

O Sistema Juqueri - Selenia por Cento de Aumento na Produção de Água para a Grande São Paulo

Relator: CELSO S. MUNIZ (*)

Setor de Planejamento Técnico da Companhia Metropolitana de Água de S. Paulo - COMASP

INTRODUÇÃO

Estudos feitos em nível de plano diretor sobre a evolução da demanda de água da Grande São Paulo estimam em 33,5 m³/s e 75,9 m³/s as vazões necessárias para um suprimento adequado nos anos 1972 e 2000 respectivamente.

Essas demandas correspondem a populações abastecidas de 6.500.000 habitantes em 1972 e 14.100.000 habitantes em 2000, adotando-se quotas de consumo médio de 445 e 459 lts/hab. dia, respectivamente.

A quantidade de água atualmente captada para fornecimento a São Paulo é estimada em cerca de 14 m³/s.

O atendimento dessa demanda está previsto para ser feito através de vários sistemas de captação das águas de alguns rios das vizinhanças de São Paulo, destacando-se dentre eles o Sistema Juqueri, objeto de sumária descrição neste artigo.

A sua importância ressalta imediatamente ao considerar-se que somente ele contribuirá, quando concluído, com cerca de 33 m³/s para o abastecimento do Grande São Paulo, ou 44% da demanda total avaliada para o ano 2000.

DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

O sistema Juqueri será constituído de quatro reservatórios, das obras de interligação, e da adutora final do Sistema que transportará água para a estação de tratamento no bairro de Guaraú.

Tôdas as obras do Sistema situam-se ao norte da cidade de São Paulo, ficando a barragem mais longínqua à distância aproximada de 70 km do centro da cidade em linha reta, (Fig. 1).

Esses reservatórios serão formados pelas águas represadas dos rios Juqueri, Atibainha, Cachoeira e Juqueri, (Fig. 2) citados pela ordem de distância crescente de São Paulo, e terão por finalidade regularizar as vazões naturais para permitir a reversão de parte do volume disponível para São Paulo, e ao mesmo tempo assegurar uma descarga para jusante suficiente para satisfazer condições sanitárias apropriadas.

Como locais de controle destas condições foram escolhidos o rio Piracicaba, para o qual convergem as águas dos rios Atibainha, Cachoeira e Jaguari, na altura da cidade de Piracicaba, onde deverá ser mantida uma descarga mínima de 40 m³/s, e um ponto do rio Atibaia, formado pelos rios Atibainha e Cachoeira, acima da cidade de Paulínia, onde a descarga não deverá ser inferior a 15 m³/s.

(*) Engenheiro Civil pela Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo e Master of Science pela State University of Iowa (U.S.A.).

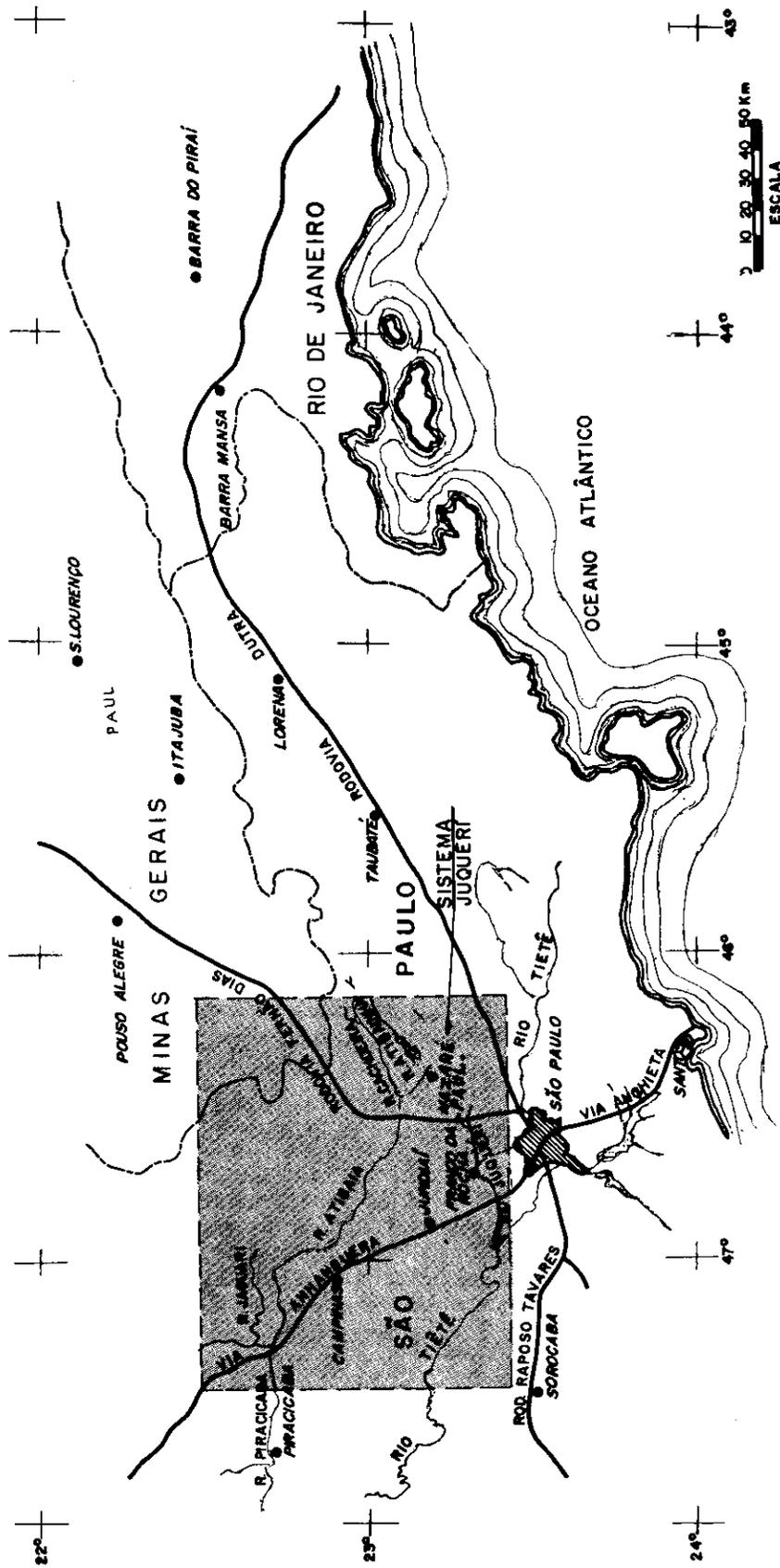
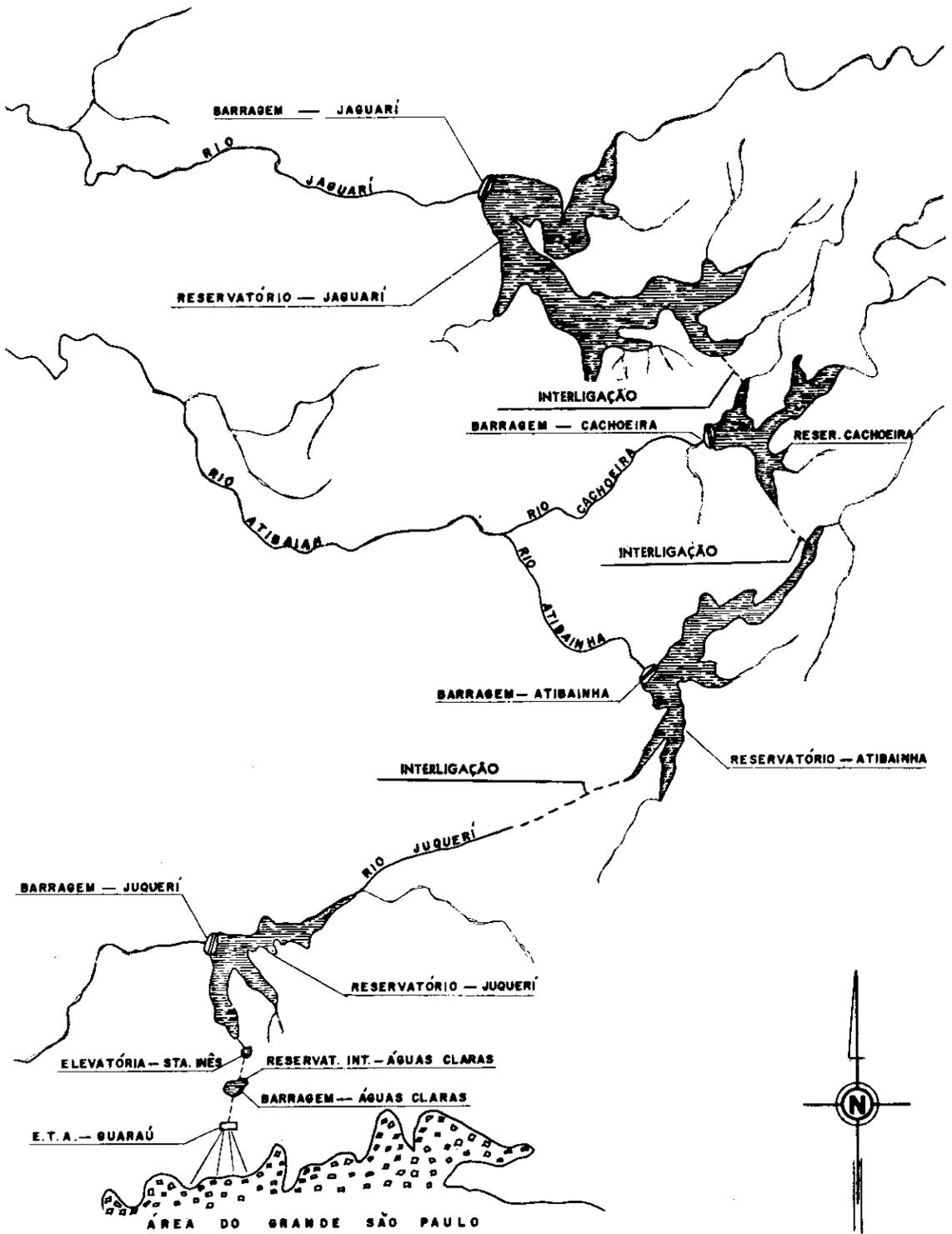


Fig. 1



— SISTEMA JUQUERI —
 ESCALA 1: 250.000

Fig. 2

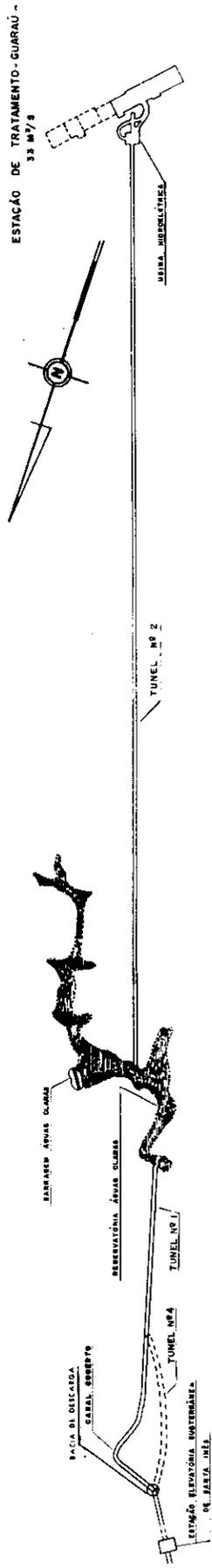
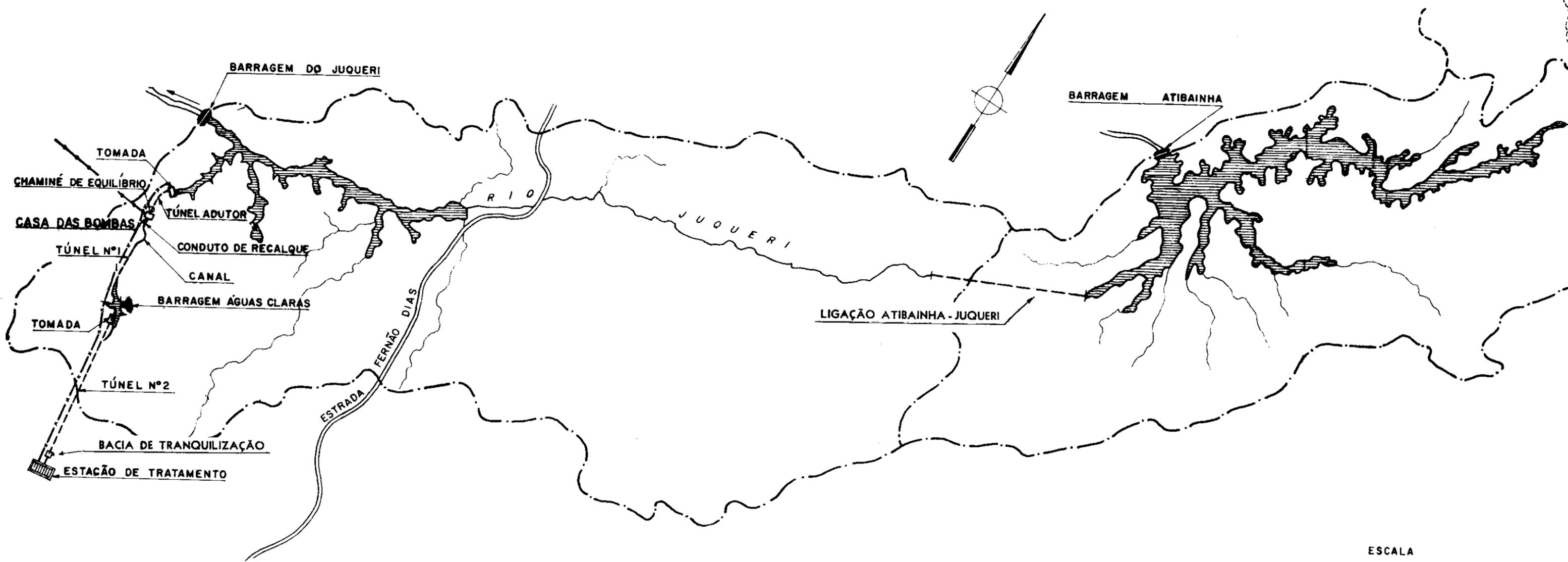


Fig. 5

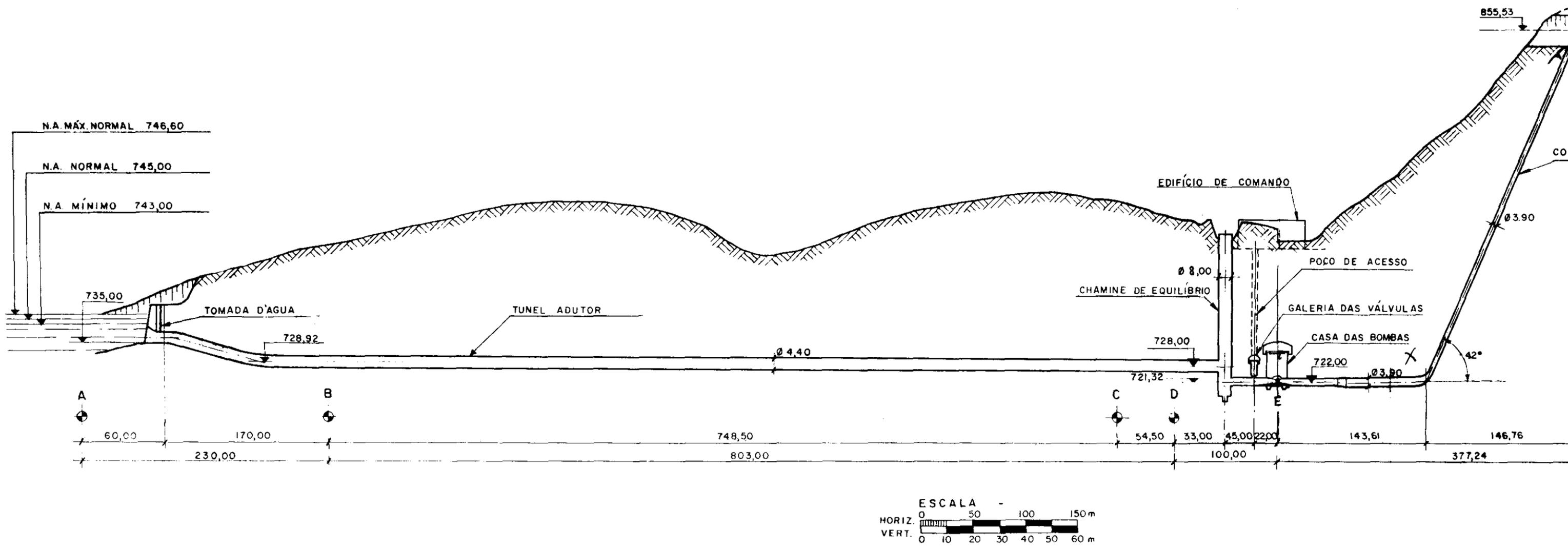


ESCALA
0 1 2 3 4 5 Km.

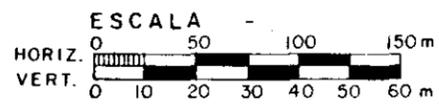
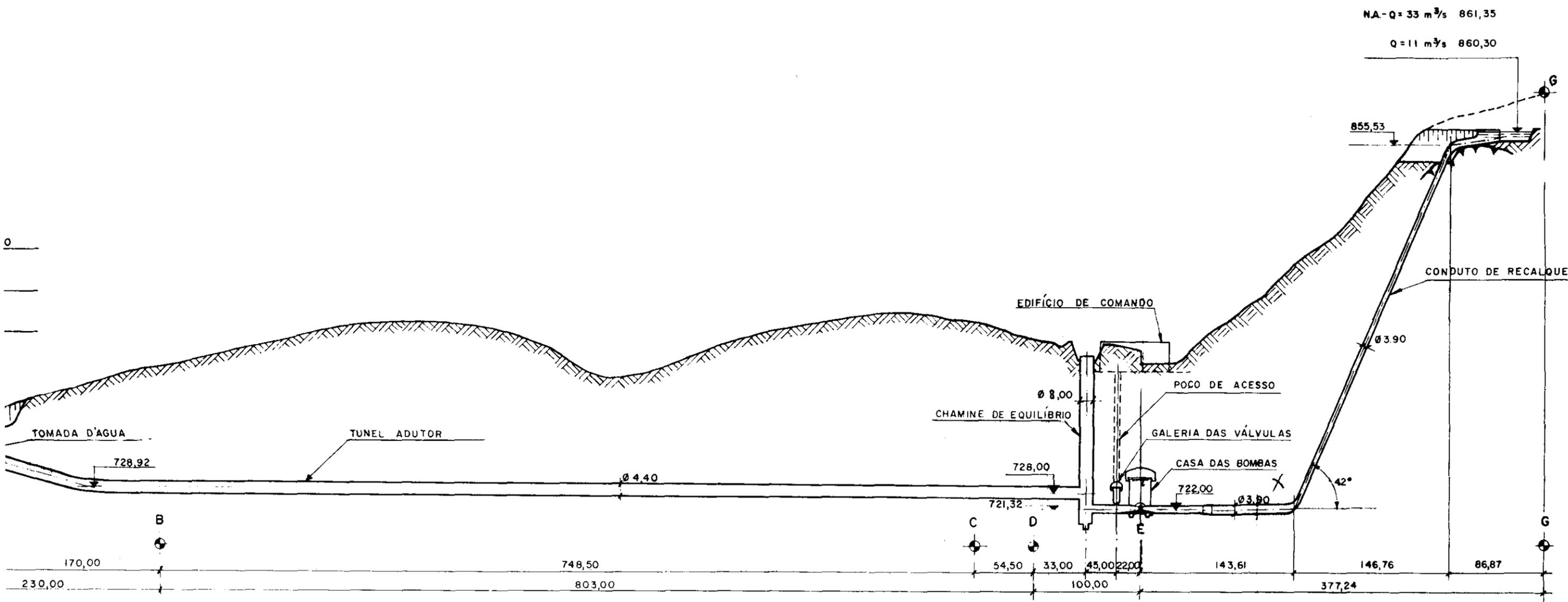
Fig. 3

NA-Q = 33 m³

Q = 11 m³



Túnel Adutor e Estação de Recalque
Fig. 4



Túnel Adutor e Estação de Recalque
Fig. 4

Este último ponto de controle é tomado em consideração por ser o local aonde vem ter o esgoto da cidade de Campinas.

Resultará concomitantemente como um benefício adicional o controle de cheias no trecho de rio logo à jusante das barragens, como consequência do amortecimento das enchentes originadas nas bacias situadas acima das barragens.

OBRAS NO RIO JUQUERI

Está sendo construída no rio Juqueri, em local 4,5 km a leste da cidade de Franco da Rocha, uma barragem de terra com a altura de 22 m, que se desenvolve em planta em forma de arco de círculo abrangendo cerca de 55°, com um comprimento na crista de 195 m (Fig. 6).

Para a evacuação de cheias foi projetado um vertedor dividido em dois vãos, cada um deles munido de uma comporta setor comandada à distância, que permitirá operar o reservatório com uma variação de nível d'água pequena. O vertedor está projetado para uma descarga de 245 m³/s. As águas vertidas são encaminhadas por um túnel com 4,50 m de diâmetro até a bacia dissipadora localizada a jusante da barragem, sendo depois restituídas ao leito do rio por um canal de cerca de 50 m de comprimento. Além desse descarregador principal, um descarregador de emergência, do tipo fusível, será construído na ombreira esquerda, para fazer face a enchentes excepcionais.

Para a construção da barragem, as águas do rio são desviadas por um canal que avança em direção à ombreira direita, prosseguindo por um túnel de 2,50 m de diâmetro que se conecta com o túnel do descarregador de cheias.

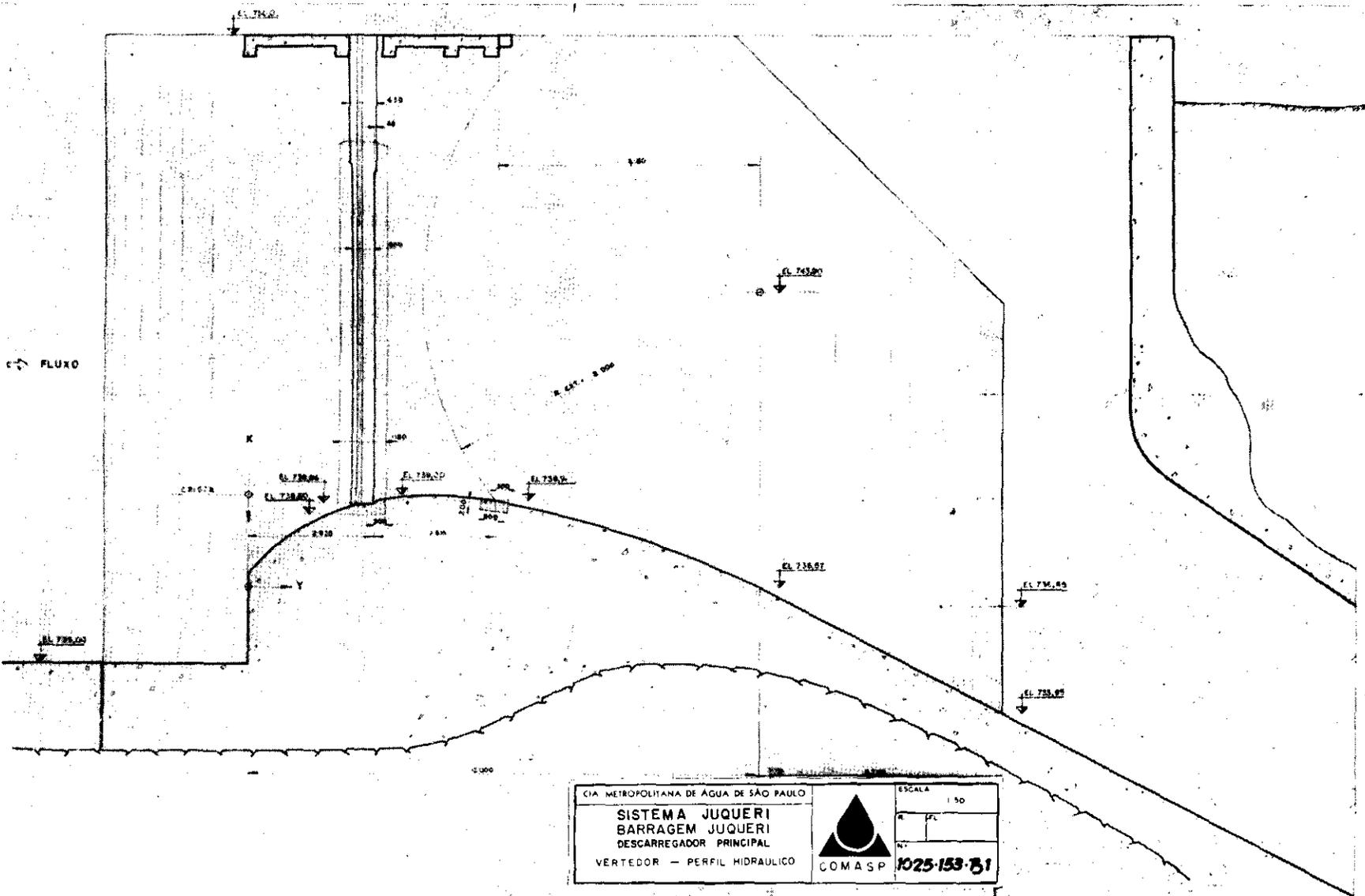
O lago formado acumulará um volume normal de 36×10^6 m³ de água e apresentará uma superfície com área de 5,5 km². Estima-se em 4,3 m³/s a média anual da vazão natural do rio no local da barragem. O reservatório permitirá obter-se a vazão regularizada de 2,8 m³/s, da qual 1,8 m³/s serão revertidos para abastecimento e o restante será descarregado para jusante.

De um braço do reservatório que avança pelo Ribeirão Sta. Inês parte um túnel com diâmetro de 4,40 m e comprimento de 1006 m, que conduz todo o volume de água fornecido pelo sistema a uma estação de recalque subterrânea (Figs. 3 e 4). Essa estação eleva a água cerca de 116 m para vencer a Serra da Cantareira, que corre no sentido geral leste-oeste, logo ao norte de São Paulo.

A estação contará, na etapa final, com quatro bombas centrífugas de dupla aspiração e eixo horizontal, cada uma para 11 m³/s, acionadas por motores síncronos de 20.000 hp a 720 rpm.

A instalação dessas bombas far-se-á escalonadamente. De início serão instaladas bombas, para fazer face à capacidade inicial do sistema (11 m³/s), sendo depois instaladas as bombas restantes que possibilitarão atender à vazão total do sistema, com uma unidade destinada a servir de reserva.

A repressão do fenômeno do golpe de ariete no túnel adutor, provocado pela parada súbita das bombas por falta de energia elétrica, é conseguida mediante a inclusão de uma chaminé de equilíbrio 67 m a montante das bombas e ligada a estas por condutos de sucção individuais (Figs. 4 e 8). A chaminé será cilíndrica com 8,0 m de diâmetro e 64 m de altura, e disporá de um estrangulamento em sua base para um maior amortecimento da oscilação do nível d'água em seu interior. Depois de recalçada a água avançará, numa primeira fase, por um canal retangular com 900 m de extensão e em seguida através de um outro túnel de 800 m de comprimento (Túnel n.º 1) até um pequeno reservatório intermediário (Reservatório de Águas Claras — Figs. 3 e 5). Esse túnel tem seção excavada em forma semelhante a ferradura, composta de um retângulo encimado por uma semi-circunferência, com área da ordem de 19,6 m², e o escoamento através dele se fará com superfície livre. Como o canal será coberto ao longo



CIA. METROPOLITANA DE AGUA DE SÃO PAULO		ESCALA 1:50	
SISTEMA JUQUERI BARRAGEM JUQUERI DESCARREGADOR PRINCIPAL		R.	FL.
		N.	
VERTEDOR - PERFIL HIDRAULICO		 COMASP	
		1025-153-71	

de seus derradeiros 850 m, a sua cobertura não suportaria a pressão interna que seria gerada pela vazão final do sistema, assim, numa segunda fase, o canal coberto será substituído por um novo túnel (Túnel n.º 4) a fim de aumentar-se a capacidade de adução para os 33 m³/s pretendidos.

O reservatório intermediário, além de elemento de passagem, servirá também para manter um suprimento contínuo de 33 m³/s de água à estação de tratamento durante três horas, no caso de parada da estação de recalque. Será criado por uma pequena barragem de terra de 15 m de altura e 70 m de comprimento na crista, inundando uma área de 0,18 km². Depois do reservatório intermediário a água segue por outro túnel (Túnel n.º 2) de secção circular com área de 15,9 m², tendo 4.700 m de comprimento, que a transportará até as imediações da Estação de Tratamento do Guaraú (Fig. 5).

Entre o fim do último túnel e a estação de tratamento há um desnível topográfico de cerca de 15 m que será aproveitado para a instalação futura de uma pequena usina hidroelétrica (Fig. 10), cuja energia será utilizada para o funcionamento da estação de tratamento. A usina contará com duas turbinas tipo Kaplan e produzirá 4.200 Kw. Antes da instalação das turbinas, numa etapa ulterior, as águas serão conduzidas através dos órgãos de derivação até a bacia de tranquilização que alimenta a estação de tratamento.

OBRAS DO RIO ATIBAINHA

As obras nesse rio, como as nos demais rios mais afastados, encontram-se em fase de projeto básico. As concorrências de execução já foram lançadas e a construção deverá iniciar-se até setembro p.f.. Dispõe-se de informações hidroológicas sobre o Rio Atibainha e rios de bacias próximas desde longa data. Foi portanto possível avaliar-se o deflúvio natural do rio, no local da barragem, durante uma longa série de anos iniciando-se em 1912. Os deflúvios médios mensais máximo e mínimo foram 22,4 m³/s e 2,1 m³/s. O deflúvio médio para todo o período foi de 6,4 m³/s.

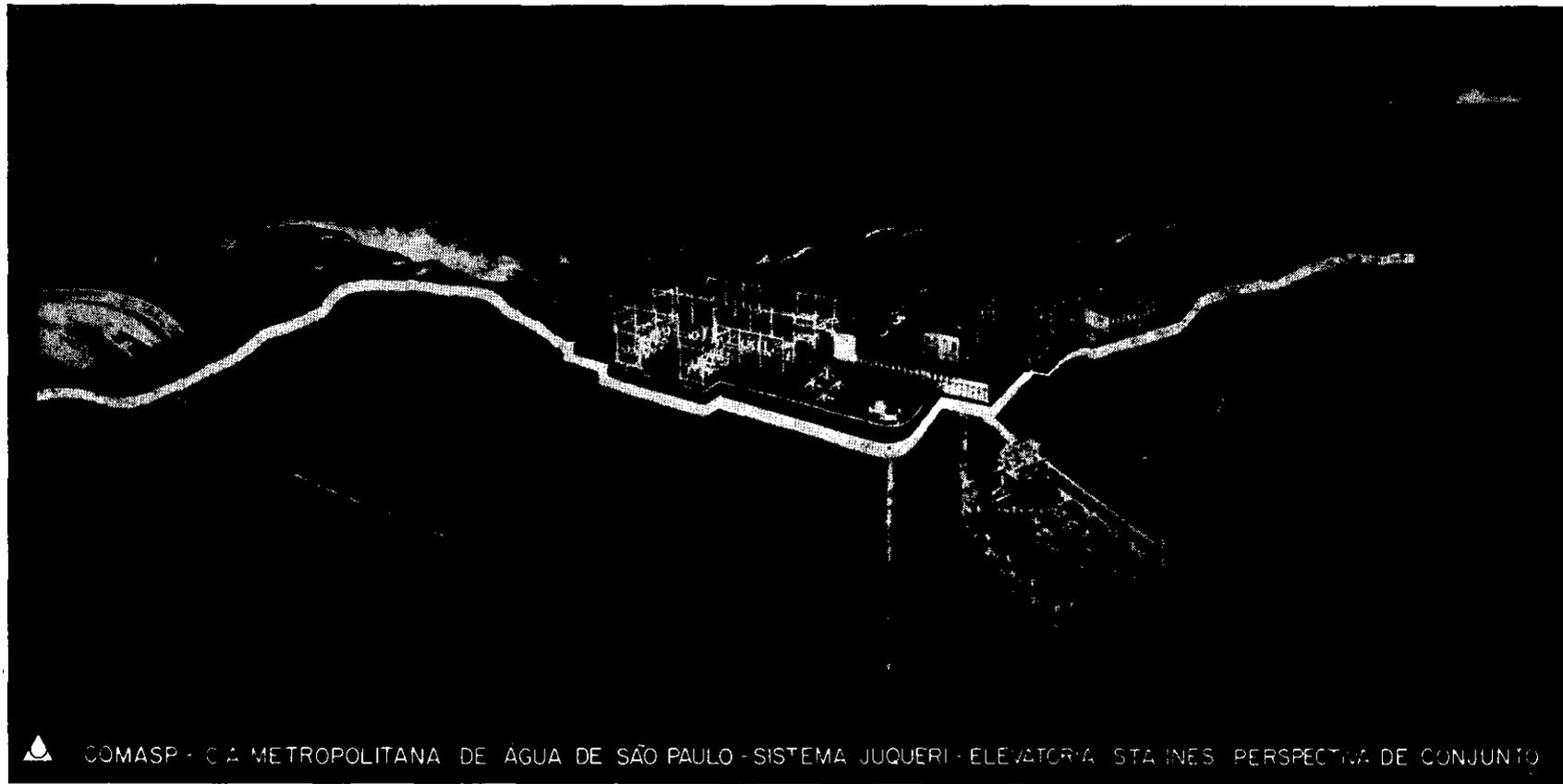
O reservatório criado no Rio Atibainha conterà um volume de 289×10^6 m³ d'água quando cheio, e permitiria regularizar uma vazão de 5,0 m³/s independentemente da condição de ir trabalhar em paralelo com outros reservatórios do sistema. A superfície do lago cobrirá uma área de 20,7 km².

O represamento das águas será feito com uma barragem de 39 m de altura e comprimento de 430 m na crista, construída defronte à cidade de Nazaré Paulista. O maciço da barragem será de terra compactada e o seu volume será de 1.150.000 m³. Este tipo de barragem resultou o mais econômico, embora o material para o maciço irá ter que ser obtido de duas áreas de empréstimo principais relativamente distantes, uma delas localizadas a 3,5 km e a outra, aliás a de maior volume, a cerca de 6 km da própria barragem.

A existência de pedreiras aproveitáveis também só se verifica a razoáveis distâncias das obras, podendo-se seguramente contar com uma localizada a 9 km e consistindo de uma lage de pedra à flor da terra, e eventualmente com outras três a 6 km, 4 km, e 3 km de distância, desde que a espessura do seu capeamento não as torne anti-econômicas.

O desvio do rio será feito através de uma galeria de concreto armado de 3,0 m, cuja descarga máxima durante a construção foi estabelecida em 30 m³/s. Essa galeria estender-se-á ao longo do pé da ombreira direita e ficará parcialmente encravada na rocha, que nesse local se encontra praticamente rasante com o leito do rio e subindo para o interior da ombreira.

A galeria de desvio será depois integrada ao órgão descarregador de cheias, que consistirá dessa própria galeria e de um duto vertical com 3,0 m de diâmetro encimado por um vertedor do tipo tulipa. Comparada com um vertedor de om-



COMASP - CIA METROPOLITANA DE ÁGUA DE SÃO PAULO - SISTEMA JUQUERI - ELEVATORIA STAINES - PERSPECTIVA DE CONJUNTO

Fig. 8

breira, destacado da barragem, esta solução resulta cerca de 6 vezes menos dispendiosa.

A enchente adotada para o projeto têm um pico de vazão de 316 m³/s e uma duração de cerca de 84 horas, e sua determinação tomou como ponto de partida a pior condição de pluviosidade possível na bacia vertente. De passagem, essa condição correspondeu à chuva com período de recorrência de 1000 anos decorrente dos métodos usuais de extrapolação de curvas de frequência.

Do amortecimento da enchente no reservatório resulta finalmente a extravazão máxima de 71 m³/s pelo vertedor-tulipa.

A altura de 2,0 m de revanche da crista da barragem acima do nível máximo maximorum, atingido por ocasião de uma enchente de projeto, confere tal segurança à obra que mesmo uma superveniente onda de cheia um pouco maior que a primeira enchente seria amortecida e encaminhada para jusante sem perigo de extravazamento d'água por cima da barragem. Esse fato afastou a necessidade de construir-se um vertedor de emergência.

Finalmente, a barragem contará com órgãos para a veiculação e controle da vazão a ser normalmente lançada a jusante para atendimento das condições sanitárias da bacia mencionadas anteriormente.

A transferência das águas, recolhidas para abastecimento na parte do Sistema Juqueri situada deste reservatório para cima, será feita através de um túnel partindo do Reservatório Atibainha e desembocando no Rio Juqueri, num ponto bem a montante do Reservatório Juqueri.

O túnel terá cerca de 4,5 km de extensão e área transversal de 15 m². Entre o desemboque do túnel e o leito do rio haverá um canal evacuador de seção trapezoidal e comprimento da ordem de 6 km. Esses elementos de interligação serão projetados para a capacidade de 31 m³/s.

OBRAS NO RIO CACHOEIRA

O Cachoeira é um rio de porte maior que os dois anteriores. Seus deflúvios médios mensais, estimados para o local da barragem a partir de 1912, vão desde 3,1 m³/s até 37,9 m³/s com uma média de 9,8 m³/s para todo o período de observações disponíveis.

Suas águas serão represada por um barragem de terra compactada com 33 m de altura e 270 m de comprimento no seu coroamento. O volume de água armazenado na condição de reservatório cheio será de 105,8 × 10⁶ m³, e a superfície do lago terá 9,9 Km². Considerado independentemente, esse reservatório regularizaria a vazão firme de 6,7 m³/s.

As condições geológicas no local desta barragem são ainda mais favoráveis para a solução em maciço de terra do que as que se verificaram no Reservatório Atibainha, porquanto áreas de empréstimo com suficiente volume de argila de boa qualidade encontram-se a pouca distância das obras.

Como no caso anterior, essa barragem disporá de órgãos para descarga e controle da vazão a ser deixada para jusante, e de um vertedor de cheias do tipo tulipa. A onda da enchente, prevista conforme o critério já mencionado, apresenta um pico de vazão de 406 m³/s e duração de cerca de 100 horas. Cálculos preliminares de propagação dessa cheia, indicam que a vazão máxima a ser descarregada pelo vertedor é da ordem de 160 m³/s.

A interligação entre os reservatórios Cachoeira e Atibainha deverá permitir a passagem de 30 m³/s de água, e consistirá de um túnel e de dois canais, um partindo do reservatório mais elevado e chegando até a entrada do túnel e o outro começando no portal de jusante do túnel e desembocando no Reservatório



ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE AGUA DO GUARAÚ

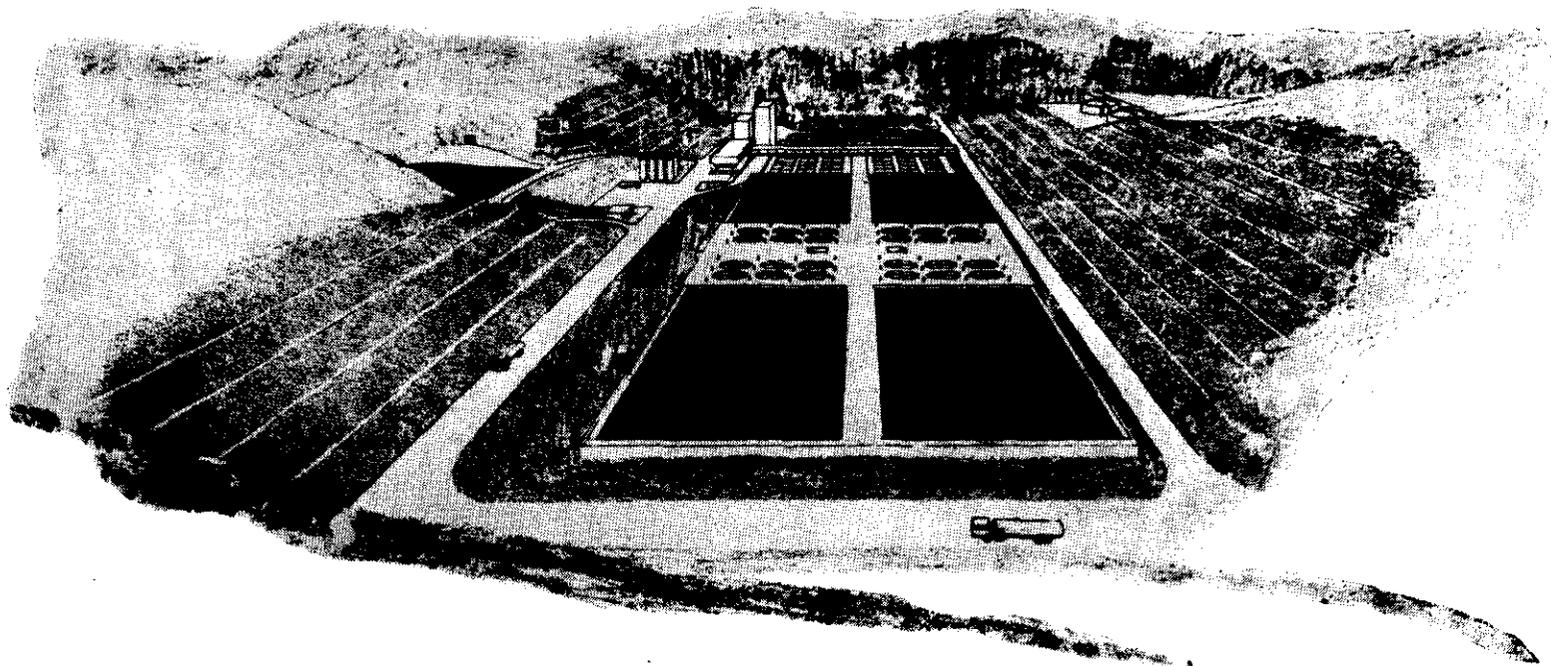


Fig. 9

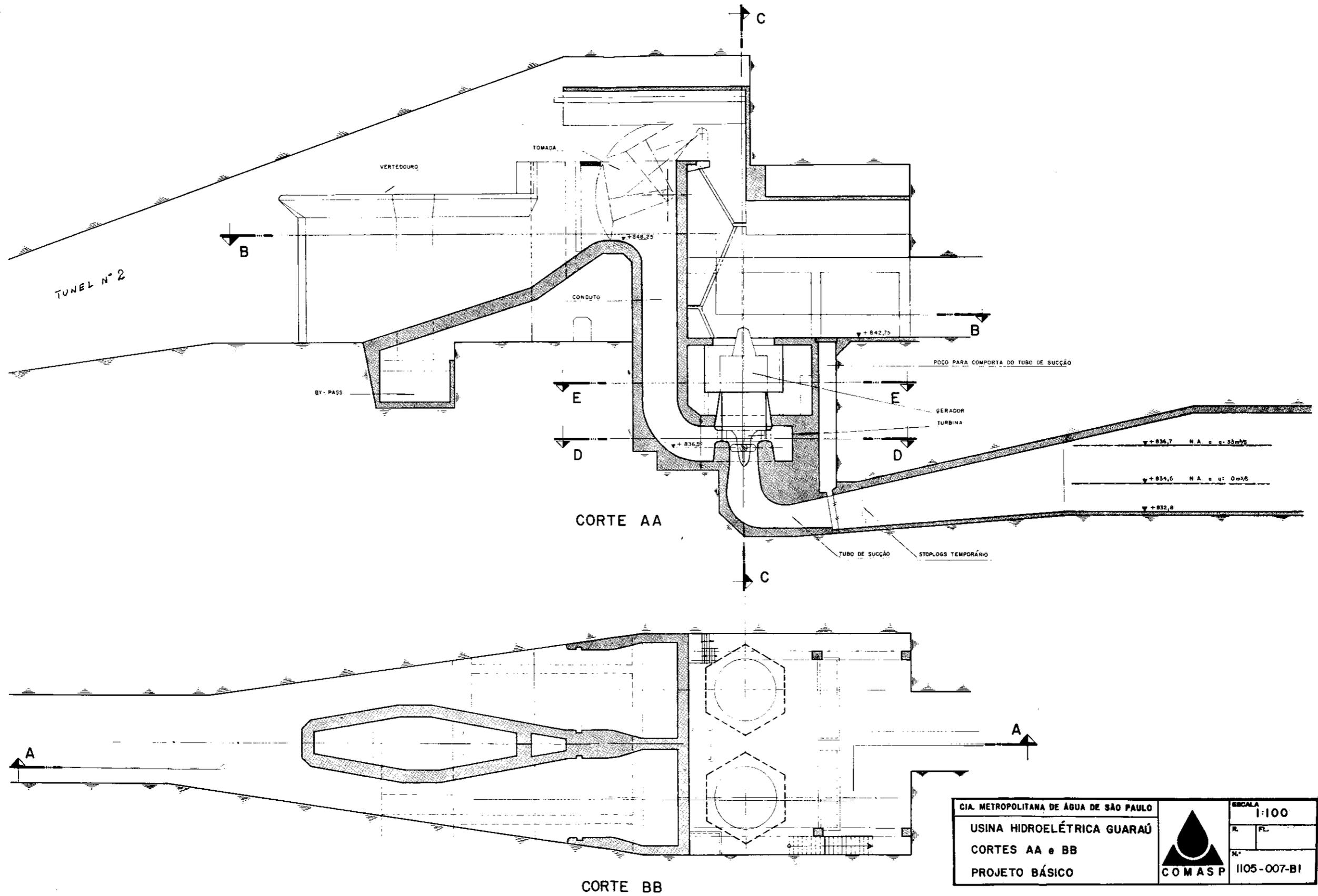


Fig. 10

Atibainha. Os canais terão secção trapezoidal e comprimentos da ordem de 1300 m e 900 m. O túnel terá comprimento de 3,0 km e secção transversal com área de 12 m².

OBRAS NO RIO JAGUARI

O último reservatório pertencente ao Sistema Juqueri será formado no Rio Jaguari por meio de uma barragem de terra que se localizará próximo da confluência do Rio Jacareí, tributário daquele rio. Um trecho da Rodovia Fernão Dias será submergido e precisará de ser relocado, possivelmente com um novo traçado deslocado mais para oeste e para o norte do traçado atual.

O deflúvio médio mensal do Rio Jaguari, no local proposto para a barragem, variou entre 8,6 m³/s e 165,9 m³/s no período para o qual existem dados observados. O deflúvio médio para todo o período foi de 28,1 m³/s.

A barragem de terra projetada terá uma altura de cerca de 45 m e o comprimento do coroamento será de 720 m. O volume total do maciço deverá situar-se em torno de 3×10^6 m³. O desvio do rio durante a construção far-se-á através de um túnel na ombreira direita, cujo comprimento será de 470 m e cuja área da secção transversal será de 33 m².

Para a extravazão de cheias será construído um vertedor tipo livre, sobre a ombreira direita, projetado para a vazão de 380 m³/s resultante do amortecimento de uma onda de enchente com pico de 1377 m³/s e duração de 130 horas, em sua passagem pelo reservatório. O reservatório cheio conterá um volume d'água de 970×10^6 m³ e sua superfície cobrirá a área de 60 km². A vazão regularizada possível de obter-se com este reservatório, independentemente do funcionamento dos demais, seria de 21 m³/s.

Em virtude da operação conjunta dos reservatórios do sistema, a interligação do Reservatório Jaguari ao Reservatório Cachoeira deverá ter capacidade para a descarga de 25 m³/s. Essa interligação constará de um túnel e canais adutores com um comprimento total de cerca de 8 km, cuja repartição entre trecho em túnel e trecho (ou trechos) em canal será feita com base em estudo econômico, por ocasião de um projeto mais detalhado dessa ligação.

TRATAMENTO DA ÁGUA

ESCALONAMENTO DA EXECUÇÃO DAS OBRAS

Conforme já referido, a barragem do Rio Juqueri, a estação de recalque (Fig. 8), os túneis, canais e demais órgãos integrantes do sistema de adução até a Estação de Tratamento do Guaraú (Fig. 9), já estão sendo construídos. A estação de tratamento teve sua construção iniciada há pouco tempo, tendo sido executados os trabalhos preliminares de preparo do terreno.

Serão iniciadas brevemente as obras das barragens Atibainha e Cachoeira e as obras de interligação que alcançam até esta última barragem. Será também iniciada a construção das obras civis da usina geradora de eletricidade, deixando-se, porém, a instalação de seus grupos turbo-geradores para a etapa seguinte. Esse conjunto de obras consubstancia a primeira etapa executiva do Sistema Juqueri, cuja conclusão está programada para os últimos dias de 1970. Quando isto ocorrer, a cidade de São Paulo passará a contar com 11 m³/s adicionais de água para o seu consumo.

A etapa final, consistindo das obras da Barragem Jaguari, da interligação Jaguari-Cachoeira, e da montagem da última bomba na estação de recalque e das turbinas e geradores da usina elétrica, deverá estar terminada por volta de 1975, funcionando então o Sistema Juqueri com sua plena capacidade de reversão de 33 m³/s.