
Etapa Jaguari do Sistema Cantareira

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO

Foi inaugurada no dia 9 de maio de 1982 pelo Governador do Estado de São Paulo, engenheiro Paulo Salim Maluf, a Etapa Jaguari do Sistema Produtor Cantareira, constituída pelas barragens dos rios Jacareí e Jaguari, que formam um enorme reservatório com volume total de mais de um bilhão de metros cúbicos interligado por um túnel ao restante do Sistema Cantareira, em plena operação, e que possibilitará aduzir mais 22 m³/s de água para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, beneficiando uma população da ordem de 5,9 milhões de habitantes.

1. O SISTEMA PRODUTOR CANTAREIRA

Denomina-se Sistema Produtor Cantareira o conjunto de obras destinadas a captar as águas dos rios Jaguari, Jacareí, Cachoeira, Atibainha e Juquerí, conduzi-las, por bombeamento, através da Serra da Cantareira, e submetê-las a tratamento para abastecimento público na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP. Após o tratamento das águas são aduzidas por um conjunto integrado de adutoras, denominado Sistema Adutor Metropolitano – SAM, aos reservatórios setoriais de distribuição e daí às redes locais. Dos 37 municípios que compõem a Região Metropolitana de São Paulo e que consomem atualmente 36 m³/s, 28 são

abastecidos através deste Sistema Integrado.

O aproveitamento das águas do Sistema Cantareira para abastecimento da RMSP foi objeto de inúmeros estudos, cuja evolução histórica é apresentada resumidamente a seguir. Em 1966 o antigo DAE – Departamento de Águas e Esgotos desenvolveu o então chamado Projeto Juquerí, com capacidade final fixada em 17 m³/s, tendo nessa ocasião iniciado as primeiras obras de barramento no rio Juquerí e os túneis adutores.

Em 1967 constatou-se a possibilidade de aumentar a capacidade de adução do Sistema para 22 m³/s, através de algumas reformulações do projeto original.

Em 1968, o “Plano de Desenvolvimento Global dos Recursos Hídricos das Bacias do Alto Tietê e Cubatão” – Plano HIBRACE – elaborado para o DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica, fixou a capacidade final do Sistema em 33 m³/s, ampliando a vazão revertida dos rios Jaguari e Jacareí.

Os principais elementos constituintes do Sistema Produtor Cantareira são os seguintes:

– Barragens Jacareí e Jaguari, reservatório Jaguari-Jacareí e canal de ligação: concluídos e em fase de enchimento do reservatório.

- Ligação Jacareí-Cachoeira (Túnel 7).
- Barragem e reservatório do rio Cachoeira.
- Ligação Cachoeira-Atibainha (Túnel 6).
- Barragem e reservatório do rio Atibainha.
- Ligação Atibainha-Juquerí (Túnel 5).
- Barragem Paiva Castro e reservatório do rio Juquerí.
- Túnel adutor da elevatória (Túnel 3).
- Estação Elevatória Santa Inês.
- Ligação Elevatória – reservatório de Águas Claras (Túneis 1 e 4).
- Barragem e reservatório de Águas Claras.
- Ligação Águas Claras – ETA Guaraú (Túnel 2).
- Estação de Tratamento de Água do Guaraú.

Todas as obras acima estão em operação, encontrando-se em fase de ampliação de 22 m³/s para 33 m³/s a Estação Elevatória de Santa Inês e a ETA do Guaraú.

A figura 1 mostra esquematicamente o Sistema Produtor Cantareira.

2. A ETAPA JAGUARI – DESCRIÇÃO

A Etapa Jaguari do Sistema Produtor Cantareira é caracterizada básica-

Figura 1

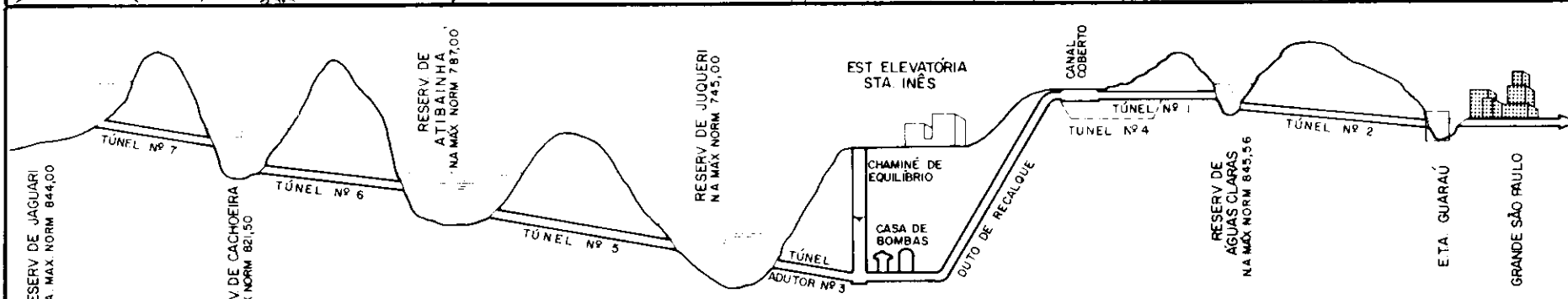
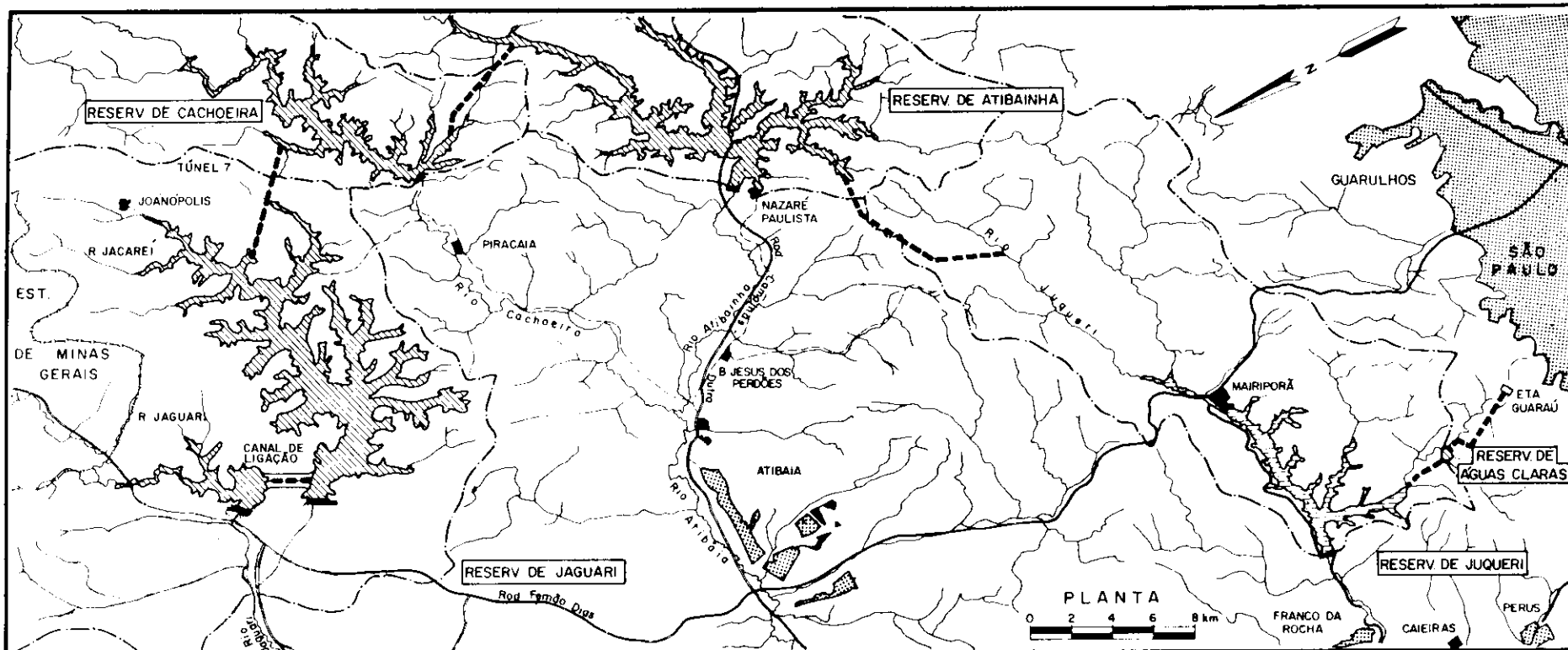


FIGURA 1

N.º	DATA	REVISÃO	POR	APR.	DATA	DES. DE REFERÊNCIA	NÚMERO	NOTAS

APROVAÇÕES				dia de saneamento básico do estado de são paulo	
				DATA	
AVELLAR	DES.	VER	COORDENADORA	DES.	
				PROJ.	
MARÇO / 76			APROV. CNEC	VISTO	
DATA			NÚMERO	APPROV.	

		PROJETO JAGUARÍ SISTEMA CANTAREIRA PLANTA GERAL E PERFIL ESQUEMÁTICO	ESC. INDICADA R.º FL. 5 N.º D - 6648
--	--	---	---

mente pelo barramento dos rios Jaguari e Jacareí, ambos pertencentes à bacia do rio Piracicaba, e pela reversão das suas águas para o reservatório do rio Cachoeira através de um túnel de interligação denominado Túnel n.º 7. Esta etapa é responsável pela regularização de 22 m³/s de água para abastecimento, que somados aos 11 m³/s já disponíveis perfazem a capacidade final de 33 m³/s do Sistema Cantareira.

A seguir serão descritas as unidades componentes da Etapa Jaguari e adiante destacados aspectos de seu dimensionamento e efeitos ambientais.

2.1 – BARRAGEM DO JAGUARI

A barragem situa-se no município de Bragança Paulista, numa região conhecida pelo nome de Fazenda Recanto, pouco a montante do ponto onde o rio Jaguari cruza a rodovia Fernão Dias, que liga São Paulo a Belo Horizonte.

O barramento compreende barragem de terra, vertedor em três vãos, tipo Creager, dotado de comportas setor implantado na ombreira direita, em estrutura independente da barragem, e órgãos de descarga para manutenção das vazões necessárias a jusante.

A barragem é em maciço de terra compactado, com seção transversal homogênea, provida de sistemas de drenagem interna e externa. Para sua fundação foi executado um "cut-off" após a remoção da camada de aluvião existente. Os dados físicos da obra são os seguintes:

Barragem Jaguari

Tipo: Terra, com eixo curvo

Cota da Crista: 847,00 m

Comprimento da Crista: 860 m

Largura da Crista: 10 m

Altura máxima: 62 m

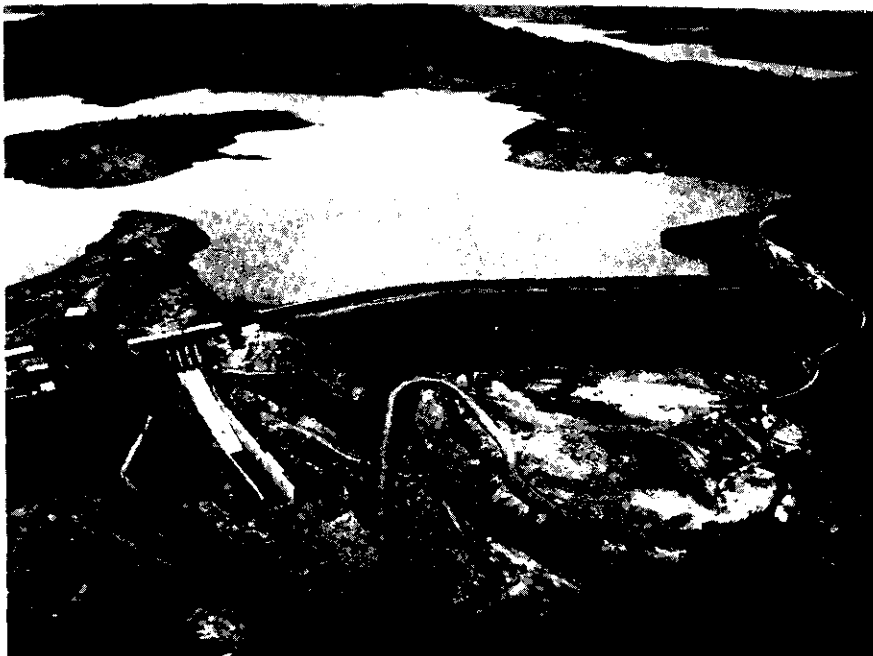
Volume de aterro compactado: 3.950.000 m³

Escavações: 2.170.000 m³ sendo 940.000 m³ em solo, 535.000 m³ em turfa e 1.695.000 m³ em rocha, na área do vertedor.

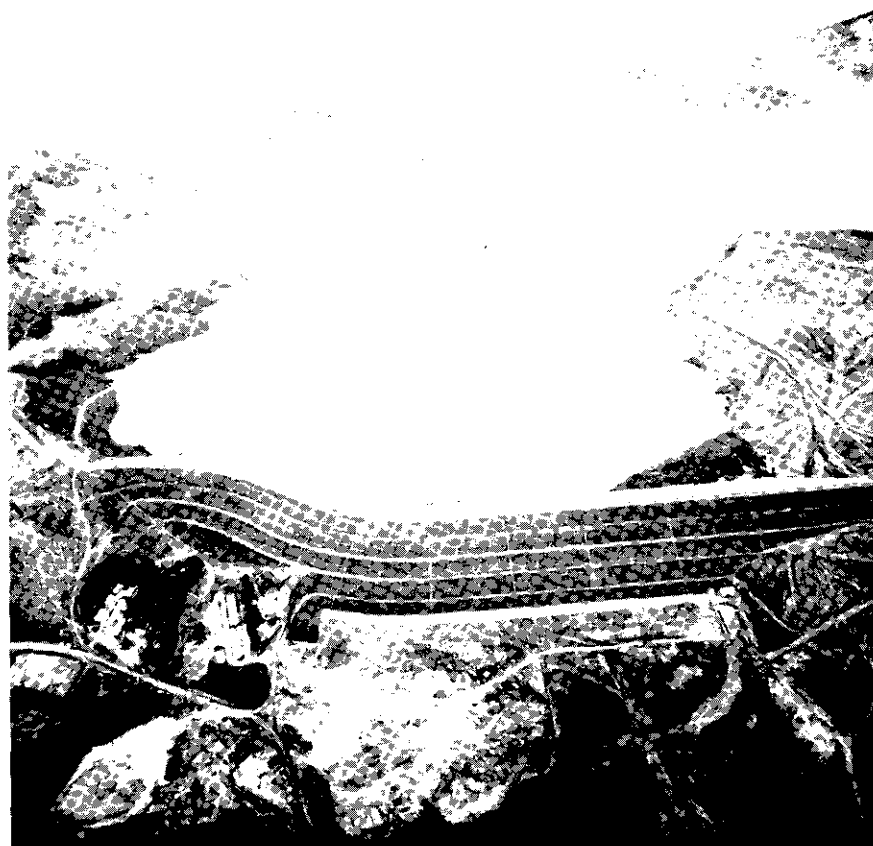
Vertedor: Tipo Creager, soleira na cota 835,00 m, comprimento 250 m.
 – Comportas: 3 unidades de 6 m x 9 m
 – Capacidade: 1240 m³/s.

2.2 – BARRAGEM DO JACAREÍ

Esta barragem também está situada no município de Bragança Paulista, a montante do local onde o rio Jacareí, afluente do rio Jaguari, é atravessado pela rodovia Fernão Dias.



Barragem do Jaguari



Barragem do Jacareí

O barramento compreende barragem de terra e órgão de descarga para manutenção das vazões mínimas a jusante.

A barragem do Jacareí é estruturalmente muito semelhante à do Jaguari. Para sua fundação também foi executado um "cut-off", após a remoção do aluvião, que se estende por toda a várzea do rio. Os dados físicos da obra são os seguintes:

Barragem Jacareí

Tipo: Terra, com eixo em forma de "S" alongado

Cota da crista: 847,00 m

Comprimento da crista: 1320 m

Largura na crista: 10 m

Altura máxima: 62 m

Volume de aterro compactado: 5.540.000 m³

Escavações: 2.610.000 m³, sendo 1.350.000 m³ em solo e 1.260.000 m³ com drag-line.

Vertedor: Não tem. O órgão de se-

gurança é o vertedor na barragem do Jaguarí.

2.3 – CANAL DE LIGAÇÃO

O Canal de ligação entre os reservatórios é escavado numa sela topográfica existente no divisor de águas entre a bacia do rio Jaguarí e a sub-bacia do rio Jacareí, e próximo aos barramentos citados.

O canal tem um traçado predominantemente retilíneo, com duas curvas nas extremidades; é escavado parcialmente em terra e na parte central, em terra e rocha. A seção transversal é trapezoidal com bermas horizontais de 3 m de largura para cada 10 m de altura.

Os principais dados físicos do canal são:

Canal de Ligação
 Seção: Trapezoidal
 Largura da base: 10 m
 Profundidade máx. de escavação: 40 m
 Comprimento: 640 m
 Cota do fundo: 817,50 m
 Volume de escavação: 856.500 m³, sendo 695.000 m³ em solo e 161.500 m³ em rocha.

2.4 – RESERVATÓRIO JAGUARÍ-JACAREÍ

Os barramentos dos rios Jaguarí e Jacareí formam dois reservatórios parciais que se fundem num único, pela existência do Canal de Ligação, já mencionado, apresentado as características seguintes:

	Res. Jaguarí	Res. Jacareí	Reservatório Jaguarí/Jacareí
Nível máx. máximo (m)	845,00	845,00	845,00
Nível máx. normal (m)	844,00	844,00	844,00
Nível mín. operacional (m)	822,00	822,00	822,00
Volume útil (10 ⁶ m ³)	95	688	783
Volume morto (10 ⁶ m ³)	45	210	255
Volume total (10 ⁶ m ³)	140	898	1038
Área da bacia contribuinte (km ²)	1057	195	1252
Área do reservatório (km ²)	7	58	65
Vazão regularizada para abastecimento (m ³ /s)	18	4	22

2.5 – LIGAÇÃO JACAREÍ – CACHOEIRA

A transferência das águas acumuladas no reservatório Jaguarí-Jacareí para o reservatório do Cachoeira é feita através de um túnel, denominado Túnel nº 7.

O emboque de montante encontra-se no reservatório do Jacareí, num local denominado morro da Viúva, e em virtude de sua proximidade ao leito do rio praticamente dispensou a escavação de um canal de aproximação, o qual ficou restrito a um comprimento de 120 m, iniciando na cota 820,00 m e concordando com o emboque do túnel na cota 810,00 m.



Canal de Ligação



Tomada d'água seletiva do Túnel nº 7

O túnel propriamente dito tem declive constante no sentido Jacareí-Cachoeira e funciona afogado em toda sua extensão. O túnel se estende por 5885 m, apresentando em sua maior parte uma seção transversal do tipo ferradura, com 32 m².

O desemboque é constituído por uma estrutura de concreto com provisão para stop-logs, de modo a possibilitar o esvaziamento e inspeção do túnel. A soleira do desemboque es-

tá na cota 806,00 m seguindo-se um canal de descarga, trapezoidal, de cerca de 170 m de comprimento.

O controle da vazão através do túnel é feito numa estrutura de tomada d'água, dotada de 8 comportas do tipo vagão, dispostas numa torre de 47,5 m de altura, junto ao emboque do túnel no reservatório do Jacareí. As comportas operam aos pares e estão localizadas em quatro níveis distintos, permitindo a captação d'água na faixa

em que esta se apresenta com melhor qualidade; por este motivo a tomada d'água do túnel é dita Seletiva.

Os principais dados físicos do túnel são os seguintes:

Túnel nº 7

Comprimento: 5885 m

Seção: Ferradura, 32 m²

Volumes de escavação, incluindo emboque, desemboque e tomada:

Em terra: 1.010.100 m³

Em rocha: 229.100 m³

Concreto, incluindo revestimento e tomada d'água: 24.700 m³

Comportas na tomada d'água: 8 unid. de 1,6 m x 8m

3. A ETAPA JAGUARÍ – DIMENSIONAMENTO

3.1 – ALTERNATIVAS DE SOLUÇÃO ESTUDADAS

Tanto para o barramento do Jaguari como para a sua ligação com o reservatório do Cachoeira, apresentavam-se diversas alternativas de solução, cuja escolha foi objeto de exaustivos estudos.

Para o barramento do rio Jaguari foram consideradas duas possibilidades principais quanto a sua localização: ou uma só barragem, a ser implantada um pouco a jusante da confluência com o rio Jacareí ou duas barragens, uma em cada rio, a montante de sua junção, sendo neste caso os reservatórios interligados por um canal. Cada alternativa por sua vez foi objeto de análise de variantes, quanto a eixos possíveis de implantação dos maciços. Para a ligação deste reservatório com o de jusante (Cachoeira), apresentaram-se três alternativas principais de traçado, cuja escolha por sua vez seria, entre outras, função da profundidade mínima necessária.

Para a escolha da melhor alternativa do conjunto de obras, elaborou-se um estudo paramétrico do menor custo, em função simultânea do volume mínimo e do volume útil.

3.2 – DEFINIÇÃO DOS VOLUMES DO RESERVATÓRIO

Inicialmente procedeu-se a uma análise do nível mínimo do reservatório, entre os prováveis limites de sua variação, parametricamente ao volume

útil e ao custo das obras. As curvas assim obtidas mostraram que o seu valor ótimo estaria situado entre as cotas 819 e 823 m, para qualquer das alternativas de barramento e de interligação.

Como passo seguinte, cabia determinar o volume útil a ser alocado ao reservatório. Para isto desenvolveram-se novos estudos, dado ser este o fator mais significativo do custo da obra. O volume útil deveria atender simultaneamente a duas condições: garantia de vazões mínimas a jusante, em seções a serem determinadas, e reversão da vazão objetivo do Sistema, de 33 m³/s, para o abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo.

Os estudos das vazões mínimas a jusante consideraram o uso múltiplo da água nos aspectos de abastecimento das comunidades ribeiras, geração energética nas instalações existentes, irrigação e diluição de esgotos. Verificou-se serem 3 as seções críticas: na barragem propriamente dita, com vazão mínima de 1,0 m³/s; em Paulínia, no rio Atibaia, com 15 m³/s; e junto à cidade de Piracicaba, com 40 m³/s. O atendimento destas condições foi estabelecido como prioritário, mesmo sobre o objetivo de abastecimento da RMSP, que só seria atendido quando satisfeitas as condições de vazão mínima acima.

Com base nestes dados desenvolveu a SABESP um modelo matemático de simulação, concebendo uma regra otimizada de operação do sistema e utilizando os dados hidrológicos do período de 1940 a 1970, então disponíveis. Pôde-se, deste modo, determinar, através da exploração do modelo, as frequências de atendimento para sucessivos valores de volume útil alocado. Verificou-se que para o volume de 750 x 10⁶ m³, as condições de jusante estarão satisfatoriamente atendidas e que, o pequeno deficit resultante para o abastecimento, não justifica ser coberto, dado que os custos marginais necessários o tornariam anti-econômico.

A restituição aerofotogramétrica efetuada na etapa posterior, de projeto básico, permitiu a obtenção de uma curva cota-volume do reservatório mais precisa, mostrando ser de 783 x 10⁶

m³, o volume útil entre os níveis 822 e 844 m anteriormente fixados.

3.3 – A ALTERNATIVA ESCOLHIDA

Voltamos agora para a escolha das alternativas de barramento. A alternativa 1, que contemplava a execução de um só barramento a jusante da junção do Jacareí, implicaria em problemas de difícil quantificação econômica, como a necessidade de relocação da cidade de Vargem Paulista, os problemas decorrentes da relocação de longo trecho da rodovia Fernão Dias e interferências com o traçado da Ferrovia do Aço, entre outros. Por outro lado, o estudo dos custos da implantação mostraram que para volumes úteis acima de 600 x 10⁶ m³, a alternativa 2, de duas barragens, seria mais econômica. Este conjunto de fatores levou a SABESP à racional decisão de escolher a alternativa nº 2 (2 barragens) como solução a ser adotada.

4. A ETAPA JAGUARI – BENEFÍCIOS

A Etapa Jaguari permitirá manter, por um período que se estenderá até 1986 inclusive, um elevado padrão de atendimento na RMSP, tanto no que diz respeito ao índice de população abastecida – chegando a 92% da população total, quanto ao consumo per capita, estimado chegar a 323 l/h.dia. Esta ampliação significa um aumento de 22 m³/s na capacidade de abastecimento, passando de 31,6 para 53,6 m³/s, atendendo a um acréscimo de 5,88 milhões de pessoas.

Os benefícios proporcionados pela Etapa Jaguari, como previstos na época de seu planejamento (1976/77), podem ser visualizados no quadro ao lado.

5. A ETAPA JAGUARI – INVESTIMENTOS

O Quadro ao lado mostra os investimentos realizados na Etapa Jaguari do Sistema Cantareira, o montante investido nas demais unidades do Sistema e o que resta por aplicar nas últimas etapas da Elevatória Santa Inês e ETA-Guaraú, incluindo reservatório de água filtrada.

BENEFÍCIOS DA ETAPA JAGUARI

ANO	POPULAÇÃO ABASTECÍVEL TOTAL (hab)	DEMANDA TOTAL (m ³ /s)	QUOTA PER CAPITA (l/dia)	SISTEMA EXISTENTE		ETAPA JAGUARI						
				OFERTA (m ³ /s)	POPULAÇÃO ABASTECIDA EQUIVALENTE (hab)	DEFICIT DE POPULAÇÃO ABASTECÍVEL (hab)	POPULAÇÃO ABASTECIDA EQUIVALENTE (hab)	OFERTA (m ³ /s)	LIGAÇÕES NOVAS ACRÉSCIMOS ANUAIS			
									ÁREA ATUAL DE CONCESSÃO - ALT. I/II -	ÁREA - ALT. III -	TOTAL	
1978	10.212.300	32,3	273	31,6	10.000.000	215.300	-	-	-	-	-	-
1979	10.725.200	34,3	276	31,6	9.892.200	833.000	833.000	2,7	93.060	17.600	110.660	
1980	11.100.400	36,2	282	31,6	9.681.700	1.418.700	1.418.700	4,6	62.060	16.700	78.760	
1981	11.659.000	38,9	288	31,6	9.480.000	2.179.000	2.179.000	7,3	64.880	17.800	82.680	
1982	12.217.500	41,6	294	31,6	9.286.500	2.931.000	2.931.000	10,0	62.580	19.100	81.680	
1983	12.751.800	44,3	300	31,6	9.100.800	3.651.000	3.651.000	12,7	65.600	20.600	86.200	
1984	13.286.000	47,0	306	31,6	8.922.400	4.363.600	4.363.600	15,5	65.400	20.200	85.600	
1985	13.825.800	49,8	311	31,6	8.778.900	5.046.900	5.046.900	18,2	66.860	22.100	88.960	
1986	14.365.500	52,7	317	31,6	8.612.700	5.752.800	5.752.800	21,1	66.620	20.300	86.920	
1987	14.910.800	55,7	323	31,6	8.452.800	6.458.000	5.884.800	22,0	20.210	6.570	26.780	

* Deficit superior à oferta da Etapa Jaguarí indica que em 1987 haverá necessidade de uma nova fonte de produção.

Unidade	Investimento		
	UPC*	Cr\$ 1000	US\$ **
1ª Etapa do Sist. Cantareira (11 m ³ /s), até 1977	27.000.000	45.444.800	282.125.700
Etapa Jaguarí (+ 22 m ³ /s):			
- Barragem Jaguarí	6.014.800	10.123.800	62.849.500
- Barragem Jacareí	4.420.000	7.439.500	46.185.100
- Ligação Jacareí-Cachoeira (Túnel 7)	1.918.100	3.228.400	20.042.200
- Desapropriações	3.630.000	6.109.800	37.930.200
- Limpeza do Reservatório	1.346.200	2.265.800	14.066.300
- Sistema Viário	2.424.400	4.080.600	25.332.800
- Obras Complementares executadas e por executar	2.444.900	4.115.100	25.546.900
- Custos Administrativos e Financeiros	4.689.400	7.892.900	48.999.900
TOTAL Etapa Jaguarí	26.887.800	45.255.900	280.952.900
ETA-Guará, ampliação de 11 m ³ /s para 22 m ³ /s	5.000.000	8.415.700	52.245.500
Etapa Final Elevatória Santa Inês	433.300	729.300	4.527.600
Etapa Final da ETA-Guará 33 m ³ /s (incl. Reservatório)	6.597.000	11.103.700	68.932.800
TOTAL GERAL	65.918.100	110.949.400	688.784.500

* Unidade Padrão de Capital equivalente a Cr\$ 1.683,14 no 2º trimestre de 1982.

**1 US\$ = Cr\$ 161,08 em 20.05.82.