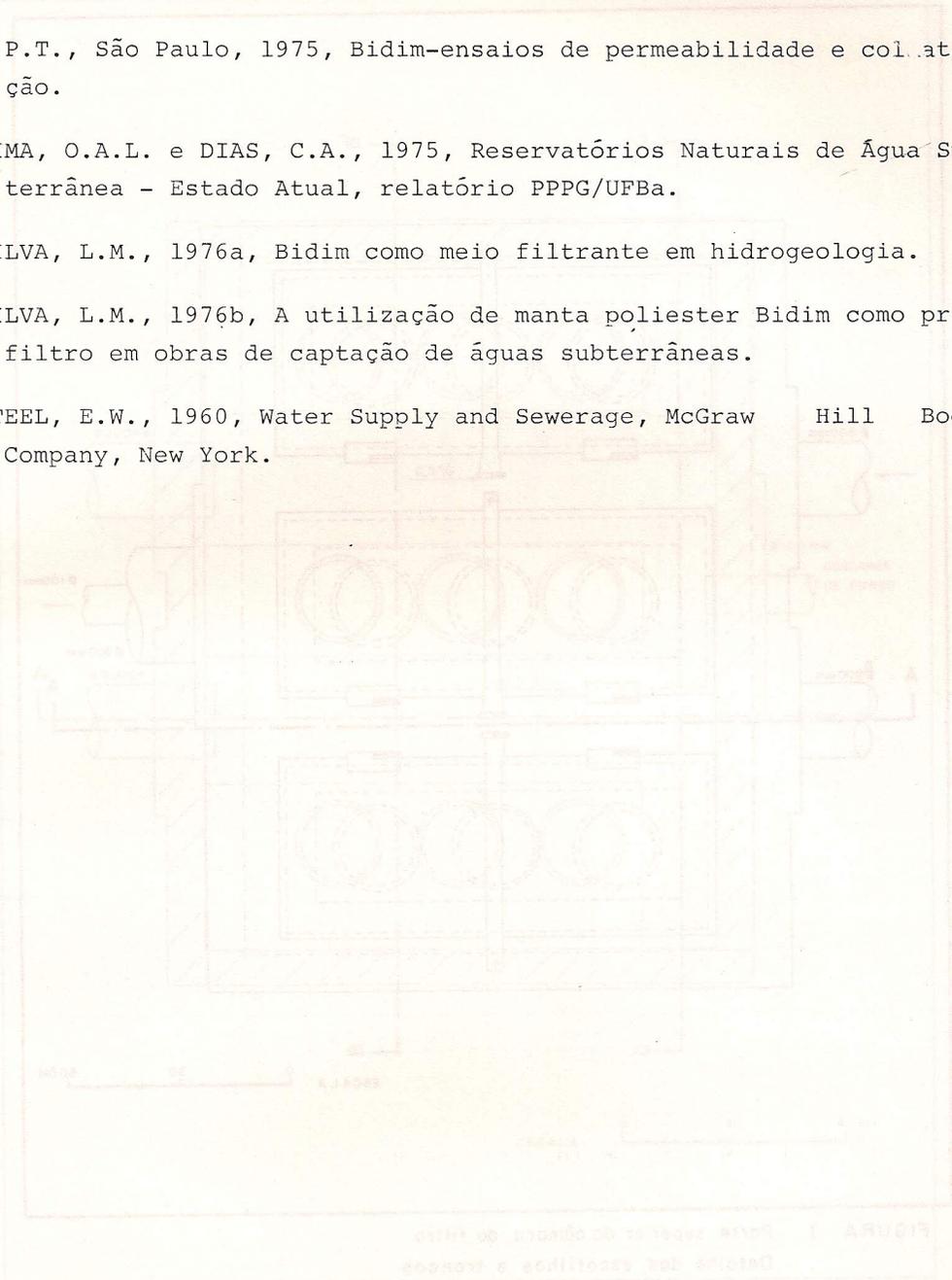
A superfície do ressalto de concreto em torno das aberturas da lage deverá receber uma junta retangular (de couro ou borracha), contínua, de largura igual à do ressalto e de espessura conveniente. As dobradiças e os parafusos deverão ser firmemente ancorados no concreto, por meio de ganchos (Figura 3).

TABELA 1 - FERRAGEM DAS ARMADURAS

T	Ø	Quant.	Comp.Unit. (m)	Comp.Total (m)	Peso Unit.	Peso Total + 10%
1	3/8"	12	7,60	91,20		
2	"	6	6,60	39,60		
3	"	6	8,60	51,60		
4	"	8	7,10	56,80		
5	"	5	7,30	36,50		
6	"	10	7,30	73,00		
6a	"	4	8,10	32,40		
7	"	9	6,50	58,50		
8	"	8	6,70	53,60		
9	"	12	6,70	80,40		
10	"	12	7,10	85,20		
11	"	9	6,10	54,90		
12	"	20	0,80	16,00		
				729,70	0,563 kg/m	452 kg

## BIBLIOGRAFIA

- CERQUEIRA NETO, J.X., LEITE, J.L., LIMA, O.A.L., 1976, Caracterização Sumária do Sistema Desejado de Adução e de Injeção de Água na Área Teste de Cocorobó-Bahia, relatório PPPG/UFBa.
- I.P.T., São Paulo, 1975, Bidim-ensaios de permeabilidade e colatação.
- LIMA, O.A.L. e DIAS, C.A., 1975, Reservatórios Naturais de Água Subterrânea - Estado Atual, relatório PPPG/UFBa.
- SILVA, L.M., 1976a, Bidim como meio filtrante em hidrogeologia.
- SILVA, L.M., 1976b, A utilização de manta poliéster Bidim como pré-filtro em obras de captação de águas subterrâneas.
- STEEL, E.W., 1960, Water Supply and Sewerage, McGraw Hill Book Company, New York.



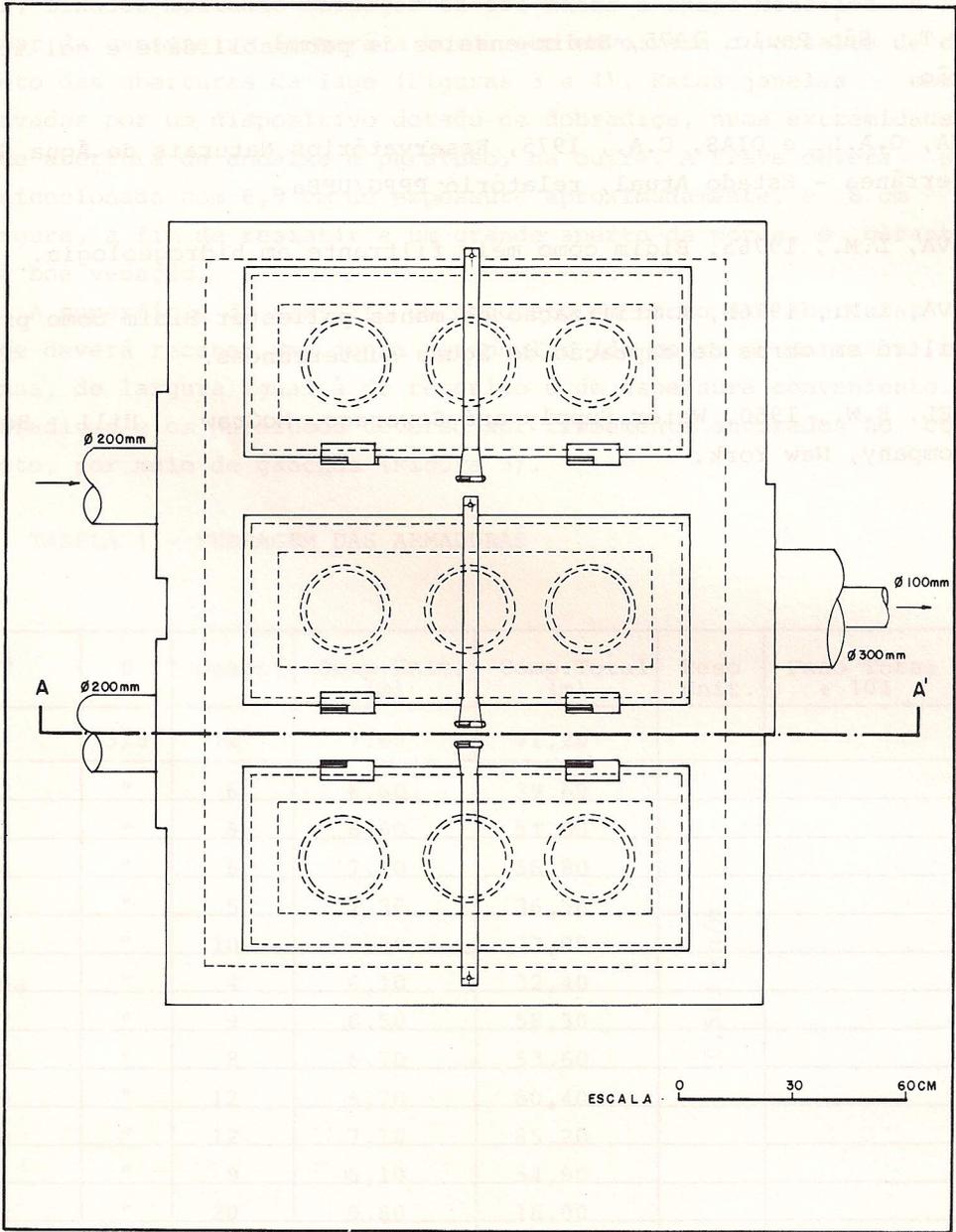


FIGURA 1 Parte superior da câmara do filtro  
 Detalhe das escotilhas e trancas

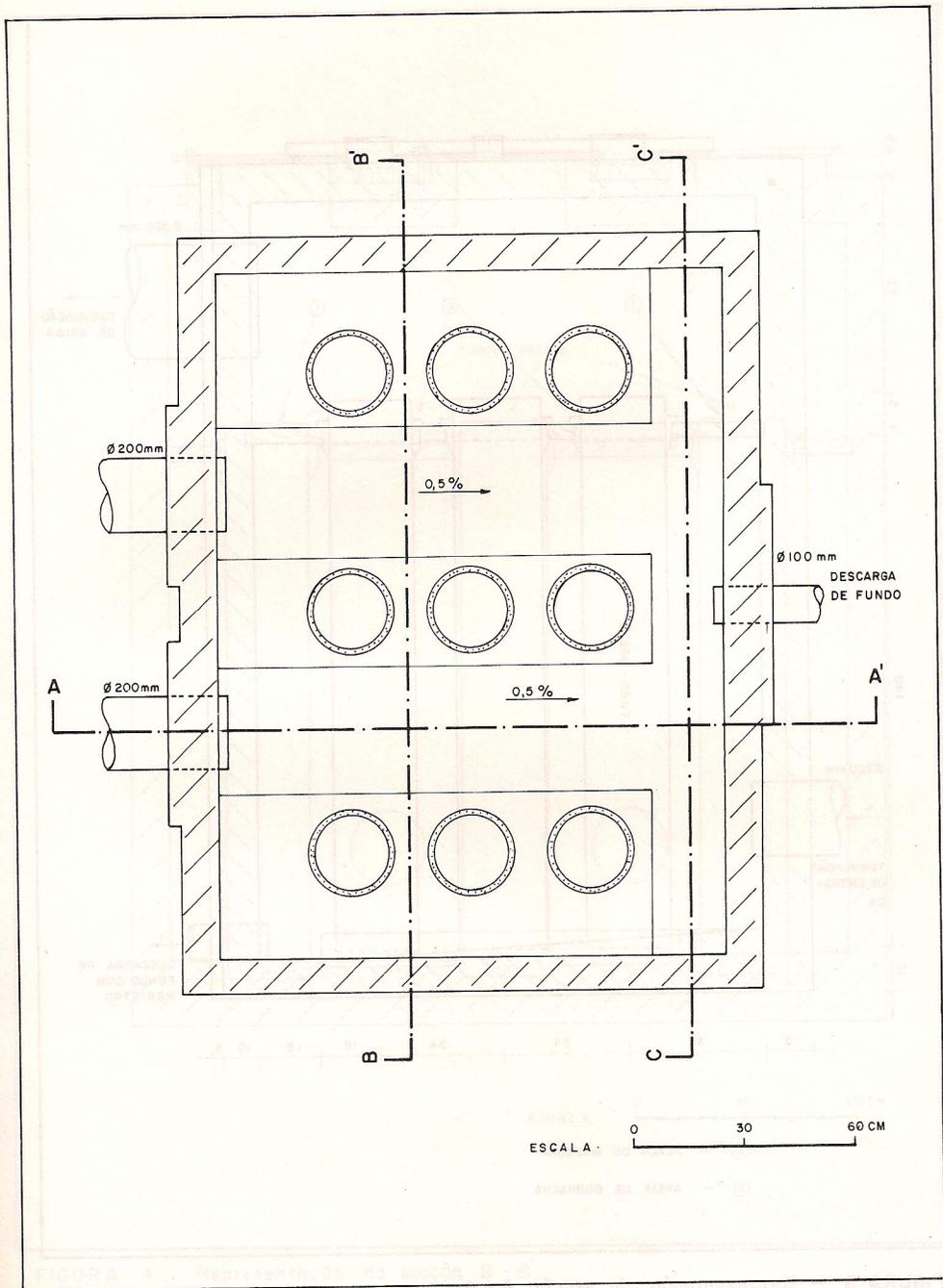


FIGURA 2 Planta do filtro

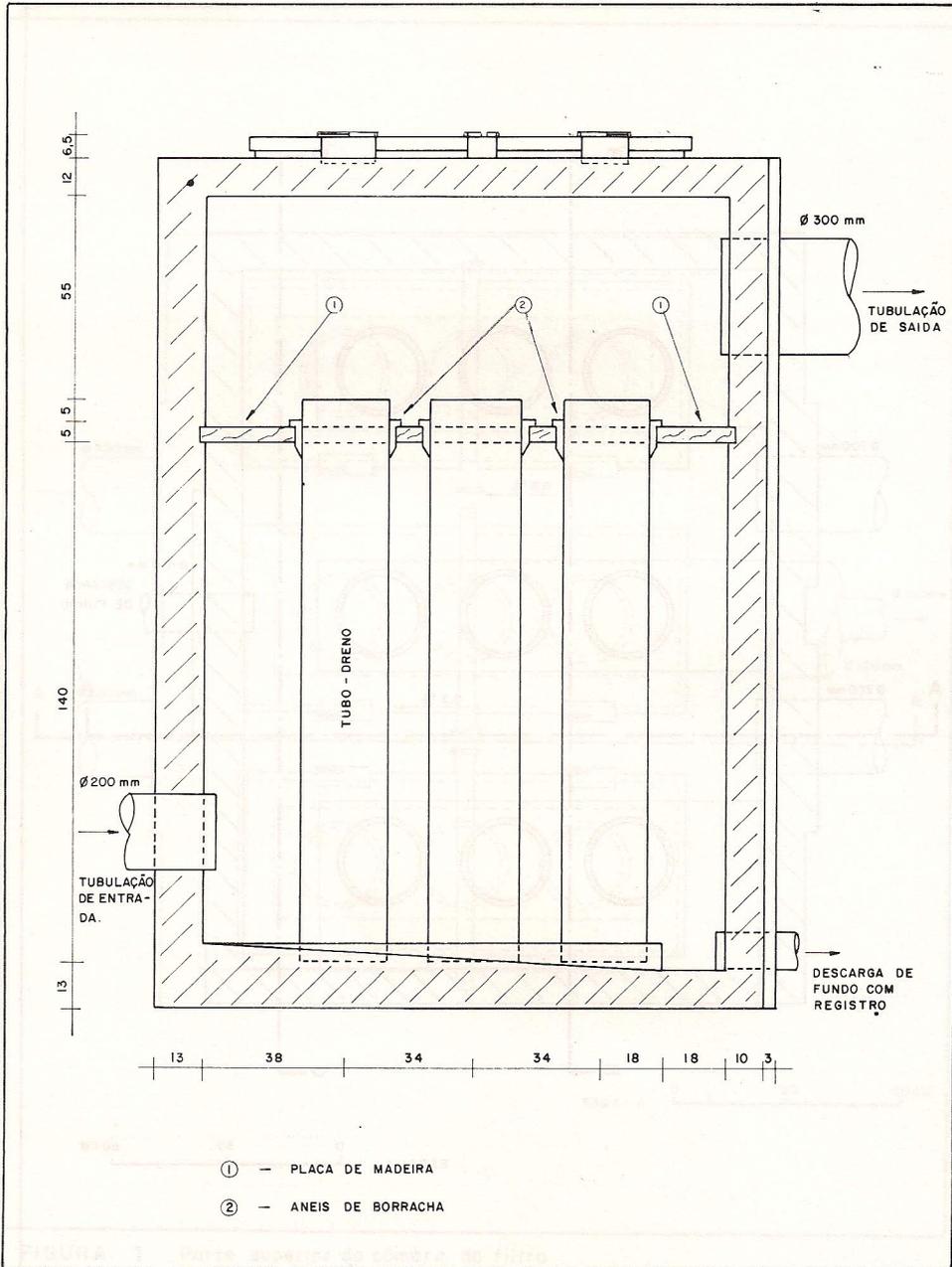


FIGURA 3 — Representação da secção A-A'

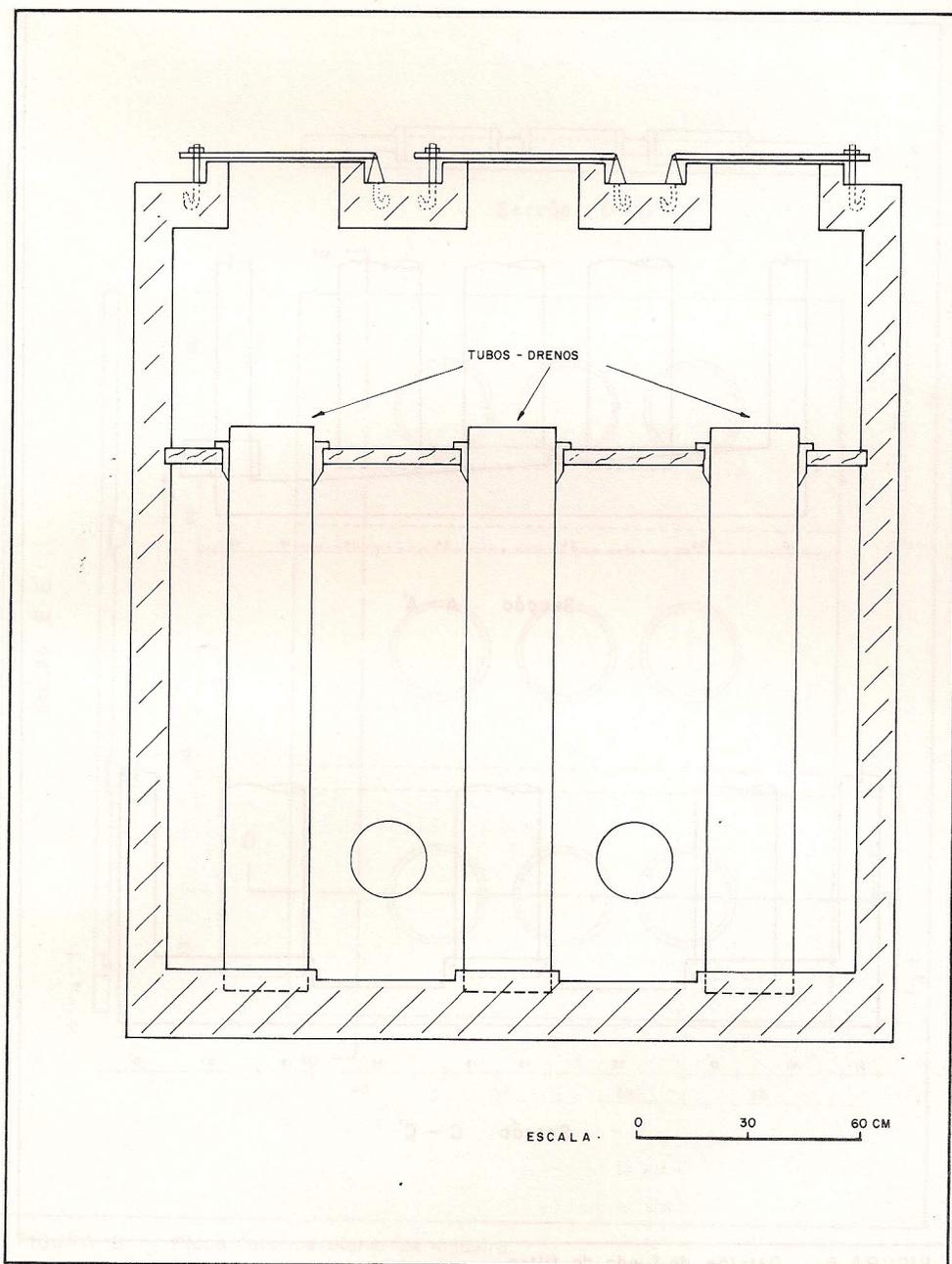


FIGURA 4 Representação da secção B - B'

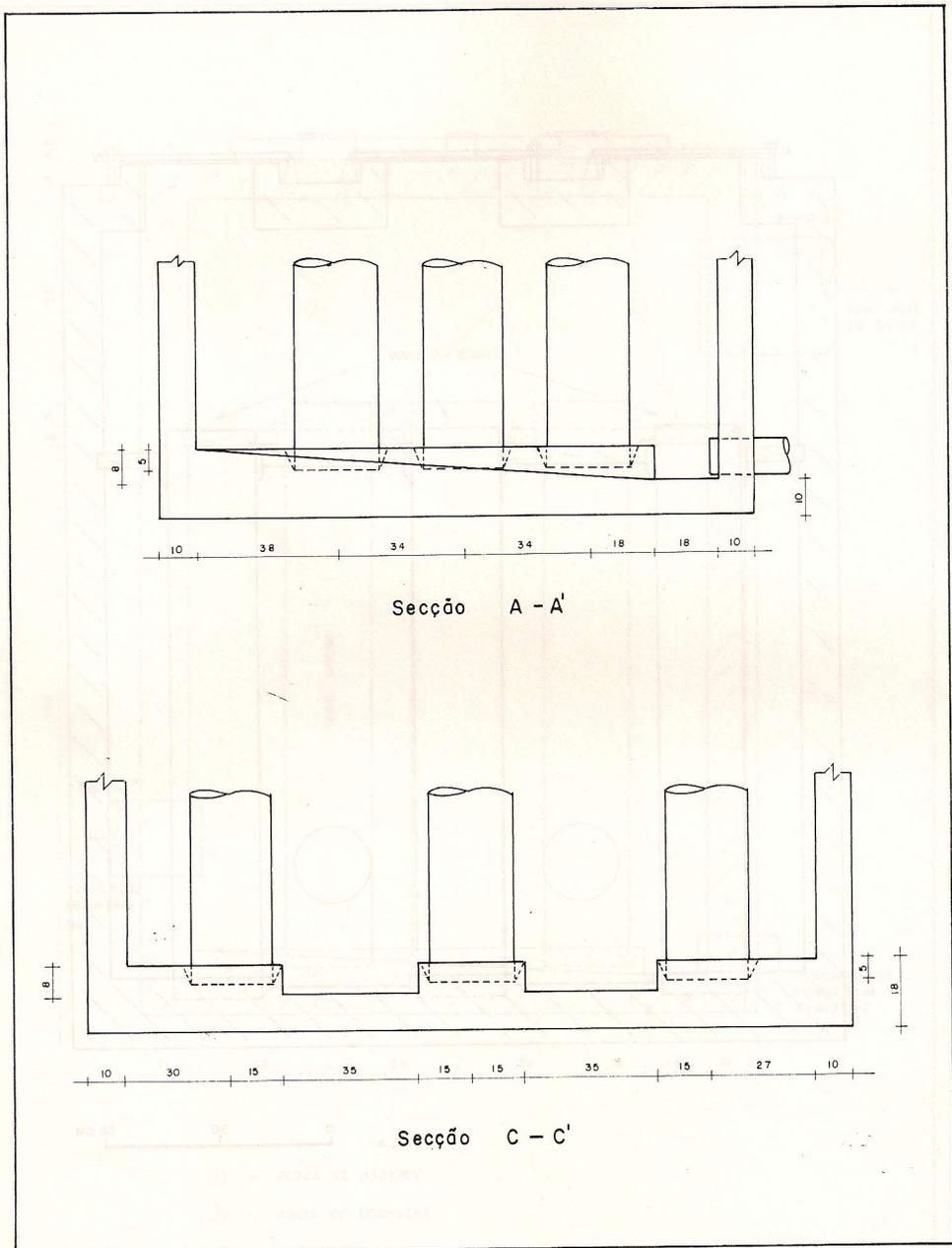


FIGURA 5 - Detalhe do fundo do filtro

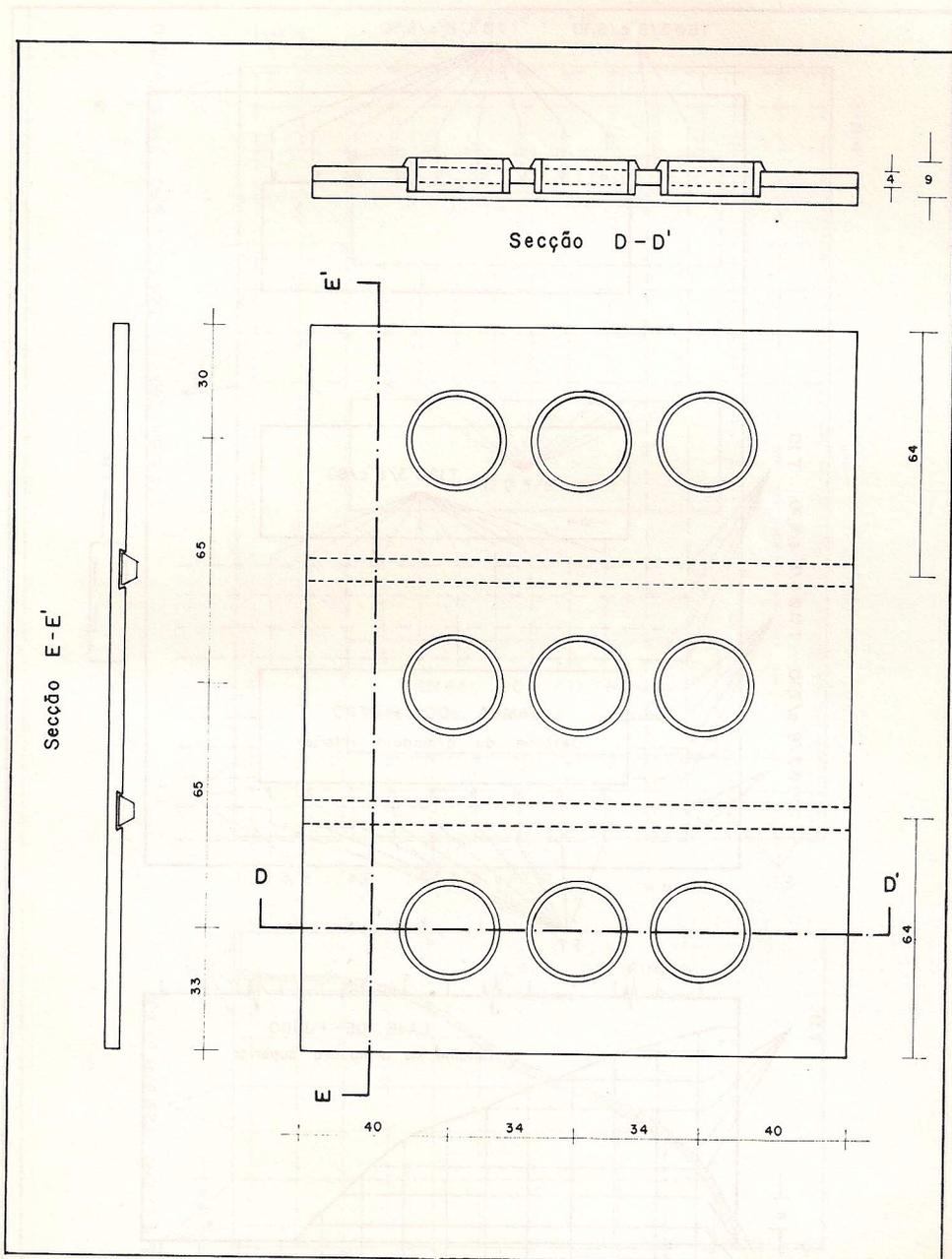


FIGURA 6 Placa intermediária de madeira  
 Detalhes das aberturas com anéis de borracha

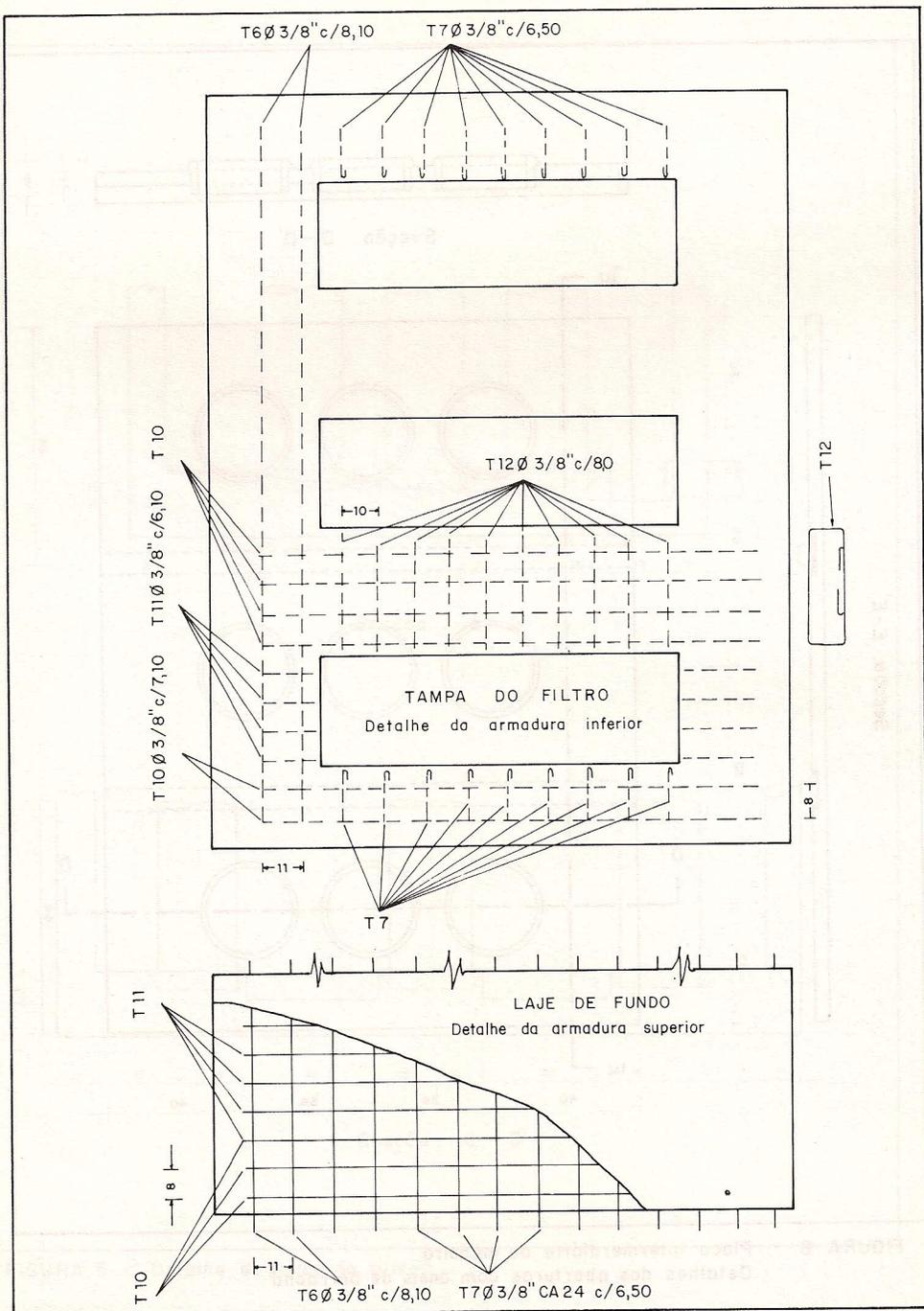


FIGURA 7 - Detalhe de armadura do filtro.

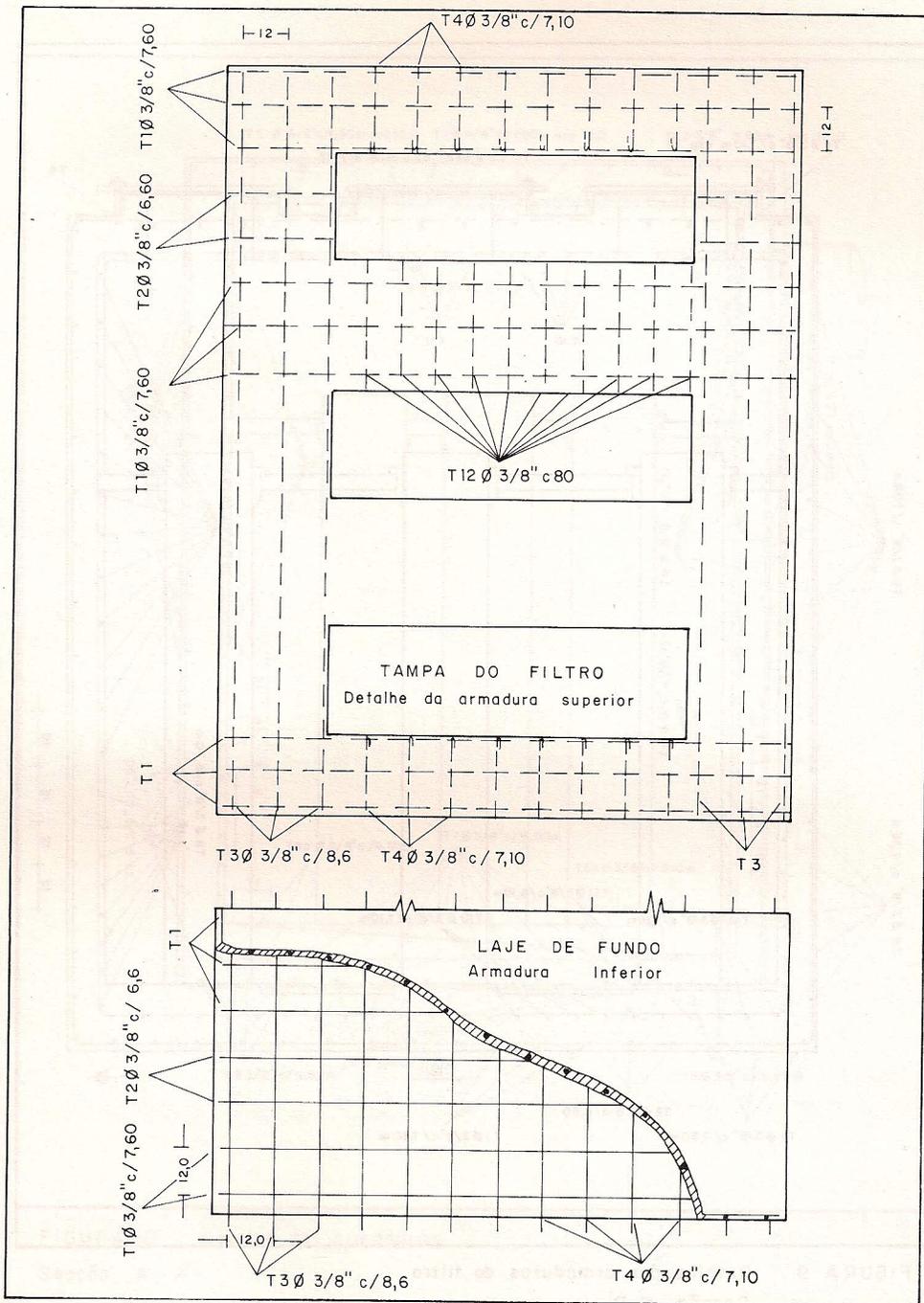


FIGURA 8 - Detalhe de armadura do filtro.

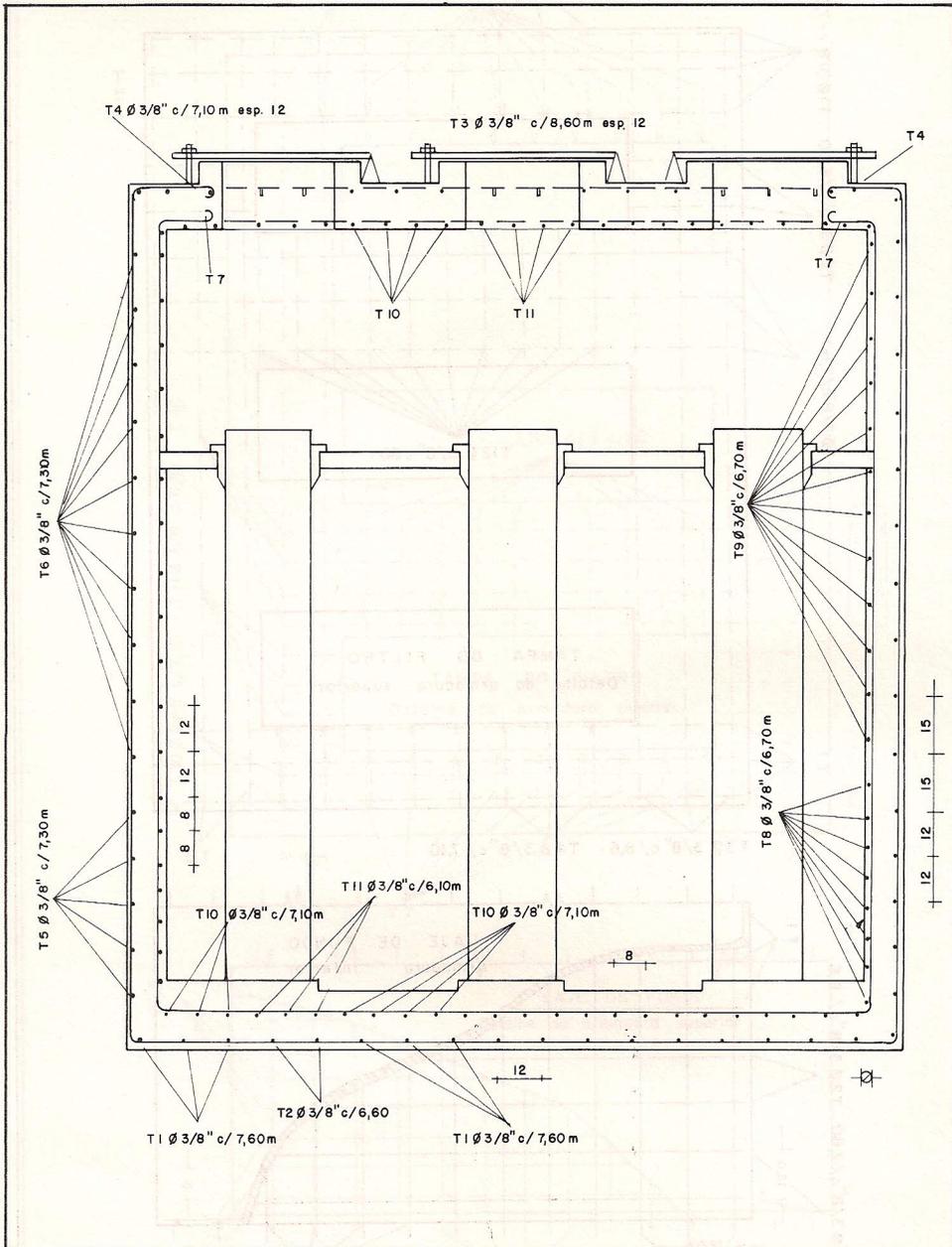


FIGURA 9 Detalhe das armaduras do filtro  
 Secção B B'

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLOGICA DO MACIÇO DA MINA  
DE ITAIBA COMO SUBSÍDIO PARA A  
CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

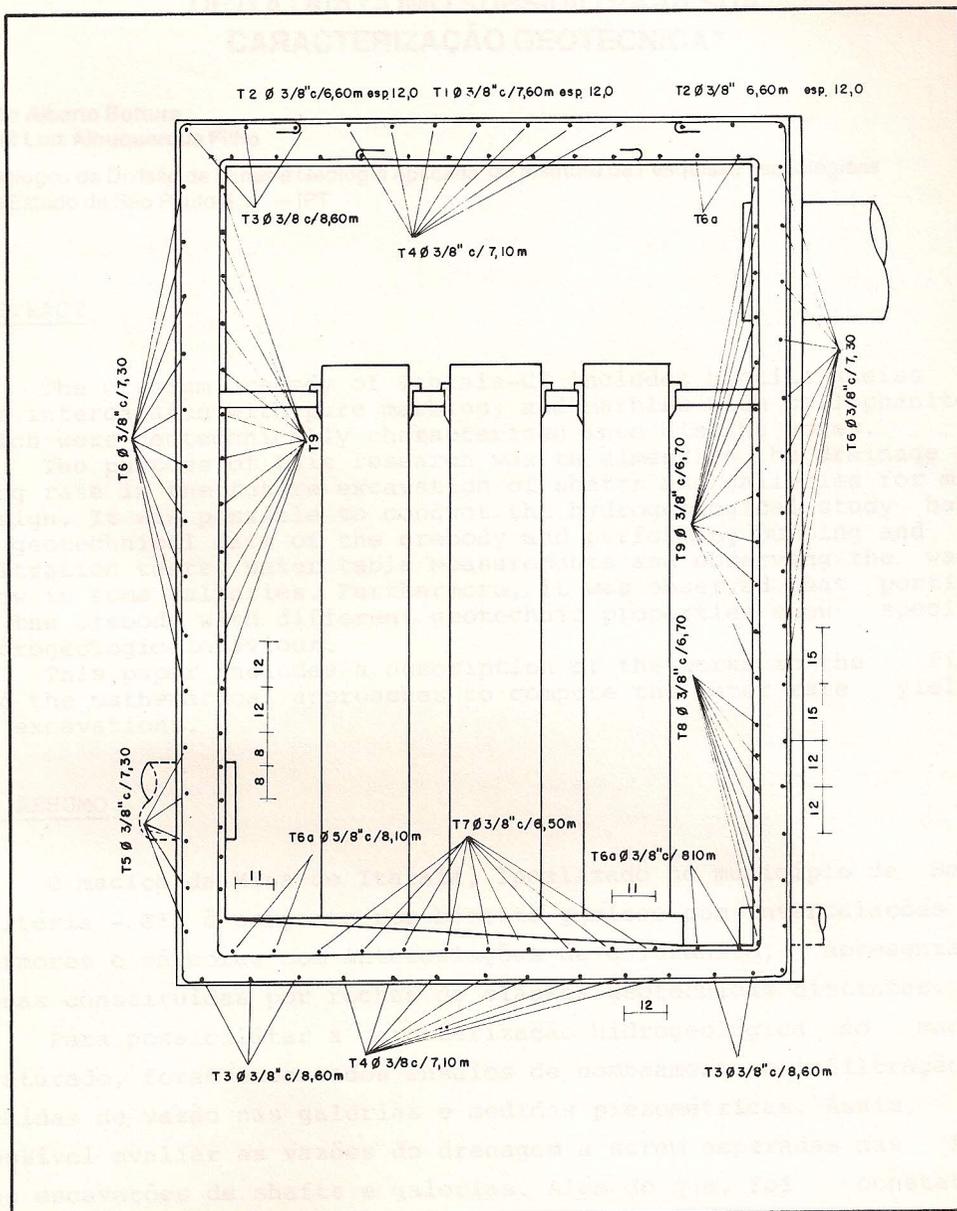


FIGURA 10 Detalhe das armaduras

Secção A - A'