

Obras Complementares do Reservatório da Moóca

Oscar Amarante

Eng.º Ajudante da 3.ª Secção Técnica

I. — Reservatório: — projeto e construção

O grande reservatório da Moóca, com capacidade de 72 milhões de litros, ocupando vasta área equivalente a meio alqueire de terras, foi projetado em 1926 pela Secção Técnica da Comissão de Obras Novas do Abastecimento da Capital, chefiada pelo engenheiro Henrique de Novaes. O projeto em apreço foi dividido em tres partes distintas: — I. — reservatório propriamente dito; — II. — poço de chegada dagua; — III. — poço dos medidores. Consta da série de desenhos vistos entre fls. 66 e 67 do relatório de 1926 da citada Comissão.

A construção imediata da 1.ª parte da obra foi confiada á Companhia Construtora Nacional S/A que a concluiu em 1928 sob a fiscalização da Comissão de Saneamento da Capital, então dirigida pelo saudoso e ilustre engenheiro Dr. Theodoro A. Ramos. Os serviços desta Comissão foram transferidos á Repartição de Aguas e Esgotos em setembro de 1930, pelo provecto engenheiro João Ferraz, de saudosa memória. Até essa época a C. S. C. não tinha podido atacar as obras consideradas complementares do reservatório nem outras acessórias indispensaveis ao seu funcionamento.

Esta caixa dagua está situada no Alto da Moóca, ao lado da avenida Paes de Barros. O terreno em que foi locada teve sua altura reduzida de 10 a 11 metros para ser mantida em 795,000 a cóta maxima do nivel dagua. Não ficára previsto no projeto original um plano necessário de melhoramento e embelezamento do local, o que é cuidado presentemente pela Secção de Construção do Rio Claro, nas condições aprovadas para os locais dos novos reservatórios, com capacidade de 16.000 metros cúbicos, em construção na Penha e no Alto de Sta. Ana.

Por motivos de ordem prática e econômica, a Repartição preferiu modificar os projetos das partes complementares. Os novos foram elaborados na 3.ª Secção Técnica sob a direção do engenheiro chefe J. M. de Toledo Malta. Não nos foi possível reduzir a notória deficiencia funcional do reservatório da Moóca, não dotado principalmente de

acesso facil e franco para inspeções, limpezas e eventuais reparos, inevitaveis em obras congeneres, e provido de um sistema de arejamento que a 1.^a Secção do Rio Claro houve por bem alterar recentemente.

Ainda foram projetadas na 3.^a S. T. obras accessórias de reforço das paredes nos extremos dos dois compartimentos da caixa dagua, para as entradas do grande colar de distribuição, porque não haviam sido providenciadas pela C. O. N. no periodo construtivo do reservatorio.

Á vista deste sucinto histórico, pareceu-nos util e oportuno publicar no Boletim uma descrição justificativa, ilustrada com desenhos e fotografias, dos novos projéto que acabam de ser executados pela R. A. E. Evitámos, porém, a exhibição de múltiplos cálculos numéricos, pelo pouco interesse que poderiam suscitar aos estudiosos, em se tratando de estruturas vulgares de concreto armado, excéto da última parte (IV), estaticamente indeterminada.

II. — Caixa de chegada da Adutora do Rio Claro

O novo projéto do poço de chegada dagua, substitutivo do n.º 478 da C. O. N., foi estudado pelo eng.º Antonio Ponzio Ippolito, atual chefe da Secção Técnica do Departamento das Municipalidades. As pranchas 1 e 2 mostram a solução adotada e o tipo de obra preferido e executado pela Repartição.

Esta 2.^a parte foi construida pela mesma Companhia Construtora Nacional. Está em funcionamento desde 6 de novembro de 1937, quando foi aduzida, em carater de emergência, a agua do córrego Vargem Grande para suprir o abastecimento precário do Belemzinho. Atualmente esta caixa de chegada já recebe contribuição das aguas do Rio Claro, parcialmente aduzidas, elevadas e recalçadas para o aquedúto a montante de Casa Grande, onde são tambem tratadas, desde setembro de 1938, quando foi interrompida a adução do Vargem Grande. Este assunto é considerado pelo eng.º Carlos Charnaux no Boletim n.º 4 (fls. 50/56).

III. — Casa de Manobras

Fomos incumbidos do estudo e projéto definitivo do novo poço de medidores, que substituiu o n.º 488 da C. O. N. (relatório citado) transformado em ampla casa de manobras, vista na prancha 3 e nas fotografias que acompanham nosso trabalho.

Na referida prancha procurámos apresentar, quanto possivel, o conjunto das obras projetadas, que foram detalhadas numa série de desenhos arquivados na 3.^a S. T.

Serviu-nos de base para o presente estudo um 1.º desenho esquemático fornecido pela 1.^a Secção do Rio Claro, de inicio organizado na 3.^a S. T. sob instruções da Chefia. Continha indicação da casa,

R.A.E.
3ª S. T.

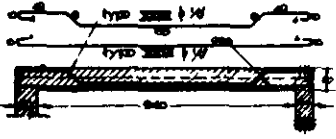
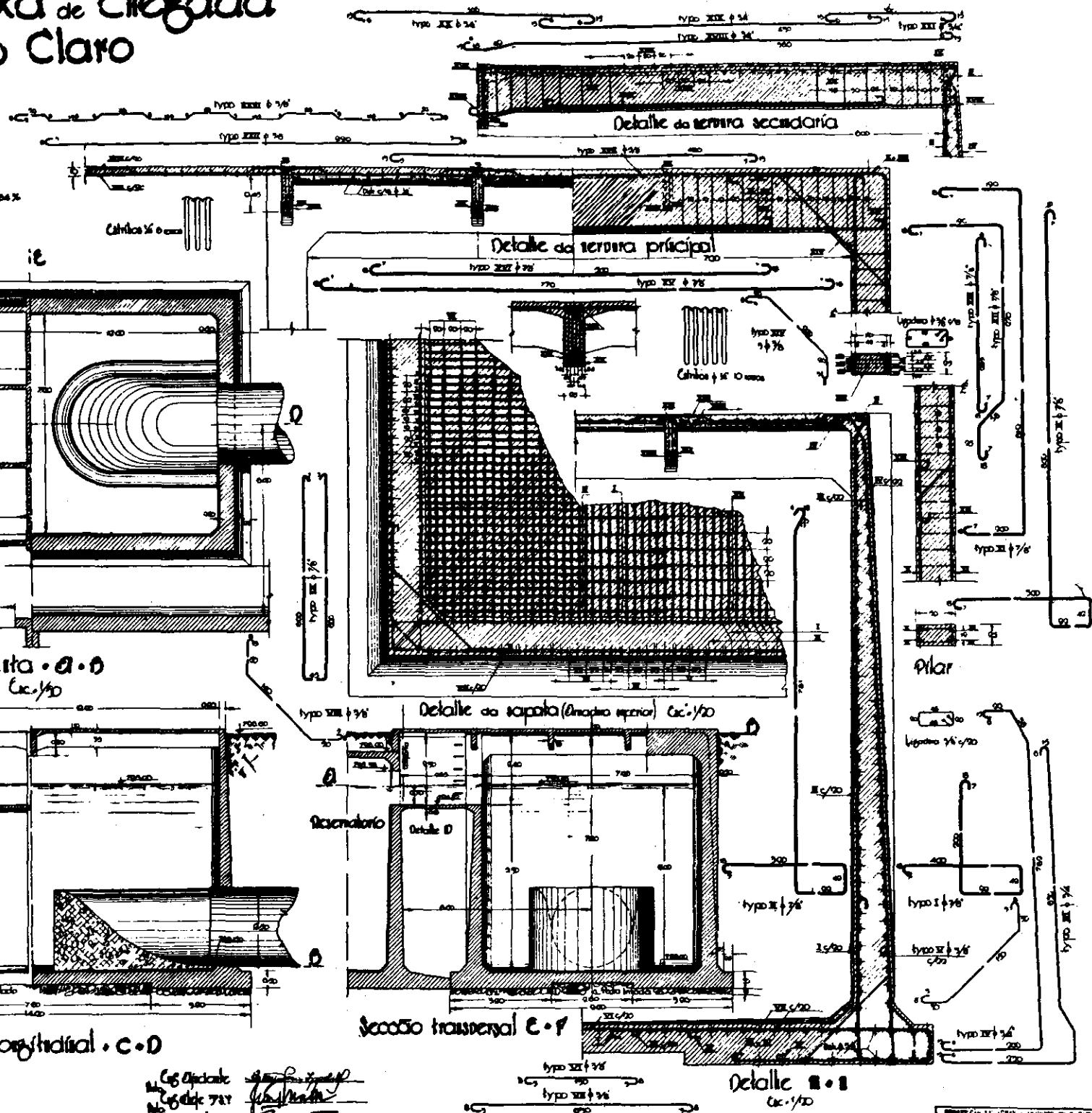
Projecto da caixa de chegada da Add. Rio Claro

junto ao
Reservatório da Madra

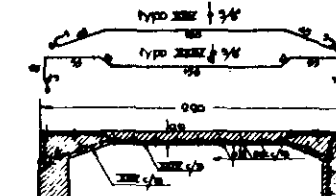
TIPO	Q	Comprimento m	Area m²	Volume m³	Observações
1	100	7.84	1.505,3	4.008	
2	100	10.00	1.000,0	5.000	
3	20	10.00	200,0	1.848	
4	18	8.84	161,1	1.398	
5	18	10.00	180,0	1.000	
6	15	8.20	123,0	750	
7	15	8.00	120,0	490	
8	14	6.70	93,8	364	
9	12	5.00	60,0	216	
10	10	3.00	30,0	120	
11	10	3.00	30,0	120	
12	10	3.00	30,0	120	
13	10	3.00	30,0	120	
14	10	3.00	30,0	120	
15	10	3.00	30,0	120	
16	10	3.00	30,0	120	
17	10	3.00	30,0	120	
18	10	3.00	30,0	120	
19	10	3.00	30,0	120	
20	10	3.00	30,0	120	
21	10	3.00	30,0	120	
22	10	3.00	30,0	120	
23	10	3.00	30,0	120	
24	10	3.00	30,0	120	
25	10	3.00	30,0	120	
26	10	3.00	30,0	120	
27	10	3.00	30,0	120	
28	10	3.00	30,0	120	
29	10	3.00	30,0	120	
30	10	3.00	30,0	120	
31	10	3.00	30,0	120	
32	10	3.00	30,0	120	
33	10	3.00	30,0	120	
34	10	3.00	30,0	120	
35	10	3.00	30,0	120	
36	10	3.00	30,0	120	
37	10	3.00	30,0	120	
38	10	3.00	30,0	120	
39	10	3.00	30,0	120	
40	10	3.00	30,0	120	
41	10	3.00	30,0	120	
42	10	3.00	30,0	120	
43	10	3.00	30,0	120	
44	10	3.00	30,0	120	
45	10	3.00	30,0	120	
46	10	3.00	30,0	120	
47	10	3.00	30,0	120	
48	10	3.00	30,0	120	
49	10	3.00	30,0	120	
50	10	3.00	30,0	120	
51	10	3.00	30,0	120	
52	10	3.00	30,0	120	
53	10	3.00	30,0	120	
54	10	3.00	30,0	120	
55	10	3.00	30,0	120	
56	10	3.00	30,0	120	
57	10	3.00	30,0	120	
58	10	3.00	30,0	120	
59	10	3.00	30,0	120	
60	10	3.00	30,0	120	
61	10	3.00	30,0	120	
62	10	3.00	30,0	120	
63	10	3.00	30,0	120	
64	10	3.00	30,0	120	
65	10	3.00	30,0	120	
66	10	3.00	30,0	120	
67	10	3.00	30,0	120	
68	10	3.00	30,0	120	
69	10	3.00	30,0	120	
70	10	3.00	30,0	120	
71	10	3.00	30,0	120	
72	10	3.00	30,0	120	
73	10	3.00	30,0	120	
74	10	3.00	30,0	120	
75	10	3.00	30,0	120	
76	10	3.00	30,0	120	
77	10	3.00	30,0	120	
78	10	3.00	30,0	120	
79	10	3.00	30,0	120	
80	10	3.00	30,0	120	
81	10	3.00	30,0	120	
82	10	3.00	30,0	120	
83	10	3.00	30,0	120	
84	10	3.00	30,0	120	
85	10	3.00	30,0	120	
86	10	3.00	30,0	120	
87	10	3.00	30,0	120	
88	10	3.00	30,0	120	
89	10	3.00	30,0	120	
90	10	3.00	30,0	120	
91	10	3.00	30,0	120	
92	10	3.00	30,0	120	
93	10	3.00	30,0	120	
94	10	3.00	30,0	120	
95	10	3.00	30,0	120	
96	10	3.00	30,0	120	
97	10	3.00	30,0	120	
98	10	3.00	30,0	120	
99	10	3.00	30,0	120	
100	10	3.00	30,0	120	

Designações	Quantidade
laje = instalado	60,00
forro = alvenaria	100,00
laje canal	0,00
laje de yferrisa	10,00
forro canal	4,00
Mt sc 100,00	

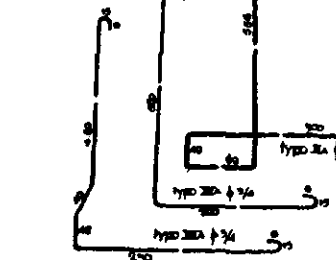
Relação longitudinal = 1,04%



Corte K-L
Esc. 1/20



Detalle D
Esc. 1/20



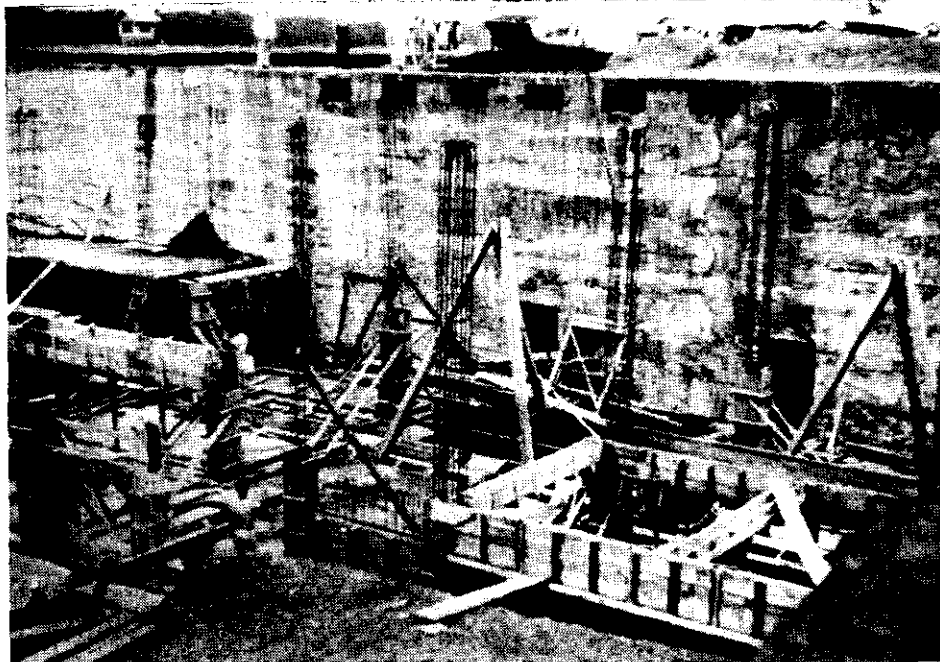
Esc. 1/20

Secção longitudinal - c-o
Esc. 1/20

Secção transversal - e-f
Esc. 1/20

Eng. Especialista
Eng. Civil
Director
1922-1923

REPRODUÇÃO EM FOLHAS E SEPARADO EM 8 FOLHAS
Cada folha custa 100\$000
Ocupação total 800\$000
Ocupação total 800\$000



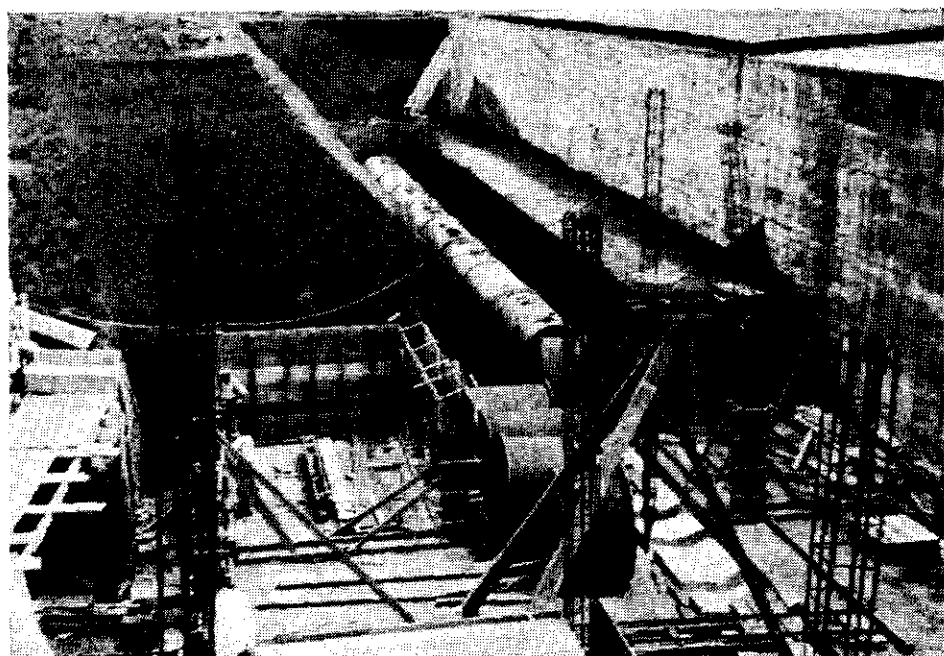
Fotog. 1 — Casa de Manobras — Detalhes da construção



Fotog. 2 — Casa de Manobras — Estrutura de Concreto Armado



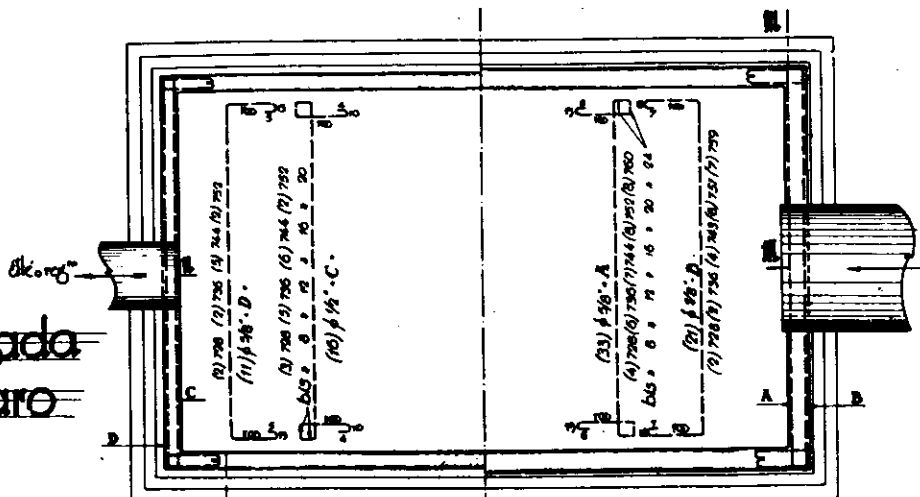
Fotog. 3 — Contraforte Triangular — Detalhes da construção (ala direita)



Fotog. 4 — Colar de distribuição $\Phi 1500$ e Contraforte Triangular (ala esquerda)

D.A.E.
S. I.

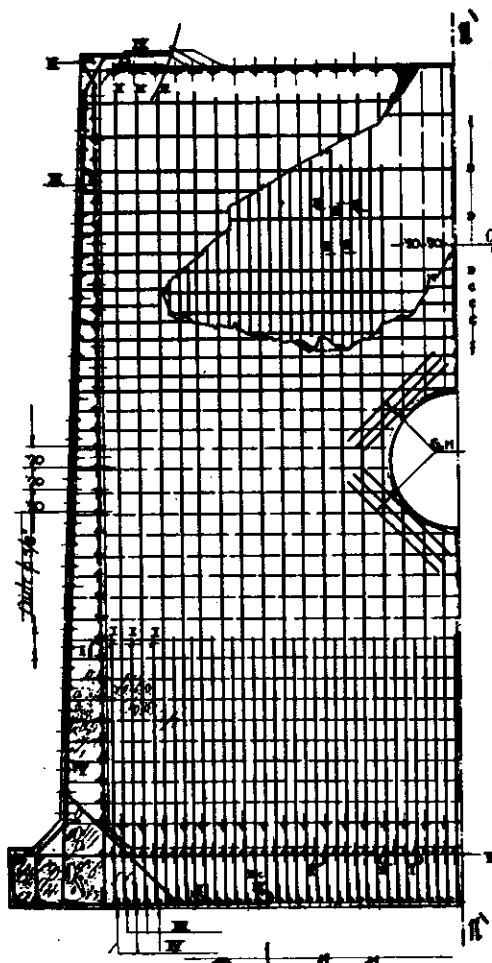
Suplemento
do projecto
da caixa de chegada
da Ad. do Rio Claro



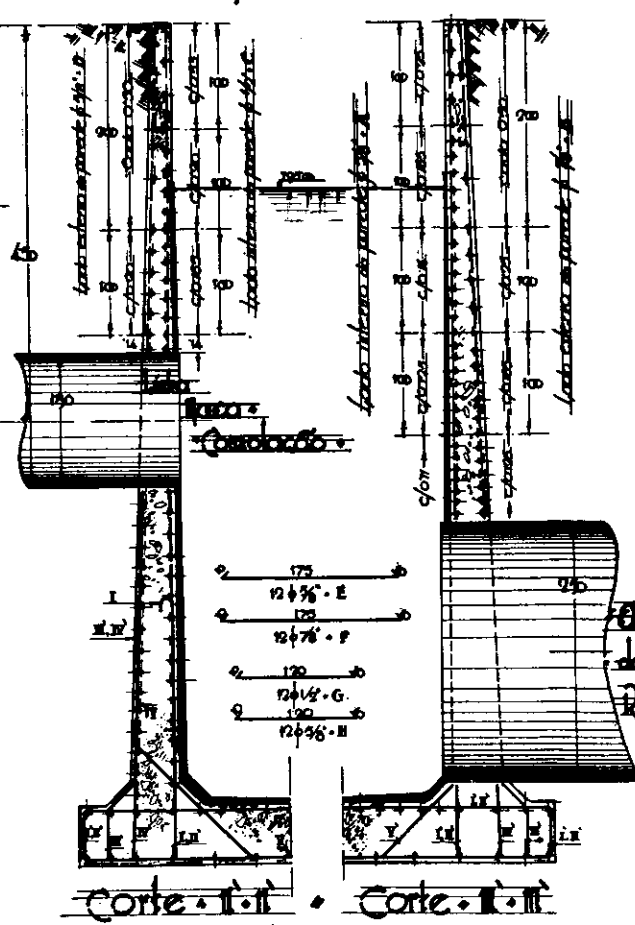
fundo do
Reservatório
da Ad. do Rio Claro

Item	φ	Q.	Comp. l.	Pres. tot.
A	56'	37	346'98	277'7
B	78'	01	200'89	641'6
C	1/2'	16	163'80	161'6
D	3/4'	11	107'48	107'4
E	3'	12	35'40	38'1
F	3/8'	12	16'80	16'6
G	1/2'	12	16'80	16'6
H	3/8'	12	16'80	16'6
Total	3/8'	35	126'40	87'3
Total	Kilo.		17971	
			13072	
			225'6	
			222'0	
			24799'0	

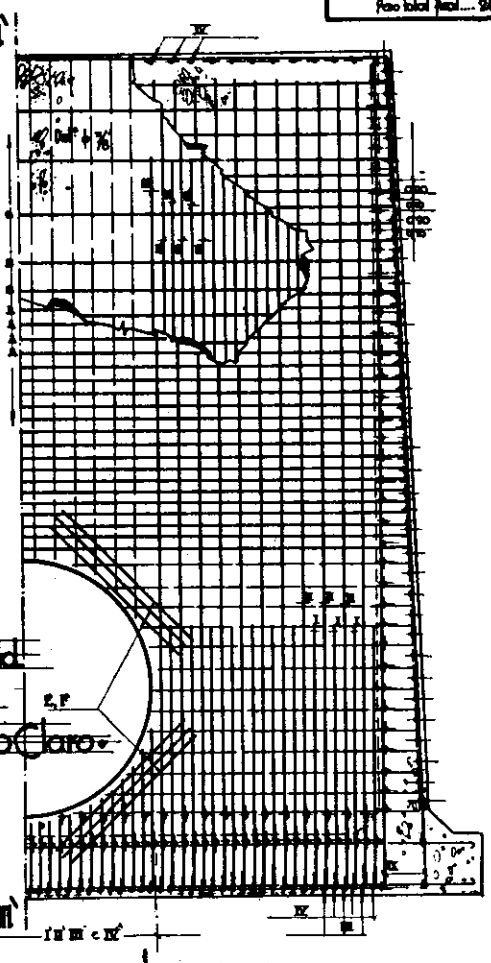
Planta



• Corte I - I •



• Corte II - II •



• Corte III - III •

Escala 1:25

Director *[Signature]*

1/2
M.P. 1
1924. 2-1-094. 6-297
Director *[Signature]*

ligada ao reservatório da Moóca, e a locação das tubulações de grandes diâmetros, resultantes do novo plano geral de abastecimento da Capital, elaborado pelo eng.º Plínio Penteado Whitaker e que será publicado em proximos números deste Boletim. Todas as peças das tubulações vinham numeradas, no citado desenho, pela Sociedade Pont-à-Mousson, como fizemos reproduzir na prancha 3.

Mantivemos a planta da casa com as dimensões apreciáveis e necessarias de 20 x 13, antes previstas no poço de medidores da C. O. N., deixando assim protegidos no interior da construção os diafragmas que serão ligados aos aparelhos medidores "Hartman-Braun".

Para garantir a fiscalização, o contróle dos medidores e demais operações manuais ou mecânicas, previmos um patamar fixo á entrada da casa, vencendo o 1.º vão de 4 metros, e admitimos a esplanada externa de contorno do predio em cóta pouco inferior.

Foi verificada a possibilidade de melhorar as condições do "ladrão" do reservatório (\varnothing 700 mm.) dispondo-o afogado em cóta mais baixa, com a partida mergulhada em uma caixa de concreto destinada a coletar o volume excedente á cóta maxima 795,000.

Com este recurso original foi conseguida maior economia nas tubulações, alterando a distribuição das peças de \varnothing 700, proposta pela Sociedade Pont-à-Mousson, com superior garantia para a estabilidade das linhas suspensas. A curva elevada n.º 54 foi ainda escorada por um cavalete, portico simples entramado, visível na prancha 3 e nas fotografias 7 e 8.

As únicas aberturas encontradas no reservatório, (fotog. 1) destinadas pela C. O. N. a acêso pelo fundo dos compartimentos eram guarnecidas de portas de aço de 1,80 x 1,00, aparafusadas pelo lado interno. Foram aproveitadas pela R. A. E. para travessia das linhas de descargas dos compartimentos. Fomos naturalmente levados a admitir a parede já construída com adequado reforço nesses dois trechos vasados, tendo em vista a solução de continuidade provocada nas armaduras verticais de resistência. A direção destas aberturas, normal á parede externa, era impedida pela 1.ª linha de colunas do reservatório, paralela á parede central divisória dos compartimentos. Foi mister, portanto, adotar curvas de 1/8 (45º) nas linhas de descarga, para desviar-as das colunas comprometidas, até atingirem os poços de sucção (ver prancha 3). As referidas portas de aço foram retiradas. As frestas, devido a exiguas e forçadas condições locais, foram apenas obturadas por espessas placas de concreto armado que protegem as canalizações. Foi julgada inexequível qualquer outra solução ou providencia complementar que permitisse maior reforço á parede nesses pontos, como foi possível realizar em ótimas condições nos cantos extremos do reservatorio.

Resolvida e assentada esta série de alterações no ante-projeto, foram fixadas em definitivo as cótas dos pisos: a) — fundo da vala de descarga: 787,400; b) — radier geral da casa de manobras no nivel do fundo do reservatório: 789,000; c) — patamar de manobras:

791,400; d) — esplanada externa de contorno: 791,000; e) — terraço-mirante na cobertura: 796,750.

Quanto ao referido patamar de manobras, cumpre ainda observar que foi julgado contra-indicado seu prolongamento além do 1.º vão de 4 mts., para não perturbar as reparações e limpezas nas tubulações de grandes diâmetros. Foi dada preferencia a um passadiço metálico desmontável disposto sobre a linha do colar Ø 1500 mm., como se vê nas fotografias 7 e 8 do interior da casa.

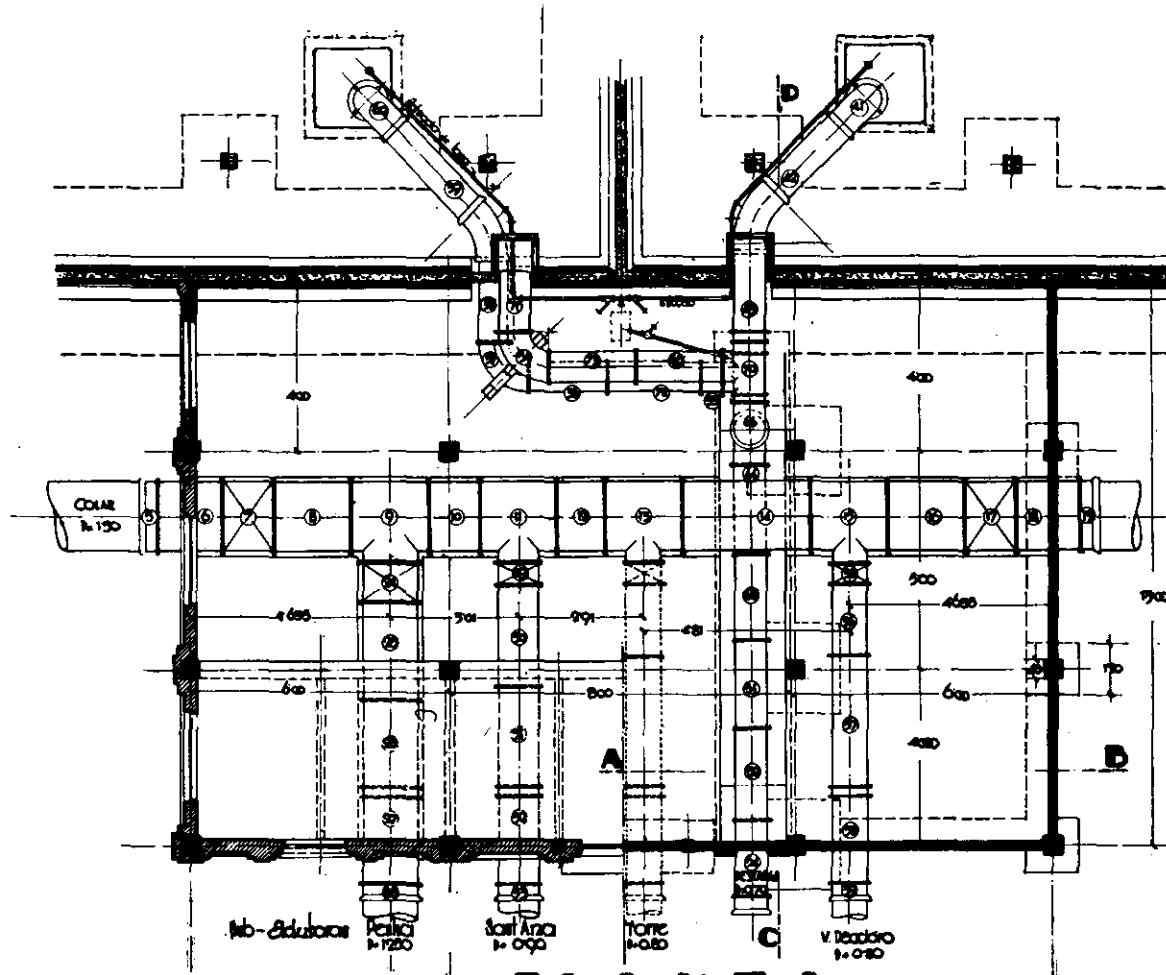
A respeito das entradas no reservatório, concluímos que a folga de 80 centímetros, unica disponível entre a lage de cobertura e o nível da água (795,000), (ver prancha 3 e fotogr. 1 e 7) é insuficiente para a abertura de portas de acesso aos compartimentos pelo lado da casa de manobras. A mesma dificuldade foi considerada agravada no projeto da caixa de chegada da água (pranchas 1 e 2). Não é aconselhável o corte da lage de cobertura do tipo "cogumelo". Nessas condições, as entradas no reservatório, que se presumem mais indicadas e mais compatíveis com o tipo de obra concluída em 1928, deverão ser adaptadas nos ventiladores projetados na lage de cobertura pela Comissão de Obras Novas (fotog. 2.)

Fixadas estas diretrizes, considerámos ainda o plano de conjunto da obra em harmonia com a local. Estudámos o problema do movimento de terra visando o motivo estético da nova obra complementar do reservatório. Esta solução permitiu redução sensível no empuxo das terras, de grande altura, que atúam nas paredes laterais da casa de manobras. O empuxo ficou limitado apenas á faixa concretada, entre cotas 791,400 e 789,000, admitida no calculo como engastada nas fundações. Acima da 1.ª cota empregou-se alvenaria de tijolos comuns entre as colunas da estrutura.

O estilo arquitetônico da fachada principal, realizada com a colaboração do desenhista Oscar Mendes, constituiu o melhor equilibrio das massas, dando aspecto grandioso á obra, compatível sem duvida com a importancia do reservatório da Moóca, classificado "marco zero" das vultuosas obras da adutora do Rio Claro. A distancia de 60 metros entre o portão de entrada, pela avenida Paes de Barros, e a casa de manobras, é vencida por suave rampa com declividade de 2% (fotog 5).

Nos cálculos da estrutura foram observadas as "Normas da Comissão Alemã de Concreto Armado — 1932". As especificações dos materiais foram regidas de acôrdo com os cadernos de encargo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Foram organizadas varias folhas de detalhes na ordem construtiva, inversa da prescrita nos calculos; a) — colunas e sapatas, "marquise" da porta de entrada; b) — paredes perimetrais, radier geral, patamar de manobras, caixa do "ladrão", placas de vedação das travessias das descargas, com função coletora das aguas servidas, lançadas, mediante ralos, na rede de drenos; c) — cobertura do tipo de lage nervurada, realizando amplo terraço-mirante impermeabilizado. Na estrutura geral de todos estes órgãos de concre-

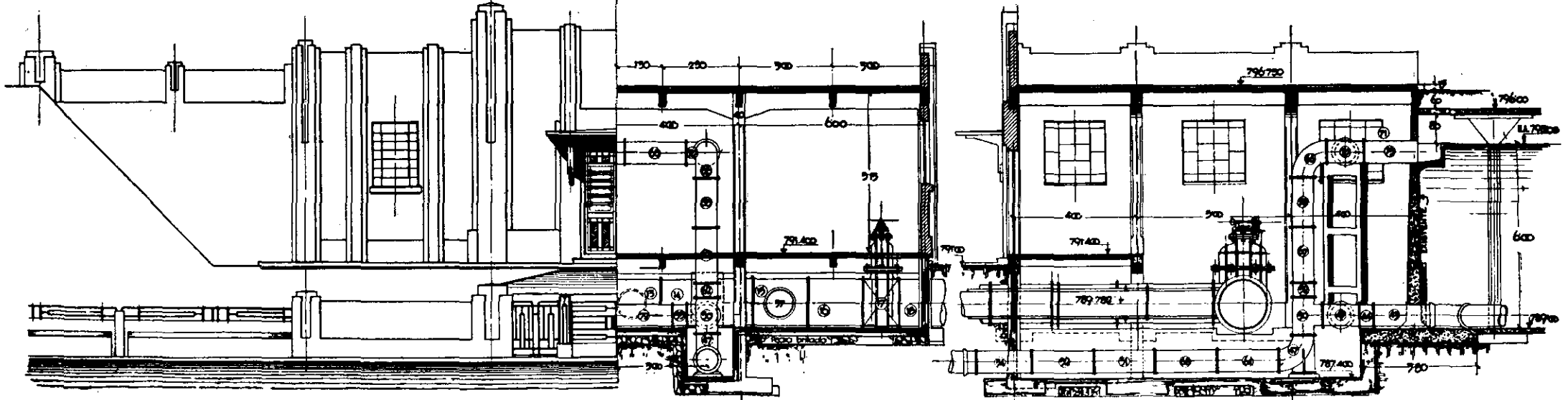
D.A.E.
3.º S. T.



**CASA DE
MANOBRAS
RESERVATORIO
DA
MOÇA**

Cap. Estado. *[Signature]*
Vto. Eng. Chefe 1907. *[Signature]*
Vto. Director. *[Signature]*

PLANTA



FACHADA

CORTE A-B

CORTE C-D

to armado, obtivemos totais de 12.164 kgs. de ferro para 168 mc. de concreto, resultando uma relação média de 72,5 kgs./mc.

Além destas partes de concreto, cumpre acrescentar as obras acessórias relativas às caixas de sucção dos sifões das descargas, situadas no radier dos compartimentos, (prancha 3) com dimensões em planta de 2,00 × 2,00 e altura de 1,60 mt. Dessas caixas partem ainda canalizações especiais para a retirada periódica da lama das camaras, mediante grupos elevatórios comandados do interior da casa de manobras.

Esta 3.^a parte do reservatório da Mooca foi confiada à Sociedade de Construção e Saneamento S. A. encarregada ainda das obras acessórias no local e empreiteira das linhas sub-adutoras e, mais recentemente, dos novos reservatórios e torres. A Casa de Manobras está em fase de acabamento e deverá estar inaugurada oficialmente quando sair este Boletim. As fotografias anexas revêlam períodos da construção e vistas do interior e exterior desta ultima obra complementar. Os compartimentos do Reservatório têm-se mantido cheios desde alguns mezes com aguas parcialmente aduzidas do Rio Claro. As canalizações do "ladraão" e da descarga já foram submetidas a ensaios com feliz exito; o colar \varnothing 1500 m. m. já tem funcionado normalmente.

IV. — Contrafortes Triangulares

No colar de distribuição (\varnothing 2000 mm.) figurado no projéto n.º 488 da C. O. N. (ver relatório citado) estavam previstas duas entradas no nível do radier 789,000, locadas nos cantos extremos dos compartimentos. A 2.^a Secção do Rio Claro, por ocasião do assentamento do colar \varnothing 1500 mm., (projéto da R. A. E.) não encontrou tais aberturas necessarias. Em consequencia, qualquer obra ou ruptura nesses pontos viria determinar inevitavel solução de continuidade nas armaduras verticais de resistencia da parede perimetral. A pressão hidrostática, resultante de um prisma dagua de 4,50 mts. acima da tubulação, \varnothing 1500 m. m. provocaria, na citáda parede, nas humberias das aberturas, reacões ou sobrecarga de esforços, que a R. A. E. foi levada a admitir não apreciadas na obra fiscalizada pela C. O. N., porque as entradas não existiam nem medidas de segurança haviam sido adotadas.

Ficou reconhecida, portanto, a necessidade de uma obra externa para reforço da parede, nos dois trechos rompidos.

Segundo instruções emanadas da Chefia, em vez do classico contraforte massiço, coube-nos projetar um triangulo rigido de concreto armado, justaposto à parede do reservatório. A estrutura triangular abrange toda a altura molhada do reservatório da Mooca, com 6 metros, entre as costas 795.000 (N. A. max.º) 789,000 (radier). Definida segundo os eixos das barras do triangulo, a estrutura apresenta o perfil aproximado de um esquadro de 60.º com os dados resumidos na figura 1 e que serviram de base para a análise do problema de

elasticidade. Foi considerada uma barra tipo de 50×40 , reduzida, no cálculo final das peças, a 50×25 .

A sapata de distribuição das cargas no terreno, ligada ao triângulo rígido, só pode ser locada além da extremidade do resalto de 1,50 da sapata existente no reservatório. Suas dimensões foram fixadas, após algumas tentativas de verificação da estabilidade, em $2,50 \times 2,00$, com espessura de 0,50, reduzida, no dimensionamento final, a 0,35.

Louvado nos dados colhidos nos desenhos 561 e 316 da C. O. N., encontrados no relatório de 1926, a fls. verificámos préviamente a resistência dos painéis vasados, de espessura variavel e fôrma trapezoidal.

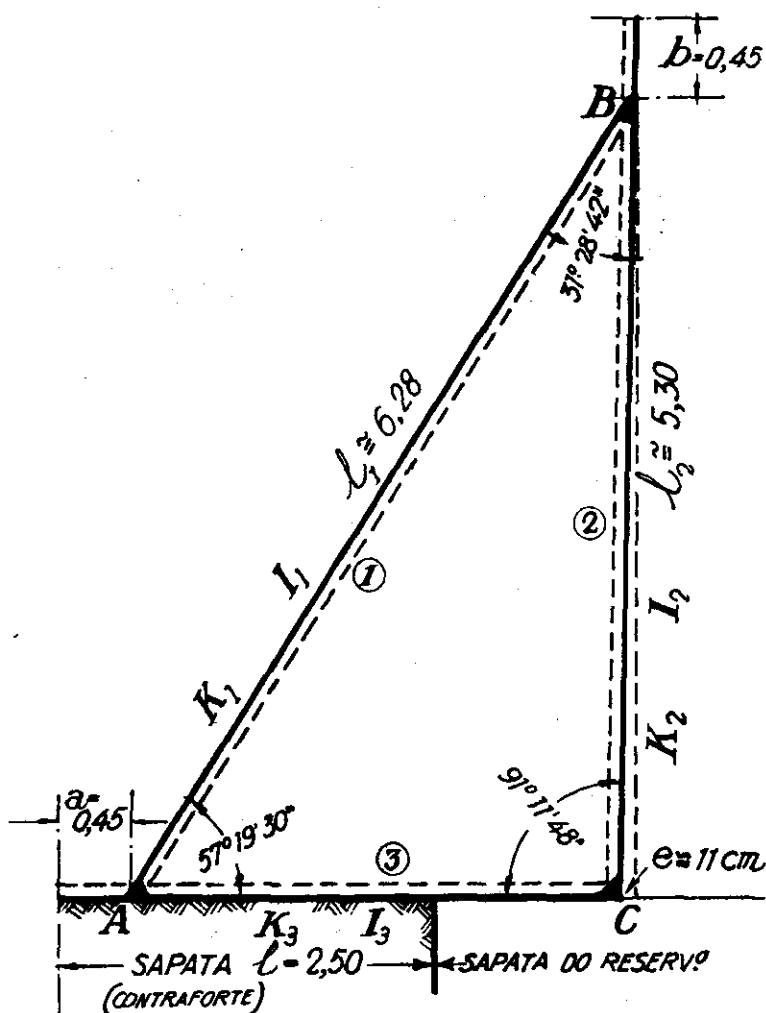
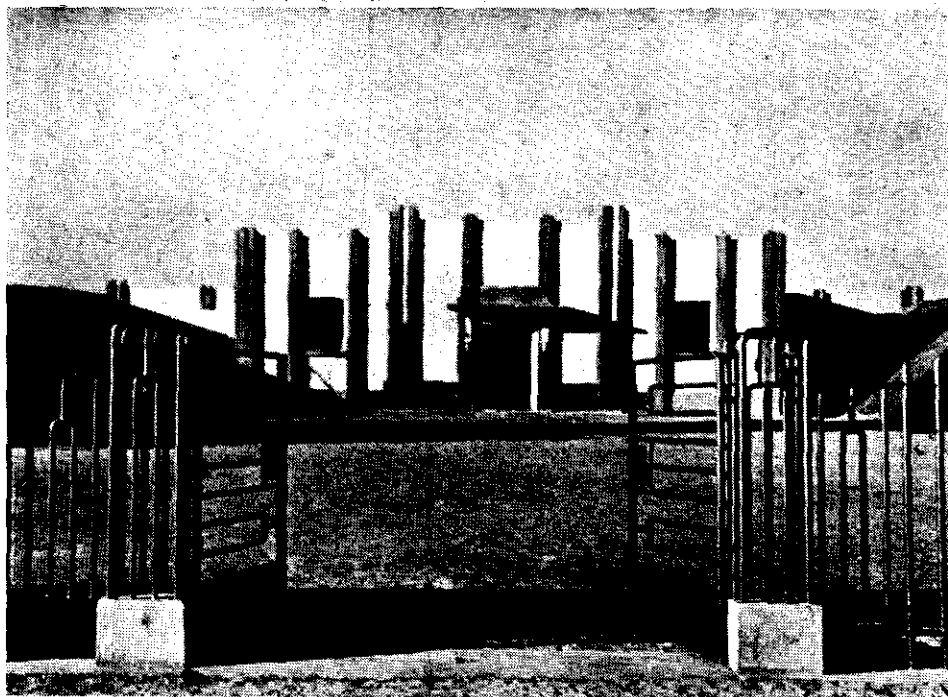
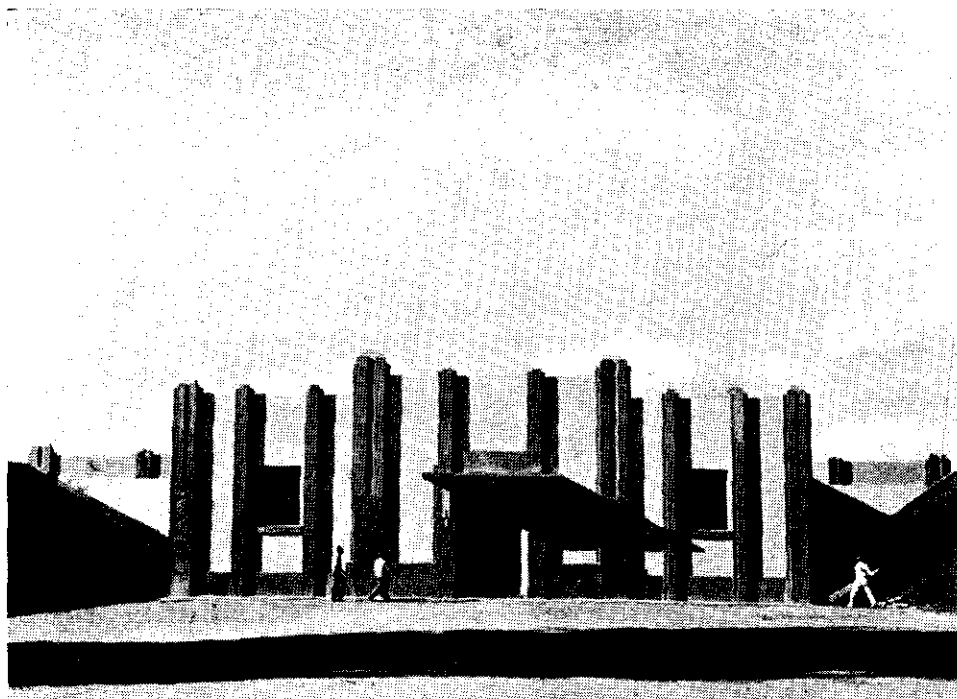


Fig. 1

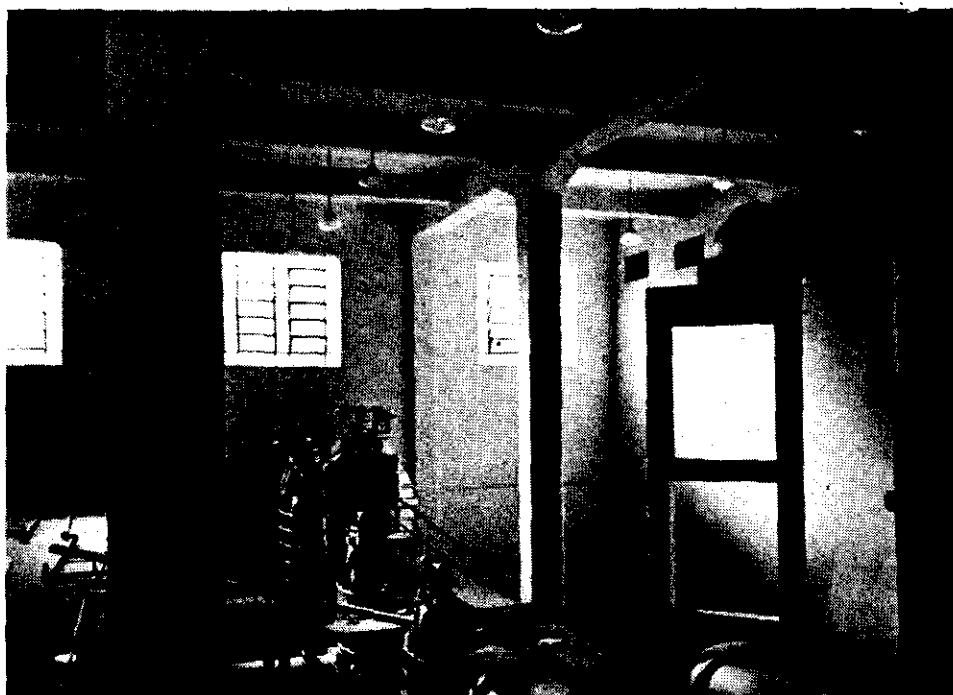
A armadura horizontal simetrica, que passará a funcionar como de resistencia, é disposta cada 18 cm: Pos. 38 & 3/8"; $f = f' = 4 \text{ cm}^2$. Admitimos um vão teórico de 2 metros. Obtivemos as taxas seguintes: $\sigma_c = 15 \text{ k/cmq.}$ e $\sigma_f = 1200 \text{ k/cmq.}$ Concluimos ser dispensável o re-



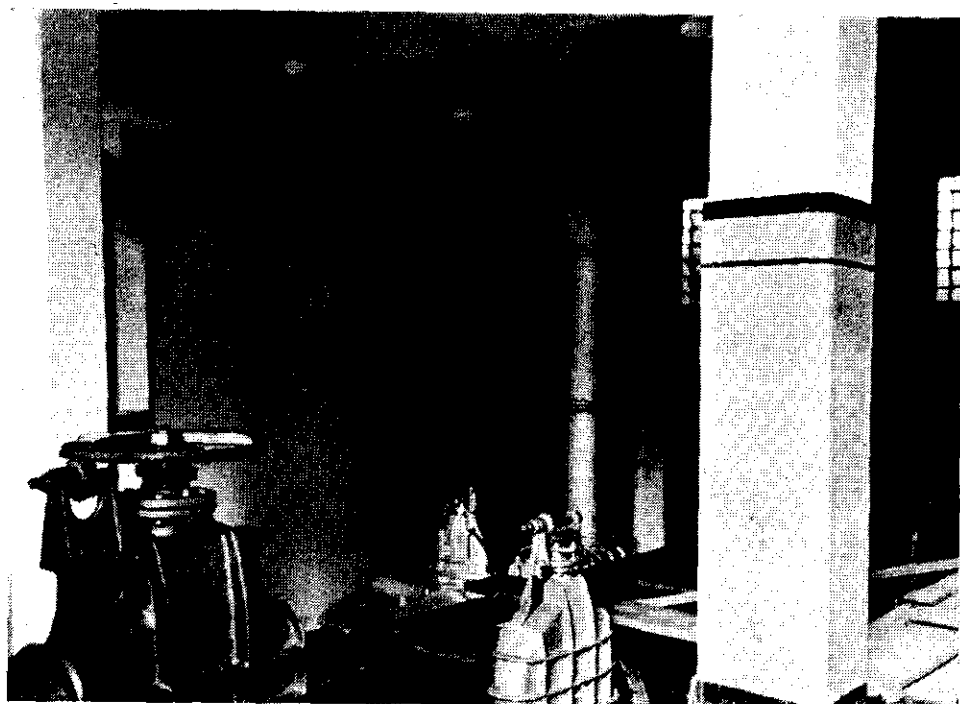
Fotog. 5 — Casa de Manobras — Vista da Avenida Paes de Barros



Fotog. 6 — Casa de Manobras — Vista do pátio interno



Fotog. 7 — Casa de Manobras — Interior (ala esquerda)



Fotog. 8 — Casa de Manobras — Interior (ala direita)

forço externo desses paineis vasados na base pela tubulação. Limitámos a obra n'ova aos contrafortes triangulares.

A titulo de advertencia preliminar, cumpre seja dito que no presente estudo nos cingimos á hipotese mais economica e mais racional da ação conjunta do empuxo dagua (altura maxima de 6 metros menos o furo de 1,50) com o peso de terra sobreposta á estrutura. Foi, portanto, condição imposta e cautela recomendada na construção, para a estabilidade futura de reforço externo, o apiloamento das terras durante a reposição, tendo sido previsto o nivel superior á cota 796,600.

Em ocasiões de vistorias no colar, em trechos vizinhos dos contrafortes e das ancoragens adiante referidas, será necessário descarregar previamente o compartimento respectivo, para prevenir contra possiveis accidentes.

Foi apreciado de inicio o problema da estabilidade da obra para o efeito de fixar as dimensões da sapata e de determinar o diagrama das reacões do solo, em função do sistema de cargas exteriores: verticais (peso proprio da estrutura mais terra sobreposta), e horizontais (empuxo dagua). Obtivemos um diagrama trapezoidal. Na extremidade da sapata verificou-se uma taxa de 3 k/cm^q. (compressão no solo). E' admissivel tal valor, porque pôde considerar-se uma parte do trabalho absorvida pela sapata existente no reservatório, solidaria com a nova. Após a excavação, observou-se, aliás, que a resistencia do terreno é superior áquella taxa, segundo informações fornecidas pela 2.^a Secção do Rio Claro.

A pressão hidrostática, para a altura de 4,50 acima da tubulação, foi considerada atuando numa largura de cerca de 2,50 mts. Tivemos em vista prevenir contra a possivel precariedade das aberturas, excedendo o limite de 1,50, e atendemos tambem ás condições de locação dos contrafortes, afastados da tubulação com o minimo de 50 cmts. Resultou um empuxo total de 25.000 kgs. Condicionado nosso estudo inicial á locação procedente da 1.^a Secção do Rio Claro com os dados da Sociedade Pont-à-Mousson, admittimos que só a metade desta pressão seria resistida pelos contrafortes. A outra metade poderia admitir-se absorvida pela parede do canto do reservatorio, normal á vasada pelo colar. Posteriormente, após as excavações procedidas pela 2.^a Secção do Rio Claro então encarregada da fiscalização das obras na Capital, ficou evidenciada a conveniencia e necessidade de deslocar as entradas do colar dos cantos pre-fixados no projeto da C. O. N. Sem prejuizo de nosso estudo quasi concluido, projetámos então, dois contrafortes simetricos á tubulação, a 1,25 de cada lado, submetido cada um, ao empuxo de 12.500 kgs. Não encarámos a hipotese do empuxo da terra. Para este caso, os tipos de paredes, em geral com armadura simétrica prevista para resistir ao empuxo da agua, apresentarão grande folga no calculo.

Foram determinados, a seguir, os dados relativos ás cargas que atúam na estrutura. As extremidades *A* e *B* contêm trechos de barra (*a* e *b*) em balanço, provocando momentos e cargas concentradas nesses dois nós.

A reação horizontal de 12.500 kgs. provocada pelo atrito no sólo, foi admitida, parcialmente distribuída na base da sapata de fundação, fazendo intervir uma quota até o nó *A*, no trecho *a*. A reação restante, em vez de proporcionalmente distribuída ao longo da barra 3, foi admitida distribuída e concentrada nos nós *A* e *B*.

Estabelecidas tais condições no cálculo, procedemos á verificação do equilíbrio perfeito do sistema com as equações da Estática.

Resumidos depois os dados numericos referentes aos tres nós e a cada uma das tres barras do triangulo indeformavel, passámos á "teoria da elasticidade", aplicando o teorema de Clapeyron.

O problema, á vista do tipo de estrutura rígida, deixou de ser uma simples verificação de estabilidade, em sistema isostatico, seguida de um calculo mais elementar de resistencia. Os angulos (nós) do triangulo indeformavel passaram a ser solicitados por momentos que constituiram as unicas incognitas do sistema hiperestático, assim como as barras ficaram submetidas a flexões compostas, por tração ou compressão axial. Para determinar o problema, assim definido, recorremos ao teorema generalizado de Clapeyron.

Foi estabelecido o seguinte sistema de equações:

$$I. K_3 M_{A3} + 2(K_3 + K_2) M_C + K_2 M_{B2} + 6K_3 m_{3C} + 6K_2 m_{2C} = \Delta C = 0$$

$$II. K_2 M_C + 2K_2 M_{B2} + 2K_1 M_{B1} + K_1 M_{A1} + 6K_2 m_{2B} + 6K_1 m_{1B} = \Delta B_{2-1} = 0$$

$$III. K_1 M_{B1} + 2K_1 M_{A1} + 2K_3 M_{A3} + K_3 M_C + 6K_1 m_{1A} + 6K_3 m_{3A} = \Delta A_{1-3} = 0$$

Essas tres são combinadas com as deduzidas dos nós:

$$IV. M_{A1} + M_{aA} = M_{A2} \text{ (relativa ao nó } A)$$

$$V. M_{B1} + M_{bB} = M_{B2} \text{ (" " " ")}$$

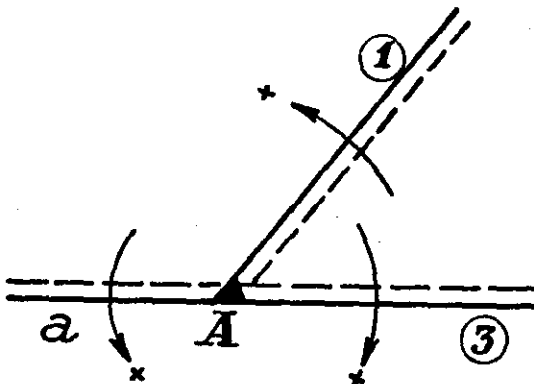


Fig. 2

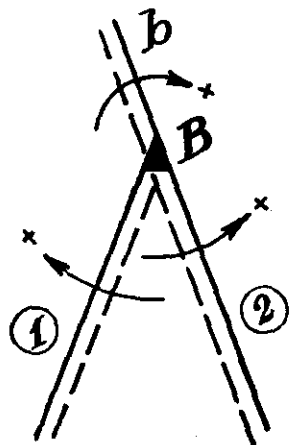


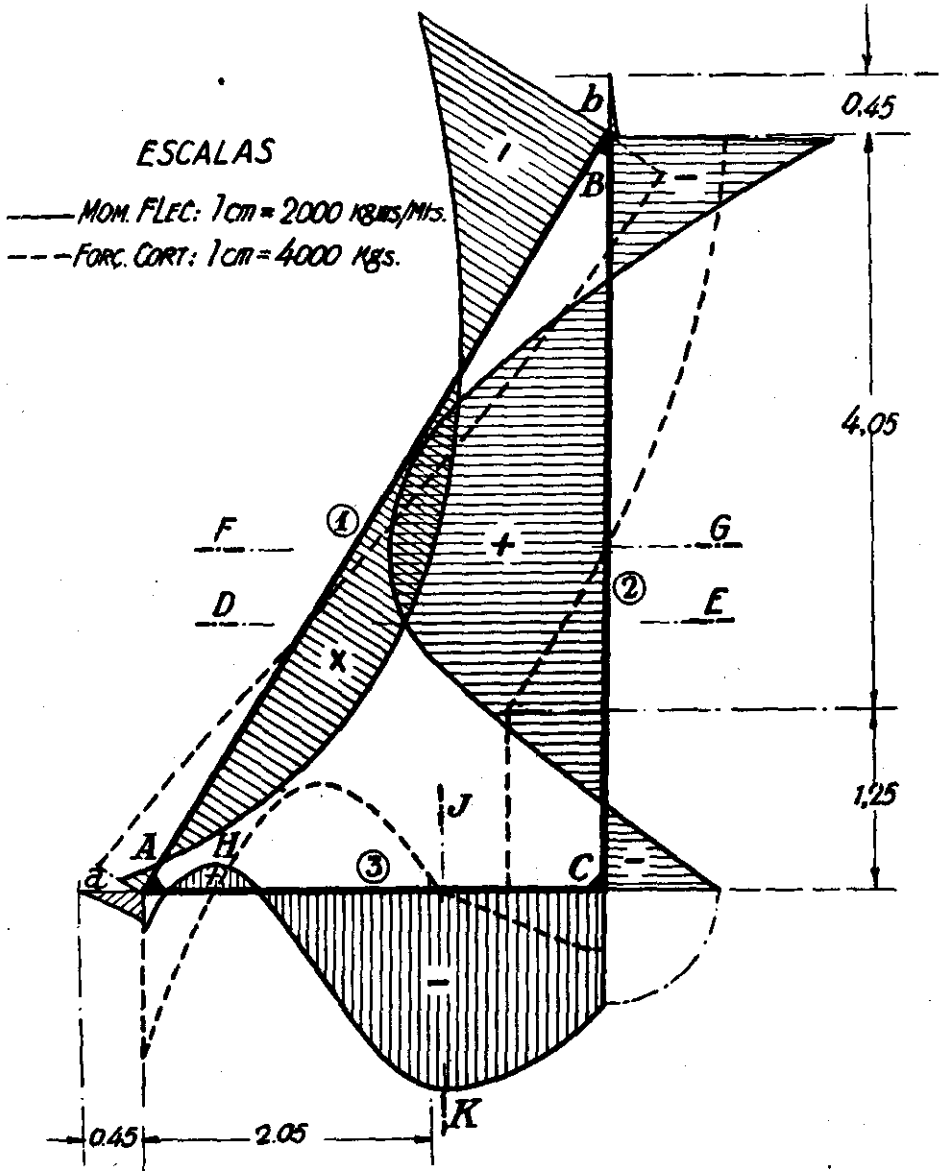
Fig. 3

Em função dos momentos conhecidos M_{aA} e M_{bB} foram deduzidos os demais, resultando, pois, cinco incógnitas, no problema.

Calculámos os termos de carga (6m_{3c} etc.) mediante o magnifico formulario de A. Kleinlogel (Pórticos simples e Marcos).

Resolvidas, finalmente, as equações numericas, procedemos ao estudo isolado de cada barra do sistema, obtendo os dados necessários ao traçado dos diagramas dos momentos flectores e forças cortantes, traduzidos na fig. 4.

Fiel ao critério inicialmente adoptado, evitamos a transcrição de calculos longos e minuciosos efetuados no projecto em apreço.



**DIAGRAMA DOS MOMENTOS FLECTORES
 E FORÇAS CORTANTES**

Fig. 4

Exibimos apenas uma copia dos diagramas obtidos para melhor illustração do presente memorial técnico. Os maximos momentos fletores se verificam no nó *B*, e as forças cortantes acusam valores maiores na barra 3.

Passámos em seguida a estudar diversas secções mais importantes da estrutura para determinar as forças axiais e calcular as peças. Fizemos o estudo das secções A-C, pouco acima dos nós; D-E interessando o maximo momento positivo na barra 1; F-G, relativa á barra 2 e junto ao nó *B*. Estabelecidas as equações de equilibrio estatístico, concluímos estarem submetidas a flexo-pressão as barras 1 ou *AB* e 3 ou *AC*; a barra 2 ou *BC*, sujeita a flexo-tensão.

No calculo isolado das peças, tendo em vista os diagramas anteriores demos preferencia ao tipo de vigas com armadura simetrica. Mediante os ábacos "Toledo Malta" foi-nos facil e rapida a verificação das peças. Adotámos uma secção uniforme 50 x 25. As taxas de trabalho dos materiais são, no maximo: Concreto — 50 k/cq. Ferro — 1200 k/cq. As peças foram armadas com ligaduras especiais e com estribos nas zonas determinadas pelo cisalhamento.

Foram observadas as "*Normas Alemãs — 1932*", já citadas na parte.

Fizemos todas as verificações complementares exigidas pelo calculo.

O desenho organizado n.º 2030 (prancha 4) mostra o tipo da estrutura. Resultou uma relação ferro — concreto que atingiu 160 kgs./mc, justificavel para uma estrutura desta natureza. Cada conjunto triangular tem um volume de 3,750 m.c., inclusive a sapata de fundação.

A última parte de nosso estudo constou da determinação da sapata. Combinando o diagrama das reações no sólo com as cargas laterais nas alas da sapata (peso proprio mais terra sobreposta), obtivemos a linha de cargas mediante a qual calculámos a sapata. A armadura foi tornada simétrica nas duas faces, superior e inferior, para maior facilidade construtiva. Foram verificadas as taxas de cisalhamento, tendo sido dispensada armadura especial.

Além desta obra acessoria, aplicada nas extremidades do reservatório, projetámos para os mesmos trechos ancoragens trapezoidais para as curvas de 1/4 do grande colar de distribuição; são indicadas em planta na prancha 4.

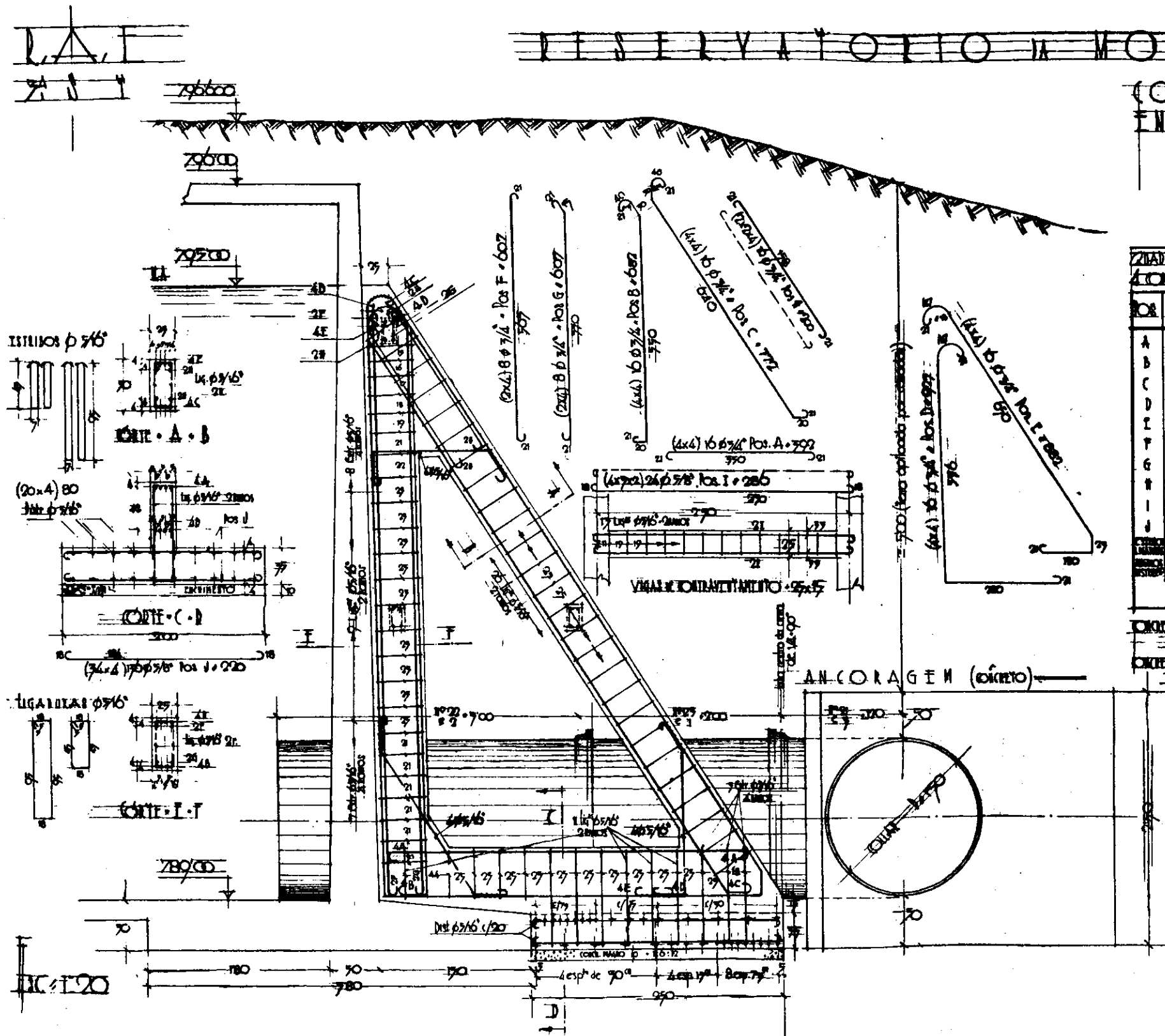
* * *

Cumpre-nos ainda deixar melhor esclarecido que o colar de distribuição, reduzido de \varnothing 2000 para \varnothing 1500 mm. no novo plano geral de abastecimento, fazem entrada, através da parede perimetral, ao nivel do fundo (cóta 789.000 do radier), por força das condições impostas pela obra projetada pela Comissão de Obras Novas.

Nos projéto dos novos reservatórios de que se ocupa atualmente a R. A. E., as grandes canalizações de distribuição, ou as descargas entram no radier locadas sob as fundações das paredes.

RESERVATÓRIO MOOCA

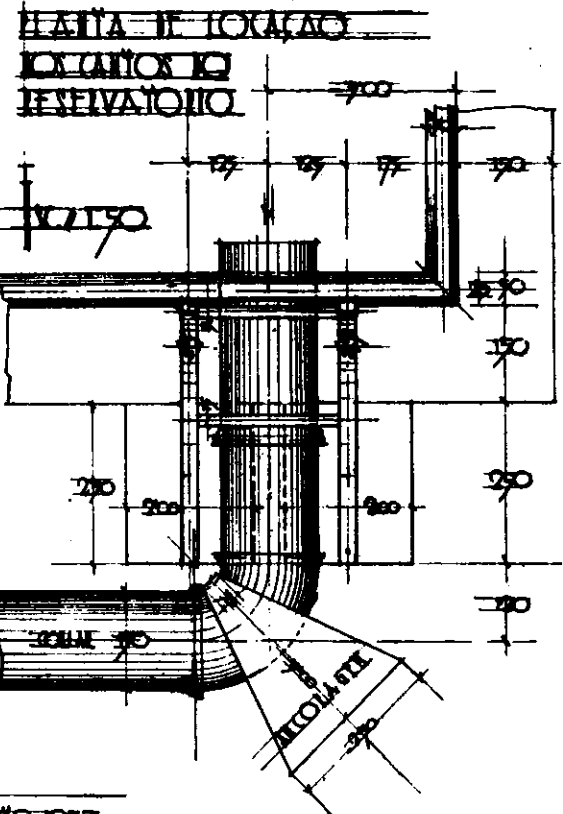
CONTADORES NAS
ENTRADAS DO COLLAR
E 0150



QUADRO TOTAL-ARMADURAS
E CONTADORES QUANTIDADE

POS	Ø	QUANT.	COMP. TOTAL	PESO TOTAL
A	3/4"	16	62.7	140.2
B	>	16	109.1	247.9
C	>	16	127.7	276.1
D	>	16	148.0	330.9
E	>	16	141.1	317.7
F	>	8	48.6	108.7
G	>	8	48.6	108.7
H	>	16	72.9	163.6
I	3/8"	24	68.6	155.8
J	>	176	299.2	661.7
CONT.	5/8"	334	576.6	1277.1
TOTAL	>	-	707.8	1587.8

QUANTO ARMADO E CONTADORES
17.9 AC
QUANTO TUBO 2 ANCLAGEM
38.0 AC



PROJ. TÍTULO - 71 - MONTE - 1937
ENR. AJUSTADO: *Amorante*
TÍTULO:
ENR. CHEFE: *Walter*
TÍTULO:
PROJ. *R. Vallada*

Este recurso feliz permite não só aproveitar racionalmente todo o volume armazenado nos compartimentos, como evitar aberturas nas bases da paredes. Não foi adotada pela R. A. E. a mesma solução no colar do reservatório da Moóca, por serem reclamadas obras de reforço sob as paredes já construídas. A segurança dessas obras acessórias seria duvidosa ou precária. Poderiam principalmente comprometer o reservatório com excavações sob a fundação das paredes e sob o radier com ameaças sérias de fendas e de sub-pressão n'um dos compartimentos eventualmente descarregado. Pelos mesmos motivos preventivos as descargas foram de preferencia sifonadas e dispostas nas entradas já existentes na faixa ocupada pela Casa de Manobras.

* * *

Em proximo número do Boletim esperamos voltar ao mesmo assunto para apresentar aos leitores interessados o tipo dos reservatorios projetados para as obras novas da R. A. E., cuja fórma original foi creada pelo chefe da 3.^a S. T., engenheiro J. M. de Toledo Malta.