

Plano Geral de Regularização do Rio Paraíba Visando o Reerguimento Econômico do Vale — Aproveitamento Hidroelétricos

Conferência proferida no "INSTITUTO DE
ENGENHARIA DE SÃO PAULO"
a 8 de Novembro de 1962

por

ALFREDO BANDINI

Professor Catedrático da Escola de Engenharia
de São Carlos da Universidade de São Paulo —
Professor da Faculdade de Engenharia Indus-
trial da P.U.C. de São Paulo — Consultor
Técnico do Departamento de Águas e Energia
Elétrica, da Secretaria de Viação e Obras
Públicas do Estado de São Paulo.

Sr. Eng.º Frederico Abranches Brotero, Presidente do Instituto de Engenharia

*Sr. Eng.º Plínio de Queiroz, Presidente do Conselho Estadual de Águas e Energia
Elétrica, representando o Sr. Secretário de Viação e Obras Públicas*

*Sr. Eng.º Antonio Greff Borba, Superintendente do Serviço do Vale do Paraíba,
representando o Diretor Geral do Departamento de Águas e Energia
Elétrica.*

Minhas senhoras, senhores.

É com grande satisfação, que aceitei o convite, que o Ilustre Presidente dêste Instituto encaminhou ao Sr. Diretor Geral do D.A.E.E., para que eu proferisse uma conferência sôbre o aproveitamento do rio PARAÍBA.

E, isso, por três motivos:

primeiro, porque aos estudos relativos a êsse aproveitamento, dediquei muitos anos de trabalho, superando dificuldades, numerosas e variadas;

segundo, porque o assunto PARAÍBA, sempre exerceu um fascínio particular sôbre técnicos e políticos paulistas e de outros Estados do País, dando vida a manifestações públicas, em que brilharam a dialética e o espírito batalhador de abalizadas personalidades;

terceiro, porque teria a honrosa oportunidade de resumir, duma vez e com rigorosa objetividade, os multiformes aspectos do problema, nêste Egrégio Instituto, que todos consideramos, com legítimo orgulho, como o "Areopágos" da técnica de S. Paulo.

E, sem mais, iniciemos a nossa exposição.

I — INTRODUÇÃO

1. — GENERALIDADES

A bacia do Paraíba (FIGURA *a*) ocupa o espaço abrangido pelos paralelos de 20°26' e 23°38', quase tocando, no seu ponto mais meridional, o trópico de Capricórnio.

Do lado setentrional, a linha divisória da bacia hidrográfica coincide com a cumiada da Mantiqueira, enquanto, do lado sul, a mesma linha desenvolve-se ao longo da Serra do Mar, que se estende para a faixa oceânica com vertente íngreme.

A Bacia apresenta, portanto, a forma de uma superfície alongada, compreendida entre os meridianos de 3°08'W e 2°08'E do Rio de Janeiro, sendo a superfície total da Bacia de 57.000 *km*², assim distribuídos:

ESTADO	SUPERFÍCIE	
	<i>km</i> ²	EM % DO TOTAL
São Paulo	13.500	23,7
Rio de Janeiro	20.900	36,7
Minas Gerais	22.600	39,6
TOTAL	57.000	100,0

O curso do Rio PARAÍBA se desenvolve, aproximadamente, numa inclinação de 30° em relação ao paralelo geográfico.

O trecho superior, constituído pelos rios formadores PARAITINGA e PARAIBUNA, continua com rumo sudoeste até as proximidades de Guararema.

A juzante desta localidade volta-se bruscamente em direção oposta, passando a correr para nordeste e mantendo-se, de um modo geral, neste rumo, até a fôz, no Mar.

O perfil longitudinal do rio, excluindo a parte superior, apresenta as maiores declividades médias no trecho médio inferior, limitado entre CACHOEIRA PAULISTA (513 *m.s.n.m.*) e TRÊS IRMÃOS (38 *m.s.n.m.*); o comprimento total, ao longo do eixo longitudinal é de 1.137,5 *km*, dos quais 950 a juzante da confluência dos formadores.

A base geológica da Bacia do Rio PARAÍBA consta de rochas cristalinas, predominantemente ácidas, greiss de vários tipos e texturas, com intrusões graníticas. Não são raras as formações lenticulares de calcáreo cristalino e quartzitos, enquanto muito menos frequentes são as injeções ou veias de rochas básicas, como dioritos, diabásios, etc.

Apesar das fortes irregularidades tectônicas, produzidas por violentos movimentos orgânicos e perturbações diastróficas e intrusivas, prevalece, na extensão da bacia, o seguinte complexo estratigráfico (PISSIS) considerado das profundidades para a superfície:

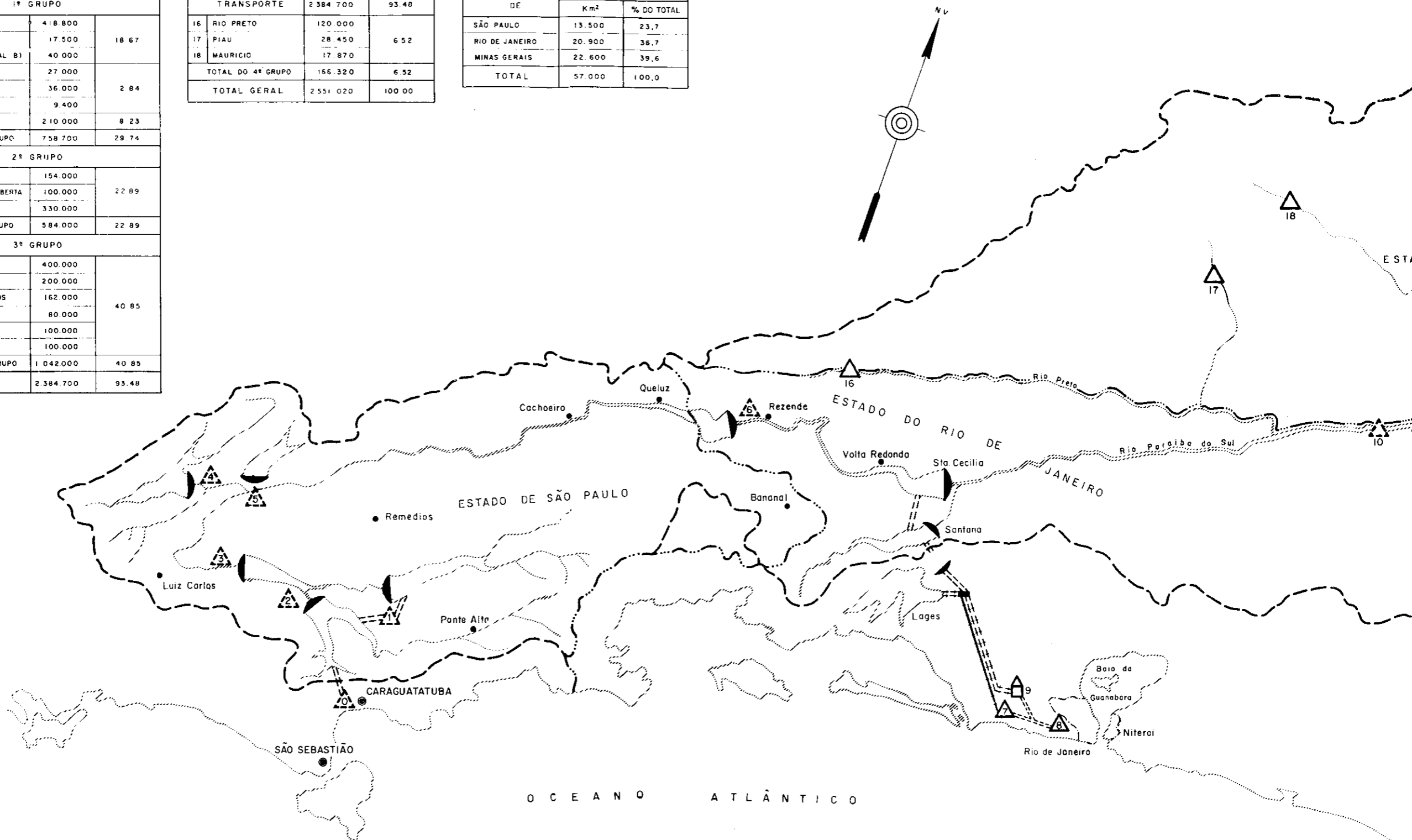
- Gneiss porfiróide, passando a granito;
- Gneiss cinzento, micáceo, de granulação fina;
- Gneiss com xisto e micaxisto.

USINAS HIDROELÉTRICAS		POTÊNCIA INSTALADA	
Nº	NOME	KW	% DO TOTAL
1º GRUPO			
0	CARAGUATATUBA	418.800	18,67
1	PARAITINGA	17.500	
2	PARAIBUNA (LOCAL B)	40.000	
3	São BRANCA	27.000	
4	JAGUARI	36.000	
5	BUQUIRA	9.400	
6	FUNIL	210.000	9,23
TOTAL DO 1º GRUPO		758.700	29,74
2º GRUPO			
7	FONTES	154.000	22,89
8	LAGES EM P. COBERTA	100.000	
9	NILO PEÇANHA	330.000	
TOTAL DO 2º GRUPO		584.000	22,89
3º GRUPO			
10	SAPUCAIA	400.000	40,85
11	SIMPLICIO	200.000	
12	ILHA DOS POMBOS	162.000	
13	SÃO SEBASTIÃO	80.000	
14	ITADCARA	100.000	
15	SÃO FIDELIS	100.000	
TOTAL DO 3º GRUPO		1.042.000	40,85
SUB TOTAL		2.384.700	93,48

Nº	NOME	KW	% DO TOTAL
4º GRUPO			
TRANSPORTE		2.384.700	93,48
16	RIO PRETO	120.000	6,52
17	PIAU	28.450	
18	MAURICIO	17.870	
TOTAL DO 4º GRUPO		166.320	6,52
TOTAL GERAL		2.551.020	100,00

EXTENSÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBA

NO ESTADO DE	SUPERFÍCIE	
	Km²	% DO TOTAL
SÃO PAULO	13.500	23,7
RIO DE JANEIRO	20.900	36,7
MINAS GERAIS	22.600	39,6
TOTAL	57.000	100,0



LEGENDA
 - - - - - LIMITE DA BACIA DO RIO PARAIBA
 - - - - - LIMITE DOS ESTADOS

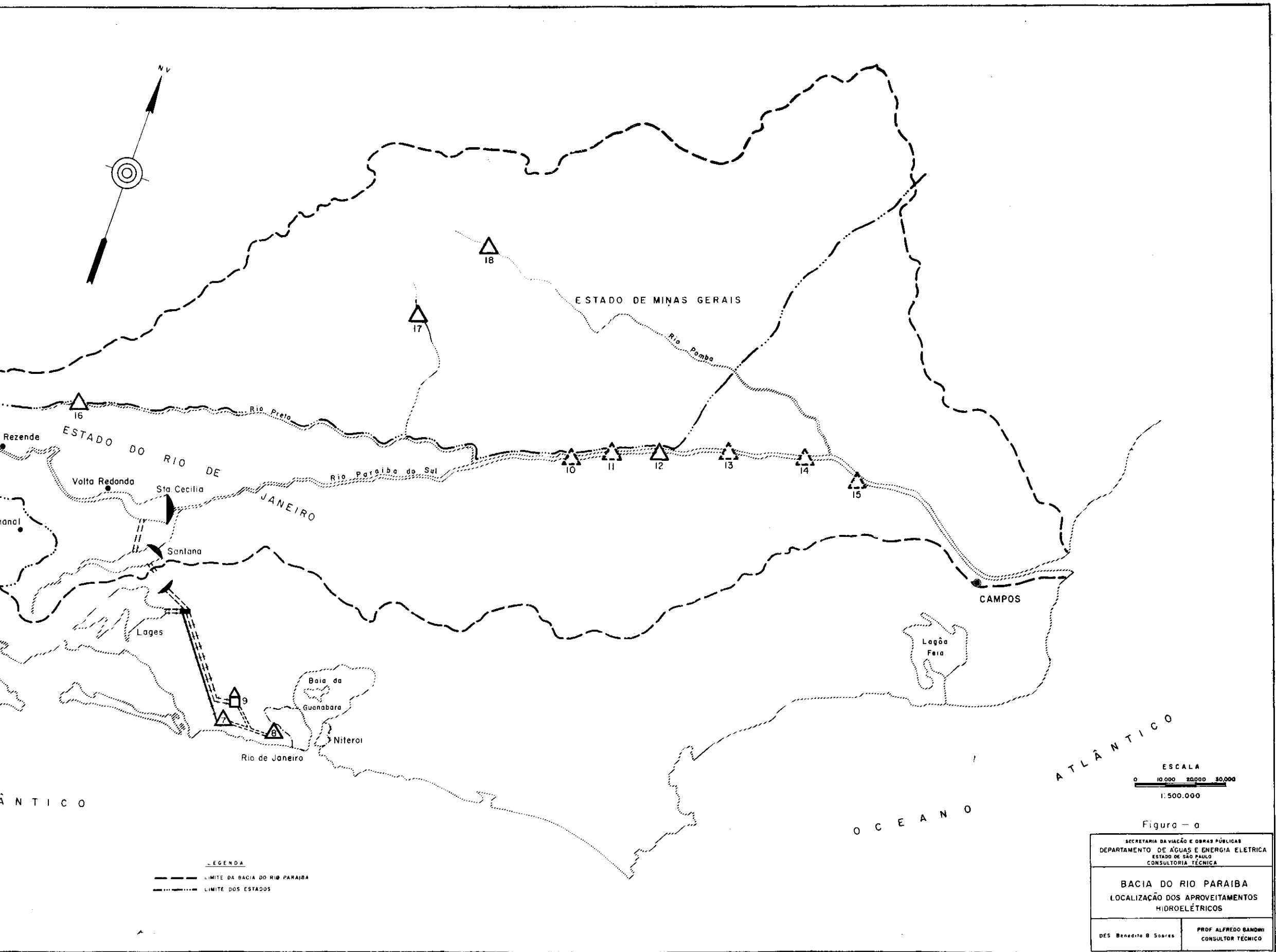


Figura - a

SECRETARIA DE VIAÇÃO E OBRAS PÚBLICAS
 DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA
 ESTADO DE SÃO PAULO
 CONSULTORIA TÉCNICA

BACIA DO RIO PARAIBA
 LOCALIZAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS
 HIDROELÉTRICOS

DES. Benedito B Soares

PROF. ALFREDO BANDINI
 CONSULTOR TÉCNICO

A parte preponderante na bacia pertence ao período *arqueano*, tendo-se zonas limitadas pertencentes, respectivamente, ao *terciário* (Pliocênico) e *triásico* na parte média superior, entre Jacareí e Barra do Pirai, e *terciário e quaternário* (Pleistoceno e recente) na fôz.

2. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS

Referiremos, ligeiramente, algumas conclusões tiradas de um nosso estudo sôbre a bacia do rio PARAÍBA, publicado no vol. X do "Plano de Eletrificação do Estado do Rio de Janeiro" (1959).

A) METEOROLOGIA

a) **PLUVIOMETRIA** — Grande uniformidade de distribuição das chuvas no ano médio, com *máximos* em Dezembro-Janeiro e *mínimos* em Junho-Julho. As médias anuais, diminuem, ao longo do rio, de montante para juzante (RESENDE: 1.533 mm; PINHEIRAL: 1.337 mm; CAMPOS: 1.095 mm), enquanto valores superiores são atingidos nas partes montanhosas da bacia (TERESÓPOLIS: 1.674mm), e muito mais na SERRA DO MAR (TINGUÁ: 2.422 mm).

b) **TERMOMETRIA** — Absoluta uniformidade de distribuição no ano médio com *máximos* em fevereiro e *mínimos* em julho.

As médias anuais crescem ao longo do vale da nascente à fôz (PINHEIRAL: 20°, 48; Campos: 22°, 82) sofrendo sensível diminuição nas proximidades da encosta continental da serra (TERESÓPOLIS: 17°, 50).

c) **PRESSÃO ATMOSFÉRICA** — Distribuição uniforme no ano médio, com *máximos* em julho e *mínimos* em dezembro. Valores médios anuais dependentes, essencialmente, da altitude.

d) **UMIDADE RELATIVA** — Distribuição uniforme no ano médio, com *máximos* em março-abril e *mínimos* em agosto. As médias anuais apresentam ligeira tendência de aumento, procedendo de montante para juzante e do álveo para as zonas montanhosas (RESENDE: 77,6%; Campos: 81,2%; TERESÓPOLIS: 84,34%).

e) **NEBULOSIDADE e INSOLAÇÃO** — Apresentam andamento uniformes.

Praticamente constantes são as médias anuais da nebulosidade (6,5) e os totais anuais da insolação sofrem um ligeiro aumento ao longo do vale (RESENDE: 2.051,3 horas; CAMPOS: 2.214,9 horas), decrescendo em localidades de maiores altitudes (TERESÓPOLIS: 1.908,4 horas).

f) **EVAPORAÇÃO** — Andamentos não muito concordantes, devido ao efeito simultâneo das temperaturas, pressão atmosférica, insolação e nebulosidade.

Os *mínimos* caem, em geral, no outono e os *máximos*, do inverno deslocam-se para o verão seguindo para a zona inferior da bacia.

Não aparece evidente uma lei de variação dos módulos anuais, que variam entre 500 e 760 mm.

Concluindo, podemos afirmar que as condições climáticas da bacia do RIO PARAÍBA, são sensivelmente *uniformes e homogêneas*.

B) HIDROMETRIA

a) O *regime* das vazões apresenta sensíveis condições de uniformidade e homogeneidade em tôda a bacia do rio PARAÍBA.

b) Os módulos específicos em $\frac{l}{s \cdot km^2}$, variam entre 19,61 e 14,56.

O módulo específico do conjunto dos dois formadores, que representam, praticamente, o alto PARAÍBA, é 16,7.

Valores da ordem de 17 mantem-se até os limites do Estado de São Paulo; em seguida o módulo específico sofre um aumento relativamente brusco, atingindo 18,66 em BARRA DO PIRAI, devido às intensas contribuições da Serra da Mantiqueira, que se encunha na bacia.

A juzante do referido posto, verifica-se uma ligeira deflexão do módulo específico, que torna, em CAMPOS, igual a 17,26, através de uma extensão de: 39.080 km².

Andamentos aproximadamente análogos refletem as vazões específicas mensais, máximas e mínimas.

c) Foi feita, também, uma comparação entre afluxos meteorológicos e deflúvios, relacionando os respectivos módulos anuais, para o septênio (1946-1952).

Conseguimos determinar os módulos pluviométricos anuais para 129 postos de observação (44 no Estado de S. Paulo ; 52 no Estado do Rio de Janeiro; 33 no Estado de Minas Gerais).

Construído o mapa das isoietas, obtivemos, por planimetragem, os afluxos meteorológicos, nas áreas de drenagem sustentadas pelas secções características: ESTR. DE PARAIBUNA, CAÇAPAVA, CACHOEIRA, B. DO PIRAI, CAMPOS.

Foram determinados, em seguida, para o mesmo septênio, os deflúvios modulares e calculados:

os *coeficientes de deflúvio*, isto é, as relações entre as alturas de deflúvio e as alturas correspondentes dos afluxos meteorológicos;

as *perdas aparentes* isto é, as diferenças entre as alturas de afluxo e de deflúvio.

Reunimos no Quadro a seguir os resultados obtidos:

Secção do rio	Afluxo meteorológico mm	Deflúvio mm	Coefficiente de deflúvio	Perdas aparentes mm
Estrada de Paraibuna	1.471	613	0,417	858
Caçapava	1.589	600	0,377	989
Cachoeira	1.590	576	0,362	1.014
Barra do Pirai	1.579	657	0,416	922
Campos	1.408	614	0,436	794

Os dois elementos característicos supra referidos podem ser afetados por fenômenos secundários como por exemplo, as temporárias acumulações de águas superficiais e subterrâneas, contribuições de outras bacias, etc., porém, o período de sete anos é suficientemente comprido, para que todos esses fenômenos possam considerar-se compensados.

Os coeficientes de deflúvio resultantes, que oscilam em torno do valor 0,4 são baixos, quando comparados com os valores normalmente obtidos em bacias hidrográficas de outros países, que se aproximam em média de 0,6. Este fenômeno poderia ser explicado pelos escoamentos subterrâneos, com regime freático ou arteziano, divergentes para a contígua faixa oceânica, facilitados pelo forte desnível existente entre a referida faixa e o planalto paraibano.

Relevamos, outrossim, que o coeficiente de deflúvio diminui de montante para juzante no curso médio superior, enquanto tende a aumentar seguindo de CACHOEIRA PAULISTA para BARRA DO PIRAÍ e CAMPOS.

Além da estrutura geológica o evidenciado aumento talvez dependa da maior extensão superficial e da menor altitude da parte média inferior da bacia.

d) O estudo hidrológico foi estendido, também aos fenômenos críticos, isto é, enchentes e estiagens.

O tempo disponível não me permite entrar nes assunto. Limitar-me-ei a dizer que aplicando processos estatísticos baseados sobre critérios matemáticos rigorosos, foram determinadas fórmulas, que permitem proceder a determinações de vazões, em diferentes postos fluviométricos da bacia.

Uma memória sobre as enchentes está um curso de publicação.

Sobre o problema das estiagens, tive a oportunidade de dissertar, durante uma série de palestras que fiz no SEMINÁRIO AMERICANO DE ENERGIA ELÉTRICA, realizado em MÉXICO CITY no mês de agosto de 1961.

II — PLANOS DE REGULARIZAÇÃO

1. No começo de 1952, em vista dos contínuos aumentos sofridos pelo consumo de energia elétrica, o Governo do Prof. LUCAS NOGUEIRA GARCEZ por intermédio do D.A.E.E., resolveu utilizar, entre outros recursos, o potencial hidroelétrico do alto PARAÍBA, que apresenta condições ideais, para um racional e econômico aproveitamento.

Todavia, em virtude da influência que as águas do rio PARAÍBA, convenientemente disciplinadas, deverão exercer sobre o desenvolvimento econômico e social de uma das mais importantes bacias do País, foi decidido proceder à elaboração de um PLANO GERAL DE REGULARIZAÇÃO que levasse em conta, além da produção da energia elétrica, todos os outros fatores que convergem para conseguir, em sua integralidade, o referido desenvolvimento.

A organização de um "PLANO GERAL DE REGULARIZAÇÃO" tornava-se, aliás, necessária para obedecer à conclusão fundamental da "COMISSÃO ESPECIAL PARA O ESTUDO DO APROVEITAMENTO DA ENERGIA HIDRÁULICA DO RIO PARAÍBA", instituída opr Decreto Presidencial, em março de 1952. Conforme a mencionada conclusão: "OS APROVEITAMENTOS A SEREM REALIZADOS NO RIO PARAÍBA E SEUS AFLUENTES DEVEM OBEDECER A UM BEM ELABORADO PLANO DE CONJUNTO, VISANDO AO APROVEITAMENTO INTEGRAL DE TÃO IMPORTANTE CURSO DE ÁGUA".

As únicas limitações *quantitativas*, às quais deveria obedecer um *regime regularizado* do rio PARAÍBA, consistiam, *então*:

a) na concessão outorgada à COMPANHIA DE CARRIS, LUZ E FÔRÇA DO RIO DE JANEIRO, para desviar, a montante da barragem de S. CECÍLIA, até 160 $m^3/s.$, visando alimentar as Usinas hidroelétricas de FONTES e NILO PEÇANHA (Decreto-Lei n.º 7542 e Decreto n.º 18.583, ambos de 11.5.1945);

b) em manter, à juzante da barragem de S. CECÍLIA, a vazão mínima de 40 $m^3/s.$, fixados "a título precário", pela Portaria n.º 1053 de 9-10-52 do MIN. DA AGRICULTURA, em virtude de uma vistoria "ad perpetuum rei memoriam", efetuada por ilustres peritos, em novembro de 1948, entre BARRA DO PIRAÍ e a confluência do rio PARAIBUNA MINEIRO para a referida CIA. DE CARRIS, LUZ E FÔRÇA.

Observamos que o Decreto precedeu a Portaria de 5 anos e 5 meses.

2. Foi, portanto, em meados de 1952, (poucos meses após minha chegada ao País), que iniciei os primeiros estudos para orientar um plano de regularização do rio PARAÍBA, contando com o valioso apoio do Prof. NILO ANDRADE AMARAL, então Secretário da Viação e Obras Públicas, e com a cordial solidariedade dos Srs. Dr. OCTÁVIO FERRAZ DE SAMPAIO, então Diretor Geral do D.A.E.E., Dr. ANTÔNIO GREFF BORBA, Superintendente do S.V.P., Dr. MÁRIO CERQUEIRA LEITE, então Diretor da Divisão de Eletricidade do D.A.E.E. e do saudoso Dr. GUILHERME AUGUSTO LOYOLLA DE OLIVEIRA, então Diretor da Divisão de Planejamento do D.A.E.E., que prestaram valiosos auxílios e preciosas informações para a coleta de dados e elementos preliminares, que foi possível reunir naquela época. Cabe-me acrescentar que, desde o início, o meu trabalho foi acompanhado com vivo interesse, pelo Conselho Estadual de Águas e Energia Elétrica presidido pelo Ilustre Prof. ANTONIO CARDOSO e, sucessivamente, pelo Ilustre Dr. PLÍNIO DE QUEIROZ.

No que diz respeito ao programa relativo à produção da energia elétrica, confirmamos, em primeiro lugar, a incontestável conveniência de um parcial desvio de águas do alto PARAÍBA para a vertente oceânica, visando aproveitar o desnível bruto de, aproximadamente 700 m, disponível entre a bacia serrana dos formadores PARAIAINGA e PARAIBUNA e a planície de CARAGUATATUBA.

Com efeito, a potência produzida pelo ($m^3/s.$) lançado para a vertente oceânica, resulta (± 2.1) vezes a potência produzível ao longo do rio PARAÍBA, até a fóz e, respectivamente (± 1.7) vezes a potência produzível ao longo do Rio PARAÍBA até BARRA DO PIRAI e sucessivamente, no desvio da CIA. DE CARRIS, LUZ E FÔRÇA, para o mar, onde utiliza uma queda bruta de (350m) após sofrer o recalque de (45m).

O problema da regularização, entretanto, tornava necessário modificar as vazões naturais da bacia, por meio de reservatórios de adequadas capacidades, cuja localização depende:

- a) do regime hidrológico e dos caudais dos cursos de água;
- b) da configuração transversal e longitudinal dos vales;
- c) da capacidade de acumulação, relacionada com as alturas das barragens;
- d) da natureza geológica dos terrenos, em relação seja aos requisitos de resistência, seja às exigências de impermeabilidade;
- e) da disponibilidade *in loco*, dos materiais necessários para a construção das obras.

Quanto aos elementos hidrológicos, dispuzemos, inicialmente, do ANUÁRIO FLUVIOMÉTRICO N.º 4 da DIVISÃO DE ÁGUAS, com dados de vazões até o ano de 1942, mais outros dados de descargas, em VILA (no rio PARAIBUNA) e S. CECÍLIA (rio PARAÍBA), fornecidas pela S. PAULO LIGHT S/A.

Ponderando os dados acima referidos e consultando os mapas geográficos (os levantamentos topográficos então disponíveis eram absolutamente fragmentários), foi possível objetivar os afluentes mais caudalosos, até BARRA DO PIRAI, isto é:

os formadores: PARAITINGA e PARAIBUNA;
 os afluentes da margem esquerda: JAGUARI e BUQUIRA;
 os afluentes alimentados por áreas de drenagem de menor extensão, mas não desprezíveis: PARATEÍ, PIRACUAMA, GRANDE, PARANGABA, GUARATINGUETÁ, UNA, PINHÃO, PIRAPITINGUÍ, SÃO GONÇALO, MOTTAS, TABOÃO.

Fizemos em seguida, reconhecimentos sistemáticos terrestres e aéreos, nas diferentes partes da bacia, até S. CECÍLIA e concluímos que as bacias mais

interessantes, para a realização de grandes reservatórios seriam, por sinal, aquelas dos rios **PARAITINGA**, **PARAIBUNA**, **JAGUARI** e **BUQUIRA**, que apresentavam aliás, secções transversais favoráveis para a construção de barragens economicamente viáveis, em postos fluviométricos alimentados pela quasi totalidade das respectivas áreas de drenagem.

As nossas conclusões, aliás, estavam de acôrdo com os resultados de estudos preliminares sôbre o rio **PARAIBUNA** — tendo, porém, objetivos mais limitados — esboçados pela **INSPETORIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS** (repartição que foi extinta com a criação do **D.A.E.E.**) e com os resultados de trabalhos mais extensos, elaborados pela **S. PAULO LIGHT S/A.**, para os rios **PARAITINGA** e **PARAIBUNA**.

Verificamos, também, a possibilidade de represar o próprio rio **PARAIBA** entre **QUELUZ** e **REZENDE**; levantamentos feitos em seguida pela **SERVIX ENGENHARIA LTDA.** localizaram, como posto mais conveniente para a construção da barragem, a secção fluviométrica chamada **FUNIL**.

A **CIA. DE CARRIS, LUZ E FÔRÇA**, já tinha, por outra parte, decidido a construção de uma barragem em **S. BRANCA**, logo à juzante da confluência dos rios **PARAITINGA** e **PARAIBUNA**, para criar um reservatório com a capacidade de, aproximadamente, $400 \times 10^6 m^3$.

Assim pois, classificando e ponderando os elementos colhidos, e baseando em vaões relativas ao quindicênio (1928-42), foi organizado um estudo, que chamaremos de **PLANO PRELIMINAR**, no qual demonstramos a possibilidade de desviar, do **ALTO PARAIBA** para a vertente marítima, uma descarga regularizada compreendida entre os limites de 35 e 60 m^3/s , garantindo em **BARRA DO PIRAI**, uma vazão regularizada não inferior a 200 m^3/s .

O plano, datado de 10 de abril de 1953, foi apresentado ao **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA**, anexo ao *pedido de concessão* do **D.A.E.E.** da **S.V.O.P.** de São Paulo (DG 351/53 de 15 de abril de 1953).

A **CONCESSÃO** “para derivar águas da bacia **PARAIBUNA** e **PARAITINGA**, **DISTRITO E MUNICÍPIO DE PARAIBUNA** para a vertente oceânica no **DISTRITO E MUNICÍPIO DE CARAGUATATUBA**”, foi outorgada ao **DAEE** pelo decreto n.º 34.948 de 18 de janeiro de 1954, publicado no Diário Oficial da União de 26 de janeiro de 1954.

3. Obtida a concessão, o **D.A.E.E.** se de um lado viu garantidos os seus direitos sôbre o aproveitamento do **ALTO PARAIBA**, por outro lado, assumiu a responsabilidade de elaborar um **PLANO DE REGULARIZAÇÃO**, geral e orgânico que resolvesse, de um modo definitivo e indiscutível, os dois problemas, sob muitos pontos de vista *antagônicos*, referentes ao melhor aproveitamento das águas do rio **PARAIBA**, para produção de *energia elétrica* e, respectivamente, para o *reerguimento econômico* do vale. Sômente em função desse plano, seria possível objetivar os tipos das obras de engenharia necessárias para concretizá-lo e, em seguida, projetá-las.

Sob as nossas indicações, o **S.V.P.**, tomava as necessárias providências: pelo levantamento aerofotogramétrico do **ALTO PARAIBA**, por uma extensão de 7.500 km^2 , dos quais 5.300 km^2 , restituídos com curvas de nível, em mapas nas escalas 1:25.000 e 1:10.000; pelos levantamentos geológicos no rio **PARAIBUNA**, em um posto fluviométrico denominado “**LOCAL B**” (terminologia **LIGHT**).

A Consultoria Técnica do **D.A.E.E.**, em obediência ao disposto no artigo 1 do decreto de concessão, organizou sob a minha orientação, o 1.º **PLANO GERAL DE REGULARIZAÇÃO**, considerando o ciclo hidrológico: julho de 1932 — dezembro de 1946, que resultou ser *crítico* no período 1928-1952. O trabalho dividido em três partes, foi encaminhado à Divisão de Águas, respectivamente em: 13-7-1954, 18-12-54 e 27-1-55.

Nesse PLANO já foram fixados os elementos que constituíram as bases de todos os estudos sucessivos, em particular, foram considerados 6 reservatórios, represando respectivamente, os rios:

PARAITINGA	(em Ponte dos Mineiros)
PARAIBUNA	(no LOCAL B)
PARAÍBA	(em S. Branca)
JAGUARÍ	(em Fazenda S. João)
BUQUIRA	(em Buquirinha)
PARAÍBA	(em Funil)

A capacidade global dos Reservatórios resultou igual a $2.485 \times 10^6 m^3$ e as operações dos mesmos, foram determinadas aplicando novos processos de cálculo, racionais e rigorosos, que publiquei nos números 908 — 9 — 10 — 11, da Revista INGENIERIA de Buenos Aires, no ano de 1951. Êsses métodos, permitem integrar a equação hidráulica dos lagos sem restrições, e determinar os volumes e as operações (vazões regularizadas) dos reservatórios *em conjunto*, levando, porém, em conta, as efetivas possibilidades de funcionamento *de cada um* deles, por meio de outras tantas *equações de condição*, de estrutura muito simples.

Os reservatórios formavam dois *sistemas* dependentes:

O *primeiro*, compreende os de PARAITINGA e PARAIBUNA, cujas vazões regularizadas, em parte alimentam a Usina de CARAGUATATUBA e, em parte, são desviadas para o reservatório de S. BRANCA;

O *segundo*, compreende os reservatórios de cabeceira de S. BRANCA, JAGUARÍ e BUQUIRA e o de extremidade de FUNIL.

Como se vê, os dois *sistemas articulam-se, através das vazões regularizadas que, do 1.º sistema, se escoam para o Reservatório de S. BRANCA*, contribuindo para a regularização à juzante dêste último.

Os resultados mais significativos obtidos pelo 1.º PLANO, são os seguintes:

— A vazão desviada para a Usina da vertente oceânica, resultou constante e igual a $50 m^3/seg$:

— As condições, admitidas para atender às múltiplas exigências do Vale do PARAÍBA, podem ser consubstanciadas, pelos seguintes *valores mínimos* das vazões regularizadas:

8 m^3/seg	— na barragem de S. BRANCA
1 m^3/seg	— na barragem de JAGUARI
1 m^3/seg	— na barragem de BUQUIRA
200 m^3/seg	— na barragem de S. CECÍLIA.

A CIA. DE CARRIS LUZ E FÔRÇA DO RIO DE JANEIRO, concessionária dos aproveitamentos hidroelétricos de NILO PEÇANHA, FORÇACAVA e FONTES, fêz alguns reparos ao nosso plano, apresentando-os à DIVISÃO DE ÁGUAS a 30-11-1954. Em resposta aos referidos reparos, encaminhamos à própria DIVISÃO DE ÁGUAS, um Relatório, em 8-7-1955.

O Sr. Ministro da Agricultura, por despacho de 17-10-1955, houve por bem aprovar o "1.º PLANO DE REGULARIZAÇÃO", do rio PARAÍBA, apresentado pelo D.A.E.E. em cumprimento ao disposto no artigo 1.º do Decreto n.º 34.948 de 18-1-54.

O ato do sr. Ministro, significava, portanto, a *aprovação definitiva outorgada pelo supremo órgão técnico federal, à orientação e aos métodos adotados pelo D.A.E.E., para a solução do problema do rio PARAÍBA.*

4. A estiagem iniciada em julho de 1952, dilatou-se até novembro de 1955, apresentando características críticas mais pronunciadas, do que as consideradas no PLANO N.º 1.

Sem nada alterar, no que diz respeito à orientação, às diretrizes e aos processos de cálculo adotados para o PLANO N.º 1, foi organizado o PLANO N.º 2, considerando porém, o ciclo hidrológico de 28 anos (1928-1955), para o qual, parte pelos dados linimétricos diretos, parte pelos interpolados, pôde ser possível obter séries homogêneas de vazões médias mensais, que representassem satisfatoriamente os regimes naturais das descargas nos postos chave da bacia.

Convém apenas recordar que, para o posto fluviométrico de S. CECÍLIA, tínhamos disponíveis duas séries de vazões, respectivamente, da DIVISÃO DE ÁGUAS e da CIA. DE CARRIS LUZ E FÔRÇA.

Atendendo a um critério de prudência — que, felizmente, em seguida resultou excessivo — foi adotada a segunda.

Os resultados mais expressivos, do PLANO N.º 2, podem ser reunidos nos pontos enumerados a seguir:

a) Vazões médias desviadas para a vertente oceânica:

Máxima:	50,0 m^3/seg
Média:	48,5 m^3/seg
Mínima:	37,5 m^3/seg

aproveitando uma queda bruta variável entre 665 e 638 m.

b) Vazões regularizadas mínimas nos postos "chave", isto é, nas barragens de:

S. BRANCA:	10 m^3/seg — com permanência de 22%
JAGUARI:	1 m^3/seg — com permanência de 19%
BUQUIRA:	1 m^3/seg — com permanência de 19%
FUNIL:	136 m^3/seg — com permanência de 0,6%
S. CECÍLIA:	200 m^3/seg — com permanência de 16%

c) Capacidade útil global regularizadora: $3.930 \times 10^6 m^3$, assim distribuída entre os diferentes reservatórios:

PARAITINGA:	$300 \times 10^6 m^3$ (7,6%)
PARAIBUNA:	$1.420 \times 10^6 m^3$ (36,2%)
S. BRANCA:	$424 \times 10^6 m^3$ (10,8%)
JAGUARÍ:	$916 \times 10^6 m^3$ (23,2%)
BUQUIRA:	$320 \times 10^6 m^3$ (8,2%)
FUNIL:	$550 \times 10^6 m^3$ (14,0%)

d) Potência total instalada (inclusive uma reserva de 20%): 767.600 kW, dos quais: 482.790 kW (62,9%) na Usina de CARAGUATATUBA; 196.020 kW (24%) em FUNIL; 88.793 kW (11,6%) nas Usinas menores de: PARAIBUNA, PARAITINGA (interligação), S. BRANCA, JAGUARI e BUQUIRA.

Energia diária produzida: 8.092.000 kWh correspondentes a 2.953.580.000 kWh anuais.

Delineam-se, neste plano, os dois aproveitamentos chave do sistema: CARAGUATATUBA e FUNIL. O primeiro, tendo condições excepcionalmente favoráveis sob o ponto de vista energético-econômico. O segundo, si bem que alimentado por um reservatório de capacidade limitada e utilize uma queda modesta, recebe um deflúvio bastante regularizado, em virtude das operações

dos reservatórios de S. BRANCA, JAGUARI e BUQUIRA, e das contribuições do conjunto PARAITINGA-PARAIBUNA.

O PLANO N.º 2 foi encaminhado para o Ministério da Agricultura a 17-7-56 e constituiu a base dos trabalhos da COMISSÃO DE DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO DO VALE DO PARAÍBA, criada por Decreto de 22-5-56.

Mereceu, outrossim, o referido plano, o alto reconhecimento do CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA, que em ocasião das "Comemorações do 25.º aniversário da lei que regulamenta as profissões de engenheiro e arquiteto", outorgou-lhe o prêmio ROBERTO SIMONSEN como sendo o melhor dos trabalhos técnicos elaborados no Brasil, examinado pela Comissão Julgadora.

A aceitação oficial do PLANO N.º 2, de parte do Ministério da Agricultura, teria possibilitado a fixação definitiva ou, melhor, a *regulamentação* dos elementos característicos para os diferentes aproveitamentos hidrelétricos.

Entretanto essa aceitação não chegava.

Uma vez que os critérios e os métodos que orientavam o estudo, já tinham recebido a aprovação oficial do referido Ministério, o motivo do impasse devia ser procurado em uma série de ocorrências, algumas das quais conseguiram criar suficientes impecilios para protelar as decisões da DIVISÃO DE ÁGUAS, e que, por se prestarem a interessantes debates de ordem política, acharam facilmente os canais da divulgação através da imprensa e tiveram, por consequência, ampla ressonância na opinião pública.

Enumeraremos, a seguir, as principais das referidas ocorrências, referentes aos pontos seguintes: problemas sanitários, irrigação, navegação, modificação de dados hidrológicos, e outros assuntos vários.

5. A) PROBLEMAS DE ORDEM SANITÁRIA

a) NA PARTE PAULISTA DO VALE, À JUZANTE DE S. BRANCA.

O rio PARAÍBA, enquadrado na CLASSE IV (Lei Estadual n.º 2.182, de 23-7-53), deve apresentar, entre outras, as características seguintes:

Número mais provável de coliformes (N.M.P.)	20.000/100ml
Oxigênio dissolvido (O.D.)	3,0 mg/litro
Demanda bio-química de oxigênio (B.O.D.)	4,0 mg/litro

Um estudo feito, a pedido do DAEE, em fevereiro de 1954, pelos engenheiros YASSUDA E MEICHES, sobre as descargas mínimas sanitariamente necessárias entre S. BRANCA e S. JOSÉ DO CAMPOS, chegou, substancialmente, à conclusão de que a vazão mínima necessária em JACAREÍ seria de 15 $m^3/seg.$ garantindo-se as seguintes condições:

utilização, como manancial de abastecimento público, de S. BRANCA a JACAREÍ;

tratamento biológico com desinfecção final dos esgotos, em S. BRANCA e GUARAREMA; pré-cloração das águas brutas em JACAREÍ;

condições gerais sanitárias satisfatórias entre JACAREÍ e S. JOSÉ DOS CAMPOS.

Dai, a vazão mínima regularizada de 8 m^3/seg em S. BRANCA, elevados para 10 m^3/seg no 2.º PLANO.

Sucessivamente (maio de 1955), a CIA. DE CARRIS, LUZ E FÔRÇA, mandou elaborar, pelo ESCRITÓRIO TÉCNICO SATURNINO DE BRITO, uma vistoria "ad perpetuum rei memoriam" entre PARAIBUNA e BARRA DO PIRAI, que,

equacionando o problema com exagerado rigor, concluiu para uma descarga mínima de 20 m^3/seg , em S. BRANCA.

O precedente estudo motivou no meio dos técnicos sanitaristas de S. Paulo, uma longa polêmica, cujos aspectos mais interessantes, estão consubstanciados em algumas memórias publicadas na revista *ENGENHARIA*.

Sucessivamente a polêmica encontrou um campo propício de propagação também no RIO DE JANEIRO, em vista da celeuma que se iniciara naquele meio, com a outorga da concessão do aproveitamento hidroelétrico de CARAGUATATUBA ao DAEE de S. PAULO.

Estas circunstâncias levaram o Sr. Secretário de Viação e Obras Públicas, Dr. CAETANO ALVARES FILHO, a designar, em junho de 1955, uma comissão de técnicos especializados da mesma Secretaria, para proceder "aos estudos especializados referentes à poluição das águas do rio PARAÍBA".

De acôrdo com uma decisão da mencionada Comissão, o S.V.P. do D.A.E.E. iniciou em outubro de 1955 um levantamento preliminar das condições sanitárias das águas do rio, estabelecendo 13 postos de observação entre PARAI-BUNA e QUELUZ e coligindo, ao mesmo tempo, dados sôbre o crescimento predial e industrial.

Em julho de 1956, foi elaborado, pelo próprio S.V.P. um programa de pesquisas que foi encaminhado também ao SERVIÇO ESPECIAL DE SAÚDE PÚBLICA do MINISTÉRIO DA SAÚDE, que naquela ocasião contava com a cooperação de abalizados especialistas norte-americanos, entre os quais o ilustre Prof. HAROLD BABBIT.

Os resultados mais significativos obtidos, entre outubro de 1955 e setembro de 1956, são os seguintes:

- a) As quantidades de (O.D.), superam largamente o valor mínimo admitido (4 $mg/litro$).
- b) A demanda bioquímica de oxigênio (B.O.D.), permanece inferior ao limite de 3 $mg/litro$.
- c) O número mais provável de coliformes, resulta inferior a 20.000 por 100 ml , exceto em JACAREÍ (28.500), GUARATINGUETÁ (48.000) e CACHOEIRA (58.000).
- d) Condições normais, no que diz respeito, à alcalinidade total, o (pH) e (CO_2).

Condições, portanto, *satisfatórias sob o ponto de vista bioquímico*.

Quanto ao *bacteriano*, cabe observar que, já com o regime natural do rio, o lançamento dos esgotos em natura, está a exigir um tratamento em vários pontos da bacia.

Contudo, considerando que, também nos referidos pontos a água está sendo entregue ao abastecimento público em boas condições (como provam inúmeras observações já feitas pelo S.V.P. e D.O.S.), apenas com tratamento convencional, isto é, sem precloração, parece lógico concluir que, o limite máximo de 20.000 coliformes por 100 ml fixados pelas normas, seja *excessivamente* rigoroso.

A esta mesma conclusão temos notícia terem chegado há pouco tempo, sanitaristas norte-americanos, preocupados com o mesmo problema.

O acima exposto, justifica pois, o motivo pelo qual definimos de *exagerado* o rigor, com o qual foi equacionado o laudo decorrente da vistoria realizada pelo Escritório DE BRITO.

O S.V.P. continua, sempre sob a orientação do Eng. BENOIT VICTORETTI, desde o início de 1959, as pesquisas sistemáticas, confirmando, de um modo geral, os precedentes resultados, e operando, ao mesmo tempo, experiências com o processo da lagoa de oxidação, para tratamento de esgotos em S. J. dos Campos.

b) NA PARTE FLUMINENSE DO VALE

Nunca subsistiram dúvida, para o trecho compreendido entre o limite com o Estado de S. PAULO e BARRA DO PIRAI, onde as vazões mínimas regularizadas (vide FIGURA N.º 17 do PLANO DE REGULARIZAÇÃO N.º 2) superam as naturais atualmente disponíveis.

Devido à outorga da concessão do aproveitamento hidroelétrico de CARAGUATATUBA, iniciava-se em alguns meios do RIO DE JANEIRO, uma campanha de ordem essencialmente política, que desembocou em uma tão violenta quanto injustificada reação contra o D.A.E.E. de SÃO PAULO, alegando a insuficiência do mínimo de 40 m^3/seg , deixado disponível à jusante de BARRA DO PIRAI.

E queremos esclarecer logo a seguir, os motivos que nos impelem a definir injustificada a referida reação contra o D.A.E.E. de S. PAULO:

α) A vazão mínima de 200 m^3/seg em BARRA DO PIRAI, não foi pleiteada pelo D.A.E.E., e sim fixada pelo DECRETO FEDERAL n.º 34.948 de 18-1-54.

β) O referido valor de 200 m^3/seg , foi determinado, por sua vez, considerando:

- 40 m^3/seg mínimos a jusante de SANTA CECÍLIA, fixados “a título precário” pela PORTARIA N.º 1053 de 9-10-52.
- “até” 160 m^3/seg , a serem desviados para alimentar as Usinas de FONTES e NILO PEÇANHA (DECRETO LEI N.º 7542 e DECRETO N.º 18.583, ambos de 11-5-45).

γ) Em 9-10-52, data da PORTARIA N.º 1053, o DAEE ainda não tinha encaminhado o pedido de concessão, visando desviar águas do ALTO PARAÍBA, para a vertente oceânica em CARAGUATATUBA. Portanto é evidente que o legislador, ao fixar o mínimo de 40 m^3/seg “a título precário”, interpretou ao pé da letra os DECRETOS N.ºs 7542 e 18.583 de 11-5-45, que fixavam a vazão a ser derivada para as USINAS de FONTES e NILO PEÇANHA, “até” o valor de 160 m^3/seg . Caso a vazão mínima de 40 m^3/seg resultasse insuficiente, seria aplicado um acréscimo adequado (ΔQ), sendo que, nos mesmos períodos, o desvio seria reduzido para:

$$(160 - \Delta Q) \text{ } m^3/seg$$

δ) O DECRETO N.º 34.948 de 18-1-54 (concessão de CARAGUATATUBA), não “modifica de maneira alguma”, quer a PORTARIA N.º 1053 de 9-10-52 quer os DECRETOS N.ºs 7542 e 18.583 de 11-5-45.

Portanto, concluímos que:

a eventual insuficiência dos 40 m^3/seg , é questão que deve ser resolvida através de uma diferente distribuição dos 200 m^3/seg reduzindo, quando se apresentar a necessidade, a descarga desviada para LAGES E NILO PEÇANHA;

qualquer reparo feito à concessão do aproveitamento hidroelétrico de CARAGUATATUBA, não tinha o menor fundamento técnico, e jurídico. O D.A.E.E. de S. PAULO prevê, no seu plano de regularização, a construção de outras capacidades regularizadoras das vazões do rio PARAÍBA e afluentes, além das previstas pela Cia. de CARRIS LUZ E FÔRÇA, justamente para manter inalterado o valor mínimo de 200 m^3/seg em BARRA DO PIRAI, previsto *antecedentemente* ao seu pedido de concessão.

c) Apesar das considerações precedentes, o Sr. Secretário de V.O.P. de SÃO PAULO, promoveu, em junho de 1955, algumas reuniões das quais participaram também representantes da COMISSÃO DE AGUAS E ESGOTOS do RIO DE JANEIRO. Delas resultou a fixação de um programa de trabalho para o levantamento das condições sanitárias do trecho fluminense do rio PARAÍBA.

Os resultados das primeiras pesquisas feitas, estão consubstanciados em uma interessante memória do Eng.º BENOIT ALMEIDA VICTORETTI, que foi responsável por uma polémica com o Prof. SATURNINO DE BRITO FILHO.

Recomendamos aos interessados, a consulta desse importante trabalho, limitando-nos, por questões de tempo, a resumir os pontos e os resultados mais significativos:

foram consideradas, no cálculo das diluições, as mínimas vazões diárias, durante a estiagem crítica;

foi admitido, para o estudo do crescimento das populações ribeirinhas, a taxa de crescimento geométrico de 3,53%, valor êsse encontrado em menos de 40% das cidades do Estado de S. PAULO, segundo levantamento efetuado pelo Prof. OTACILIO POUSA SENE;

no que se refere à poluição bioquímica, observou-se que, embora fôssem utilizados dados para lançamento "in natura" dos esgotos das cidades ribeirinhas, o oxigênio dissolvido se manteve sempre elevado (*mínimo*: 7,26) e a demanda de oxigênio dentro de valores aceitáveis (*máx.*: 4,97);

admitindo o tratamento dos esgotos sanitários, a concentração de coliformes por mililitro é muito inferior do que aquela dos padrões estabelecidos pelas normas americanas, para águas a serem utilizadas em abastecimento público; sômente a montante de VASSOURAS (com 49 *bac/ml*) aproxima-se do valor admitido (50 *bac/ml*).

insignificantes são as vazões necessárias ao abastecimento público das cidades, em relação às descargas mínimas regularizadas, apresentadas pelo rio.

5. B) PROBLEMAS DE IRRIGAÇÃO

a) Espera-se da irrigação uma importante contribuição, no que diz respeito ao *aumento da produção agrícola e da pecuária*, elementos aos quais atribue-se um papel notável no quadro do reerguimento econômico do vale.

As extensões susceptíveis de ser irrigadas, com razoáveis resultados técnicos e econômicos, resultam bem individualizadas e podem ser agrupadas, de acôrdo com um critério geográfico, em duas zonas:

zona paulista, que se estende de JACAREÍ até CACHOEIRA;

zona fluminense, que compreende a várzea de REZENDE e a planície de CAMPOS.

b) ZONA PAULISTA — A zona paulista, totaliza uma área irrigável de 64.000 *ha*, compreendendo respectivamente:

na várzea do rio PARAÍBA	35.000 <i>ha</i>
nas várzeas dos afluentes	16.000 <i>ha</i>
nas colinas	13.000 <i>ha</i>
	64.000 <i>ha</i>
Total	64.000 <i>ha</i>

Sobre os problemas de irrigação relativos a essa zona, estão sendo desenvolvidos, desde o ano de 1953, rigorosas pesquisas pelo SERVIÇO DO VALE DO PARAÍBA (S.V.P.).

O trabalho, de elevado e moderno padrão técnico, foi orientado pelo Eng.^o Agr. JORGE DUPRAT CARDOSO, e contou, outrossim, com a valiosa cooperação do INSTITUTO AGRONÓMICO DE CAMPINAS e da Cia. HIDRO-BRASILEIRA S.A.

Estamos ainda aguardando a publicação e a divulgação desse notável trabalho, cujos primeiros elementos já foram resumidos em um nosso livro CONSTRUÇÕES HIDRAULICAS — OBRAS DE SANEAMENTO, de recente publicação.

Limitar-nos-emos, agora, a expôr uma ligeira síntese informativa dos critérios adotados e dos resultados obtidos.

2) As culturas previstas são as seguintes:

Arroz —	Trigo —
Batata —	Milho —
Feijão —	Plantas forrageiras —
Tomate —	Café —

3) “Consumo específico de água”. O consumo específico, isto é, por unidade de superfície, em $\left(\frac{m^3}{ha}\right)$ ou em $\left(\frac{\text{litros}}{s \times ha}\right)$, depende:

de fatores *meteorológicos e hidrológicos*, como sejam: chuvas, temperaturas, umidade relativa do ar, regime e intensidade dos ventos, evaporação, insolação e regime dos lençóis freáticos;

de condições *edafológicas*, em vista da diferente capacidade dos terrenos, quanto à retenção de águas, conforme a estrutura física;

do tipo de cultura, adubação, disponibilidade de água, objetivos econômicos que se pretende lograr, etc.

Foram propostas fórmulas empíricas que, por meio de coeficientes, levam em conta os elementos mais acessíveis à investigação; porém, considerando a grande complexidade do problema, é sempre conveniente, quando se estudam projetos para regiões muito extensas, fazer verificações através de experiências diretas.

Foi justamente este o critério seguido pelo S.V.P. e concretizado através das seguintes providências:

mapeando os solos do VALE, em uma extensão de 230.000 ha desde GUARAREMA até CRUZEIRO e grupando-os em 17 “associações de séries” discriminadas por 50 características, químicas, físicas e hídricas;

considerando os módulos mensais dos elementos meteorológicos (temperaturas, chuvas, relações de insolação, coeficiente de rendimento pluviométrico);

determinando, experimentalmente, em quadras de (10 x 10 m), as quantidades de água consumidas por mês, dependendo das culturas e características dos solos.

Dispondo, portanto dos elementos acima enumerados, aplicou-se a fórmula de BLANEY CRIDDLE válida para regiões extensas e para qualquer condição pluviométrica, verificando os resultados, para os meses secos, pela chamada “fórmula americana”.

Em seguida, outras interessantes pesquisas experimentais, foram feitas sobre consumos de água por transpiração, filtração e evaporação, para cultura de arroz de muda tipo “Pratão”, controlando rigorosamente as épocas de sementeira e transplante, as adubações, as produções médias de matéria fenada e de semente.

Os resultados atingidos através de vias diferentes, aparecem satisfatoriamente homogêneos e, de um modo geral, concordantes com dados estrangeiros muito credenciados, como por exemplo, os dados do SERVIÇO HIDROGRÁFICO ITALIANO (DE MARCHI) e da UTAH EXPERIMENT STATION (U.S.A.).

γ) VAZÕES RESERVADAS PARA USO AGRÍCOLA

Obtidos os consumos específicos, em virtude dos métodos acima esclarecidos, foi subdividida a zona em 3 setores, a saber:

- 1.º Setor) de JACAREÍ a SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
- 2.º Setor) de SÃO JOSÉ DOS CAMPOS a PINDAMONHANGABA
- 3.º Setor) de PINDAMONHANGABA a CACHOEIRA

e calcularam-se, para cada setor, as *demandas de água*, levando em conta as diferentes exigências, respectivamente, para as terras de: várzea do rio PARAÍBA, baixadas dos afluentes e colinas.

As referidas demandas devem ser consideradas *em acréscimo* ao consumo atual da vegetação nativa calculado de acôrdo com os métodos adotados em recentes pesquisas norte-americanas.

Finalmente as "vazões *q* reservadas*", para uso agrícola, isto é, *subtraídas definitivamente ao rio*, foram determinadas com critério prudente, admitindo-se que, do volume utilizado para irrigação, as partes que retornam ao escoamento, sejam na proporção de: 30%, 25% e 10%, respectivamente, através das terras da várzea do rio PARAÍBA, das baixadas dos afluentes e das colinas.

Sintetizando, em poucos algarismos expressivos, os resultados das determinações feitas, escleracemos que, em tôda a zona Paulista, de JACAREÍ a CACHOEIRA, o *módulo anual* de q^* atingirá:

dentro de 15 anos, o valor de $10 \text{ m}^3/\text{s}$, com módulos mensais, variáveis de $5,75 \text{ m}^3/\text{s}$ (maio) a $14,7 \text{ m}^3/\text{s}$ (janeiro);

dentro de 40 anos, o valor de $13,4 \text{ m}^3/\text{s}$, com módulos mensais variáveis entre $9 \text{ m}^3/\text{s}$ (abril) e $19,57 \text{ m}^3/\text{s}$ (janeiro).

Nos períodos críticos, as vazões regularizadas sofreriam decréscimos não desprezíveis, entre JACAREÍ e CAÇAPAVA e, respectivamente em BARRA DO PIRAI.

Nêste posto fluviométrico, as deficiências em relação aos $200 \text{ m}^3/\text{s}$, verificavam-se com permanência de 32% de T, atingindo valores variáveis entre $1 \text{ m}^3/\text{s}$ e $19 \text{ m}^3/\text{s}$, com uma média de ordem de $7 \text{ m}^3/\text{s}$.

O inconveniente poderia ser muito atenuado, construindo reservatórios auxiliares nos afluentes mais importantes, como sejam os rios: PARATEÍ, PIRACUAMA, GRANDE, PARANGABA, GUARTINGUETÁ, UNA, PINHÃO, PIRAPITINGUI, SÃO GONÇALO, MOTTAS e TABOÃO, sobre cujas características e capacidades, ainda não temos elementos concretos para um pronunciamento.

De todo modo, a realização dêstes reservatórios e uma ligeira contração na produção das Usinas de FORÇACAVA e CARAGUATATUBA, poderia garantir os $40 \text{ m}^3/\text{s}$ à jusante de BARRA DO PIRAI, em qualquer circunstância.

Veremos, a seguir, que, com a atualização do PLANO N.º 2, os inconvenientes acima evidenciados, poderão ser totalmente eliminados.

c) ZONA FLUMINENSE — Os consumos para irrigação na zona fluminense, não podem despertar preocupações, em face das vazões regularizadas disponíveis.

A parte irrigável da várzea de REZENDE tem uma extensão, avaliada com fatura, da ordem de 8.000 ha ; considerando condições análogas aquelas da

várzea paulista, o Eng.º Agr. JORGE DUPRAT CARDOSO, calculou as *perdas* na base de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ médios.

Considerando que de acórdio com os resultados do PLANO DE REGULARI-ZAÇÃO de 1956 o valór mínimo da descarga regularizada em REZENDE supera $140 \text{ m}^3/\text{s}$, conclue-se que a referida perda, 1,8%, é absolutamente desprezível e compreendida no grau de aproximação que pode ser exigido nas determinações hidrológicas.

Nas alturas de CAMPOS, as extensões irrigáveis, segundo um estudo da HIDRO-BRASILEIRA S.A., foram avaliados em 90.000 *ha* de terrens cultivados

com cana de açúcar. Aplicando a dotação de $0,4 \frac{\text{litros}}{\text{s} \times \text{ha}}$, valór êste comu-

mente aceito para o período das regas (dezembro-agosto), resulta uma vazão contínua, durante os 8 meses de: $36 \text{ m}^3/\text{s}$, e uma média anual de:

$$0,75 \times 36 = 27 \text{ m}^3/\text{s}$$

dos quais:

$$0,8 \times 27 = 21,6 \text{ m}^3/\text{s}$$

constituem as *perdas efetivas*. Mas no referido posto fluviométrico, fazendo referência ao ciclo (1928-1955), temos, com *regime natural*, um módulo de $959 \text{ m}^3/\text{s}$, oscilando as médias anuais entre um máximo de $1483 \text{ m}^3/\text{s}$ e um mínimo de $383 \text{ m}^3/\text{s}$. As médias mensais, entretanto, variam entre um máximo de $3667 \text{ m}^3/\text{s}$ e um mínimo de $133 \text{ m}^3/\text{s}$, correspondendo a ambos os mencionados valóres a permanência de 0,3% de *T*, enquanto a vazão de $400 \text{ m}^3/\text{s}$ tem uma duração superior a 90% de *T*. Acrescentamos, outrossim, que o mínimo de $133 \text{ m}^3/\text{s}$, verificou-se (vide parágrafo a seguir), em uma época em que estavam sendo derivadas à jusante de BARRA DO PIRAI, vazões inferiores à $40 \text{ m}^3/\text{s}$. Por consequência, êsse mínimo será aumentado pelo regime previsto no PLANO DE REGULARIZAÇÃO.

Os algarismos referidos dispensam qualquer comentário quanto às amplas possibilidades oferecidas para atender as exigências da irrigação na planície de CAMPOS.

5. C) PROBLEMAS DE NAVEGAÇÃO

a) Os estudos destinados a tornar navegáveis os cursos de água, apresentam em geral aspectos muito complexos, em vista dos numerosos elementos, de ordem hidrológica, hidráulica, topográfica, geológica e econômica, que focalizam o problema. Porém, ao mesmo tempo, numerosos são os recursos dos quais a técnica dispõe para resolvê-lo, isto é: regularização dos álveos para canalizar, de maneiras adequadas, as vazões de estiagem; represamentos com eclusas nos trechos em que, com escoamento livre, não é possível realizar secções líquidas compatíveis com os gabaritos padrões; utilização dos reservatórios, realizados para regularização de vazões, vencendo os desníveis das barragens, por meio das eclusas; etc.

Portanto, as reduções das vazões mínimas que se verificarem no rio PARAÍBA à jusante, respectivamente:

de S. BRANCA (até as proximidades de CAÇAPAVA), em virtude do desvio para CARAGUATATUBA;

de S. CECÍLIA (até a barra do rio PRETO), em virtude do desvio para FORÇACAÇA;

sòmente poderão exigir obras um pouco mais onerosas para garantir as condições de navegabilidade, com uma determinada vazão de estiagem. A cobertura dos maiores ônus caberá, naturalmente, aos ribeirinhos que se beneficiarem com os referidos desvios.

b) Os efeitos dos dois referidos desvios, amortecem-se rapidamente, seguindo à jusante de CAÇAPAVA e, respectivamente, da confluência do rio PRETO.

Com efeito, os mínimos das vazões naturais Q_m e regularizadas $Q_{m,r}$, tornam-se iguais entre CRUZEIRO e QUELUZ.

Seguindo para a jusante, verifica-se que a diferença:

$$(Q_{m,r} - Q_m)$$

é positiva e crescente.

Considerando o trecho à jusante da barra do rio PRETO, possuímos elementos para examinar as condições de escoamento apenas no posto fluviométrico de PONTE DE CAMPOS. A curva chave, determinada pela DIVISÃO DE ÁGUAS, mostra que, também durante as maiores estiagens, a variação de altura hidrométrica h em função das descargas Q é relativamente modesta.

Assim, por exemplo, para a vazão mínima diária de:

$$Q = 102 \text{ m}^3/\text{s}$$

verificada em setembro e outubro de 1955, temos:

$$h = 5,29 \text{ m}$$

Naquela época, em virtude da crise de produção de energia elétrica, despejava-se à jusante de BARRA DO PIRAI, a vazão de:

$$q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$$

sendo, então, igual a:

$$(102 - 10) = 92 \text{ m}^3/\text{s}$$

a contribuição da bacia entre BARRA DO PIRAI e CAMPOS.

Supondo-se, que à jusante de SANTA CECÍLIA, fòssem derivados, respectivamente:

$$q_1 = 40 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (mínimo fixado pela Portaria n.º 1053)}$$

$$\text{ou } q_2 = 85 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (vazão natural mínima)}$$

teríamos em CAMPOS: 132 e 177 m^3/s , com alturas na régua de 5,48 e 5,70 m, isto é, alteamentos do nível líquido, de apenas:

$$5,48 - 5,29 = 0,19 \text{ m}$$

$$5,77 - 5,29 = 0,48 \text{ m}$$

Para que a superfície livre cubra as bases de apoio dos pilares da ponte, é necessário atingir aproximadamente, a altura hidrométrica:

$$h = 8 \text{ m}$$

à qual corresponde:

$$Q = 1.038 \text{ m}^3/\text{s}$$

vazão esta, que pode ser classificada entre aquelas que ocorrem nas enchentes moderadas

5. D) PROBLEMAS HIDROLÓGICOS

Verificações feitas pela DIVISÃO DE ÁGUAS sugeriram modificar parcialmente, as *curvas chaves* relativas aos postos fluviométricos de CACHOEIRA, REZENDE e BARRA DO PIRAÍ e levantaram dúvidas, quanto à validade da *curva chave* de BARRA MANSA.

Tornava-se, portanto, necessário fazer algumas alterações, nas séries de vazões médias mensais:

em FUNIL, onde as descargas tinham sido calculadas, pelo critério de correlação de áreas, utilizando os dados de CACHOEIRA em REZENDE;

em BARRA DO PIRAÍ, utilizando a nova curva chave da D.A., para o período 1928-51, e, baseando nos dados REZENDE (em lugar de BARRA MANSA), para aplicar o critério da correlação, no período 1952-53.

5. E) Finalizando a enumeração das ocorrências, mencionaremos as três a seguir:

a) Os aproveitamentos hidroelétricos, localizados à jusante de BARRA DO PIRAÍ, não sofrerão influências negativas em virtude do PLANO DE REGULIZAÇÃO, sendo que as Companhias concessionárias, presentes ou futuras, devem fundamentar os seus cálculos, na descarga mínima de 40 m^3/s em S. CECÍLIA.

b) As conclusões da COMISSÃO DO DESENVOLVIMENTO ECONÓMICO DO VALE DO PARAÍBA eram, de um modo geral, favoráveis ao PLANO N.º 2 e até chegaram a recomendar as modalidades relativas à execução, manutenção e operação das represas contempladas no Plano, por parte do D.A.E.E. de São Paulo, do GOVERNO FEDERAL e da CIA. de CARRIS LUZ E FÓRÇA.

c) Nas REUNIÕES DE ESTUDOS E DEBATES SOBRE PROBLEMAS DO VALE DO PARAÍBA, promovidas pelo INSTITUTO DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO e pela COMISSÃO PARLAMENTAR INTERESTADUAL, de 29 à 30 de novembro de 1957, foram feitas amplas e detalhadas exposições pelos responsáveis dos mais significativos trabalhos elaborados para o aproveitamento integral do rio PARAÍBA. Todos os aspectos das complexas questões, foram examinadas sob os diferentes pontos de vista das partes interessadas, em discussões de alto nível, das quais participaram abalizados técnicos e políticos que integravam as representações oficiais dos ESTADOS DO RIO DE JANEIRO, SÃO PAULO e MINAS GERAIS e da CIA. de CARRIS, LUZ E FÓRÇA DO RIO DE JANEIRO.

Seria impossível fazer aqui sequer um resumo dos numerosos assuntos tratados, que constituem, aliás, objeto de um importante volume publicado pelo INSTITUTO DE ENGENHARIA.

Podemos, contudo, afirmar que tôdas as conclusões convergiram, substancialmente, para o reconhecimento dos requisitos técnicos da solução consubstanciada no PLANO DE REGULARIZAÇÃO DO D.A.E.E. O nobre Deputado Dr. VASCONCELOS TORRES, disse textualmente: "A Delegação Fluminense faz questão de frisar o seu alto apreço pelos estudos desenvolvidos pelos engenheiros e técnicos paulistas, salientando o seu agrado pelas afirmações repetidas de que a Usina de CARAGUATATUBA não será construída com o prejuízo dos sagrados interesses do Estado do Rio".

Os únicos reparos, feitos pela própria Delegação Fluminense, referem-se à descarga mínima de 40 m^3/s , à jusante de SANTA CECÍLIA, fixada pela PORTARIA N.º 1053 de 9-10-52.

Foi recomendada, outrossim, a construção dos reservatórios regularizadores das vazões e que a instalação da Usina de CARAGUATATUBA seja levada a efeito por etapas sucessivas, mediante verificação dos resultados decorrentes do volume de águas derivado.

6. CONCLUSÕES — Examinadas as referidas ocorrências, consubstanciamos a situação através das seguintes considerações particularmente significativas:

a) A realização das obras previstas no PLANO DE REGULARIZAÇÃO N.º 2 já tinha sido iniciada com a construção da barragem de SANTA BRANCA, pela Cia. de CARRIS, LUZ E FÔRÇA DO RIO DE JANEIRO.

b) A Cia. HIDROELÉTRICA DO VALE DO PARAÍBA, de recente constituição, pretendia empreender a construção da "Barragem-Usina" de FUNIL, criando a 6.ª represa preconizada pelo referido PLANO.

c) O D.A.E.E. de São Paulo poderia passar, sem demoras, à execução, aliás prevista no PLANO DE AÇÃO DO GOVERNO DE SÃO PAULO, da barragem-usina de JAGUARI (4.º reservatório do PLANO), cujos projetos já tinham recebido a aprovação da DIVISÃO DE ÁGUAS DO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA.

d) Os reservatórios de SANTA BRANCA, JAGUARI e FUNIL, manterão os mesmos volumes e as mesmas cotas de inundação, qualquer que seja a alternativa escolhida para o desvio de CARAGUATATUBA.

e) Por outra parte, mais de 50% da capacidade útil global dos reservatórios previstos no PLANO DO D.A.E.E. visavam, essencialmente, compensar a transposição para a vertente oceânica da descarga destinada a alimentar as unidades geradoras da Usina de CARAGUATATUBA, mantendo assim inalterados os 200 m^3/s previstos em BARRA DO PIRAI, pelos Decretos de concessão da CIA. de CARRIS, LUZ E FÔRÇA e pela Portaria n.º 1053 de 9-10-52 (parágrafo II, item 1) e confirmados no Decreto de concessão da Usina de CARAGUATATUBA (34.948 de 18-1-54).

f) No caso de não ser realizada a Usina hidroelétrica de CARAGUATATUBA, seriam as represas da CIA. DE CARRIS, LUZ E FÔRÇA que deveriam garantir a descarga de 200 m^3/s em SANTA CECÍLIA.

g) A parte de capacidade útil global dos reservatórios, a cargo do D.A.E.E. de SÃO PAULO, e que excede a parte de responsabilidade da CIA. DE CARRIS LUZ E FÔRÇA, ficava dependendo, de maneira preponderante, da fixação da descarga desviada para a vertente oceânica ou, pelo menos, de um *mínimo inicial* da mesma descarga, a ser futuramente aumentado com critério oportuno.

h) Por consequência também a altura, logo, o custo das barragens e das obras anexas, estava dependendo da vazão desviada para a vertente oceânica.

i) Na eventualidade de se verificar o caso da alínea f), as únicas obras a serem realizadas pelo ESTADO DE S. PAULO, entre SANTA BRANCA e QUELUZ teriam fins mais limitados, visando apenas: compensar eventualmente as perdas por irrigação durante as estiagens críticas; defesa contra as inundações (com a cooperação do D.N.O.S.); navegação; pesca; usos recreativos das águas; turismo, etc. As mencionadas obras apresentam características diferentes e são muito menos vultuosas do que as represas projetadas no PLANO DE REGULARIZAÇÃO; o elevado custo dessas represas encontraria a sua razoável justificação na Usina de CARAGUATATUBA, cujo funcionamento compensaria de maneira adequada o relevante emprêgo dos recursos públicos.

j) Seja em vista da urgência de aumentar a produção de energia elétrica, seja para tornar executivas as providências necessárias para o reerguimento econômico do vale, era imprescindível que o D.A.E.E. de SÃO PAULO e a CIA. de CARRIS LUZ E FÔRÇA encarassem os respectivos programas, evitando demoras que seriam de grave prejuízo para os Estados de SÃO PAULO e RIO DE JANEIRO.

k) Para atender às exigências previstas na alínea precedente, devia ser superado o impasse que estava impedindo há 3 anos as iniciativas do D.A.E.E. e da CIA. de CARRIS, LUZ E FÔRÇA.

CONCLUSÃO: Em vista, portanto, de tôdas as ponderações precedentes, foi decidido atualizar o PLANO DE REGULARIZAÇÃO N.º 2, gradualizando a sua realização no tempo, e prevendo-se, numa primeira etapa, vazões regularizadas tais que satisfizessem as mais severas limitações indicadas.

7 — O PLANO ATUALIZADO OU PLANO N.º 3

A) Vejamos, em primeiro lugar, quais são os elementos essenciais que diferenciam o PLANO N.º 3 em relação ao N.º 2, e que foram sugeridos também levando em consideração trabalhos feitos em épocas sucessivas à publicação do PLANO N.º 2, quais sejam:

levantamentos topográficos, geofísicos e geológicos, executados pela CONSULTORIA TÉCNICA (C.T.) do D.A.E.E.;

exame comparativo de diferentes soluções para o desvio, esboçadas com a cooperação do "Escritório Técnico O.M.F.";

projetos parciais elaborados pela C.T., pelo Escritório Técnico O.M.F. e pela CHEVAP;

elementos fornecidos pela Divisão de Águas.

a) Em BARRA DO PIRAÍ, o módulo das vazões relativas ao período de estiagem crítica passa de 200,7 para 205 m^3/s , com um aumento de 4,3 m^3/s , valor ao qual corresponde o volume de 460 x 10⁶ m^3 , durante todo o referido período.

b) A barragem de PONTE DO MINEIROS, no rio PARAÍTINGA, desloca-se para a secção fluviométrica de PAIOL GRANDE, localizada 4 km à jusante. Mantendo-se a capacidade útil de 300 x 10⁶ m^3 , e a cota de máxima inundação em 740 *m.s.n.m.*, a cota de mínima inundação passa de 705 para 720 *m.s.n.m.*

c) No reservatório de "LOCAL B", no rio PARAIBUNA, após acurado exame das configurações topográficas e geológica das ombreiras, fixa-se a máxima cota de inundação na cota 705 *m.s.n.m.*

Eleva-se, entretanto, o nível de mínima inundação de 687 para 692,50 *m.s.n.m.*

A capacidade útil fica assim reduzida de 1420 x 10⁶ m^3 , para 656,3 x 10⁶ m^3 . Veremos, daqui a pouco, como recuperam-se os 763,7 x 10⁶ m^3 de diferença.

d) Aproveita-se, para fins energéticos o desnível bruto de:

$$740 - 625 = 115 \text{ m}$$

entre o reservatório de PARAÍTINGA e a cota d'água à jusante do reservatório de PARAIBUNA.

e) Localiza-se o plano axial das turbinas, na Usina de CARAGUATATUBA, na cota 23 em vez de 40 *m.s.n.m.*, fixado com critério prudente no PLANO

N.º 2. A queda bruta aproveitada variará entre os valores 682 m e 674,50 m que superam, respectivamente, de 17 m e 27,50 m os limites correspondentes, estabelecidos no PLANO N.º 2.

f) A capacidade útil do reservatório de FUNIL, entre as cotas 466,50 e 428 m.s.n.m., passa, em virtude de levantamentos definitivos, de 550×10^6 para $750 \times 10^6 \text{ m}^3$.

g) A redução de capacidade do reservatório de PARAIBUNA, avaliada, como foi visto, em $763,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ resulta compensada por:

— maior deflúvio em B.d.P.	$460 \times 10^6 \text{ m}^3$
— aumento da cap. útil de FUNIL	$200 \times 10^6 \text{ m}^3$
— volume útil provável, correspondente a uma zona inundada do Reservatório de Paraibuna, porém levantada só recentemente.	$110 \times 10^6 \text{ m}^3$
Total	<hr/> $770 \times 10^6 \text{ m}^3$

h) Modifica-se a curva dos volumes do reservatório de JAGUARI, totalizando-se $912 \times 10^6 \text{ m}^3$ úteis, entre as cotas (618) e (587).

i) Integram o PLANO N.º 3 o sistema constituído pelo Reservatório no rio TURVO ($230 \times 10^6 \text{ m}^3$) e o desvio de $10 \text{ m}^3/\text{s}$ do rio PRETO — proposto pela DIVISÃO DE ÁGUAS.

Atribuímos a êsse sistema, junto com os reservatórios menores já mencionados, uma função de compensação das perdas por irrigação.

B) DISPONIBILIDADE TOTAL NO PERÍODO CRÍTICO (41 meses): junho 52 — novembro 55.

Deflúvio natural do rio PARAIBA em S. CECÍLIA:	$21.791 \times 10^6 \text{ m}^3$
— Volume útil global dos 6 reservatórios:	$3.363 \times 10^6 \text{ m}^3$
	<hr/> $25.154 \times 10^6 \text{ m}^3$

Corresponde, em 41 meses, à vazão média de $236,7 \text{ m}^3/\text{s}$
Os volumes dos reservatórios são os seguintes:

PARAITINGA	$300. \times 10^6 \text{ m}^3$
PARAIBUNA	$657. \times 10^6 \text{ m}^3$
S. BRANCA	$424. \times 10^6 \text{ m}^3$
JAGUARI	$912. \times 10^6 \text{ m}^3$
BUQUIRA	$320. \times 10^6 \text{ m}^3$
FUNIL	$750. \times 10^6 \text{ m}^3$
	<hr/> $3.363. \times 10^6 \text{ m}^3$

C) ESQUEMA FUNCIONAL E VAZÕES REGULARIZADAS

a) Para determinar as operações dos Reservatórios e o regime regularizado, foram aplicados os mesmos processos de cálculo já mencionados.

Resumiremos brevemente os elementos mais significativos, distinguindo as duas etapas previstas no PLANO.

b) 1.^a ETAPA.

α) O reservatório de PARAIBUNA:

desvia para a vertente oceânica vazões médias variáveis entre: $35 \text{ m}^3/\text{s}$ e $16 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo o módulo de $30,9 \text{ m}^3/\text{s}$ (FIGURAS N.os 5 e 6);

FUNCIONAMENTO NA PRIMEIRA ETAPA

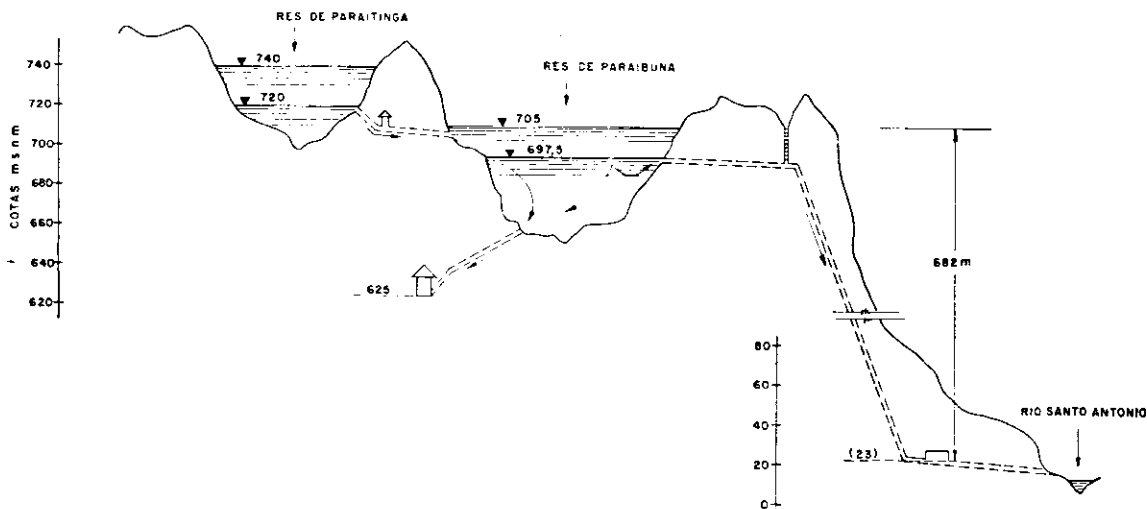


FIG. N.º 5

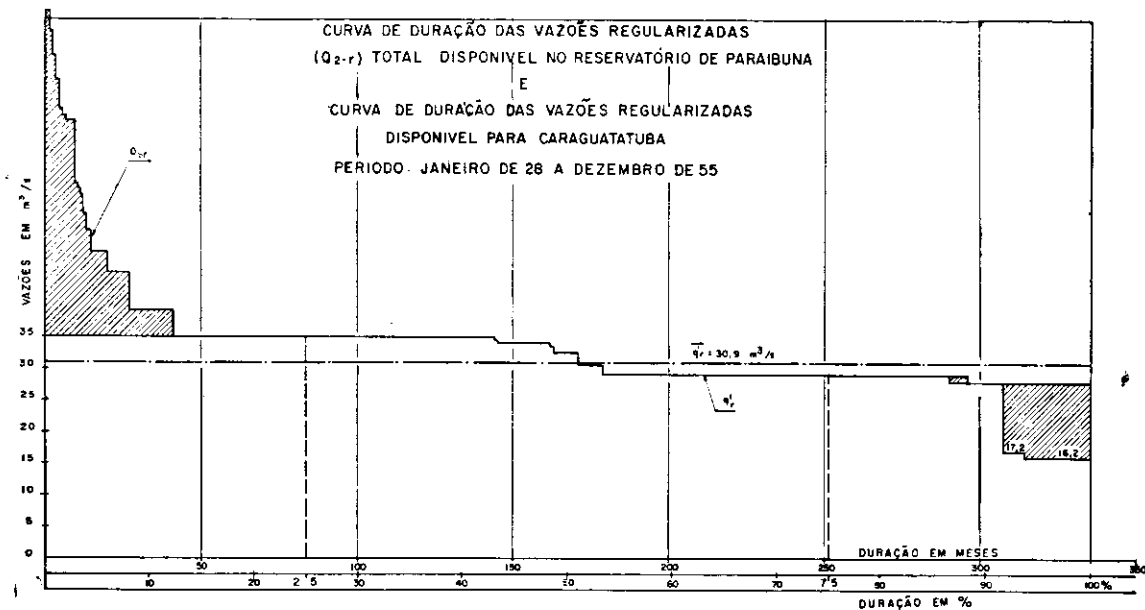


FIG. N.º 6

deriva para jusante (S. BRANCA) a vazão de $11,8 \text{ m}^3/\text{s}$ durante 71% da duração da estiagem crítica absoluta, e todos os excessos entre as vazões regularizadas disponíveis $Q_{2,r}$ e $35 \text{ m}^3/\text{s}$, durante 14% do ciclo total T (28 anos).

β) O reservatório de PARAITINGA funciona *em série* com o de S. BRANCA; porém as vazões regularizadas (FIGURA N.º 9) *passam* pelo Reservatório de PARAIBUNA, de modo a aproveitar, em 2 Usinas, o desnível bruto de 115 m, disponível entre o próprio Res. de PARAITINGA e o rio PARAIBUNA, à jusante da barragem de LOCAL B.

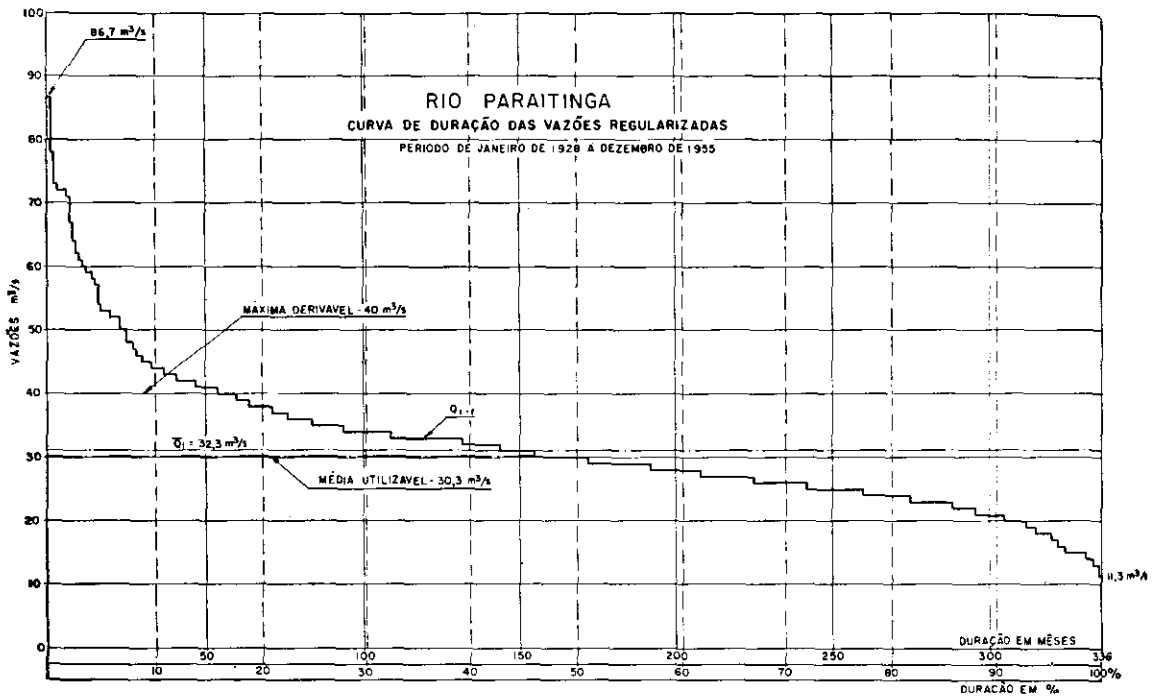


FIG. N.º 9

γ) O sistema de cabeceira compreende os reservatórios de: PARAITINGA — S. BRANCA, JAGUARI, BUQUIRA e articula-se com o de PARAIBUNA, pelas vazões dêsse derivadas para jusante.

O reservatório de extremidade continua sendo o de FUNIL.

δ) VAZÕES MÍNIMAS REGULARIZADAS NOS POSTOS CHAVE:

S. BRANCA : 22 m³/s. (permanência 18%), que supera de 2 m³/s. o valor considerado "excessivo" e fixado pela vistoria "DE BRITO" (FIGURA N.º 10).

FAZENDA S. JOÃO: 2 m³/s. (permanência 12,5%), (FIGURA N.º 11).

BUQUIRINHA : 1 m³/s. (permanência 15%). (FIGURA N.º 12).

FUNIL : 128,4 m³/s. (permanência 3%). (Figura N.º 7).

S. CECÍLIA : 210 m^3/s . (permanência 9,6%) que supera de 10 m^3/s ., o mínimo fixado pela concessão. Desviando para as Usinas da CARRIS L. e F. 160 m^3/s ., ficariam disponíveis, à juzante da barragem 50 m^3/s . (FIGURA N.º 8).

ε) É interessante o QUADRO comparativo das vazões mínimas do PLANO N.º 2 e, respectivamente, do PLANO N.º 3 .

VAZÕES REGULARIZADAS	VALORES MÍNIMOS (m^3/s)	
	no Plano N.º 3	no PLANO N.º 2
desviadas para a vertente oceânica	16,0	37,5
em S. BRANCA	22,0	10,0
em FAZENDA S. JOÃO	2,0	1,0
em BUQUIRINHA	1,0	1,0
em FUNIL	128,4	136,0
em S. CECÍLIA	210,0	200,0

Acrescentamos que, de CACOHEIRA PAULISTA, para juzante, as vazões mínimas regularizadas superam, apesar do desvio, as mínimas médias mensais com regime natural.

Assim, por exemplo, em VOLTA REDONDA, temos respectivamente: 190 e 100 m^3/s .

ζ) O balanço energético (provisório) pode ser sintetizado nos dados seguintes:

<i>Pôtências instaladas:</i>		
na Usina de CARAGUATATUBA	349.000 kW	50,7%
nas Usinas menores (PARAITINGA, PARAI- BUNA, S. BRANCA, JAGUARI, BUQUIRA)	129.900 kW	18,8%
na Usina de FUNIL	210.000 kW	30,5%
Total	688.900 kW	100,0%

A potência média total produzida pode ser avaliada, com boa aproximação, em 270.000kW, aos quais correspondem respectivamente 6.480.000kWh por dia e 2.365.000.000 kWh por ano.

c) 2.ª ETAPA

α) Na 2.ª etapa, aumenta-se de 5 m^3/s . contínuos a vazão desviada para CARAGUATATUBA, e levando as vazões: máxima, média utilizável e mínima respectivamente, para: 40, 35, 9 e 21 m^3/s . Isto acarreta, substancialmente:

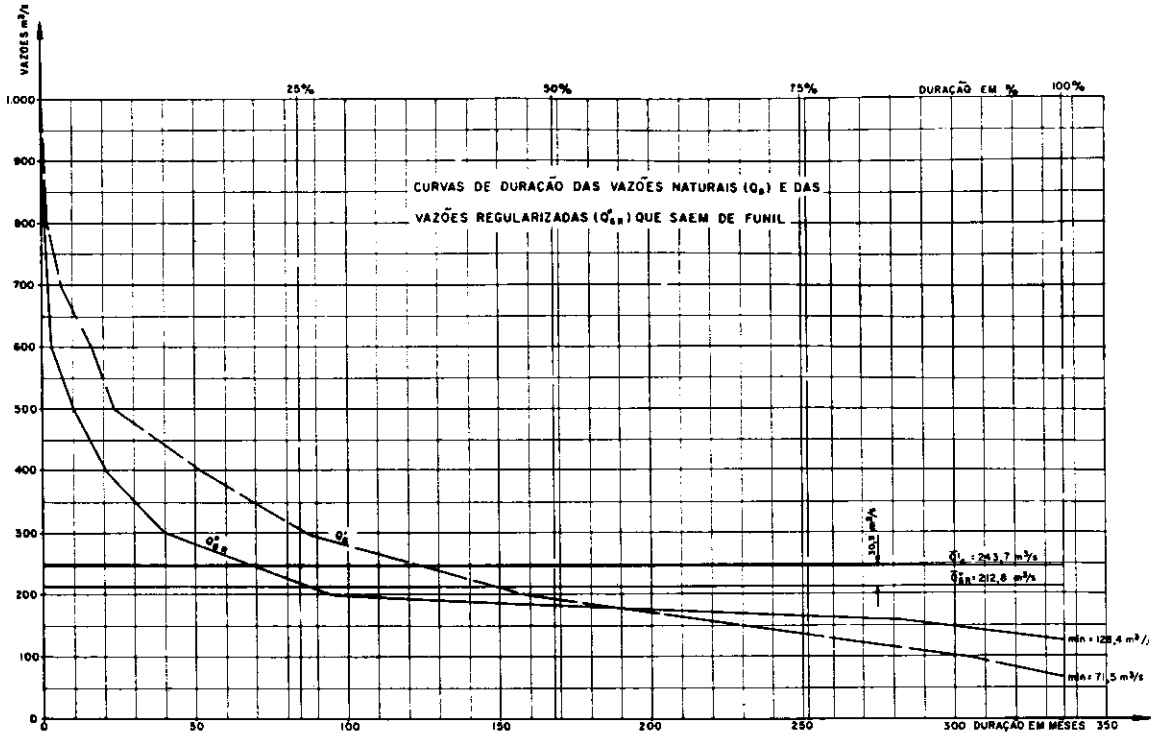


FIG. N.º 7

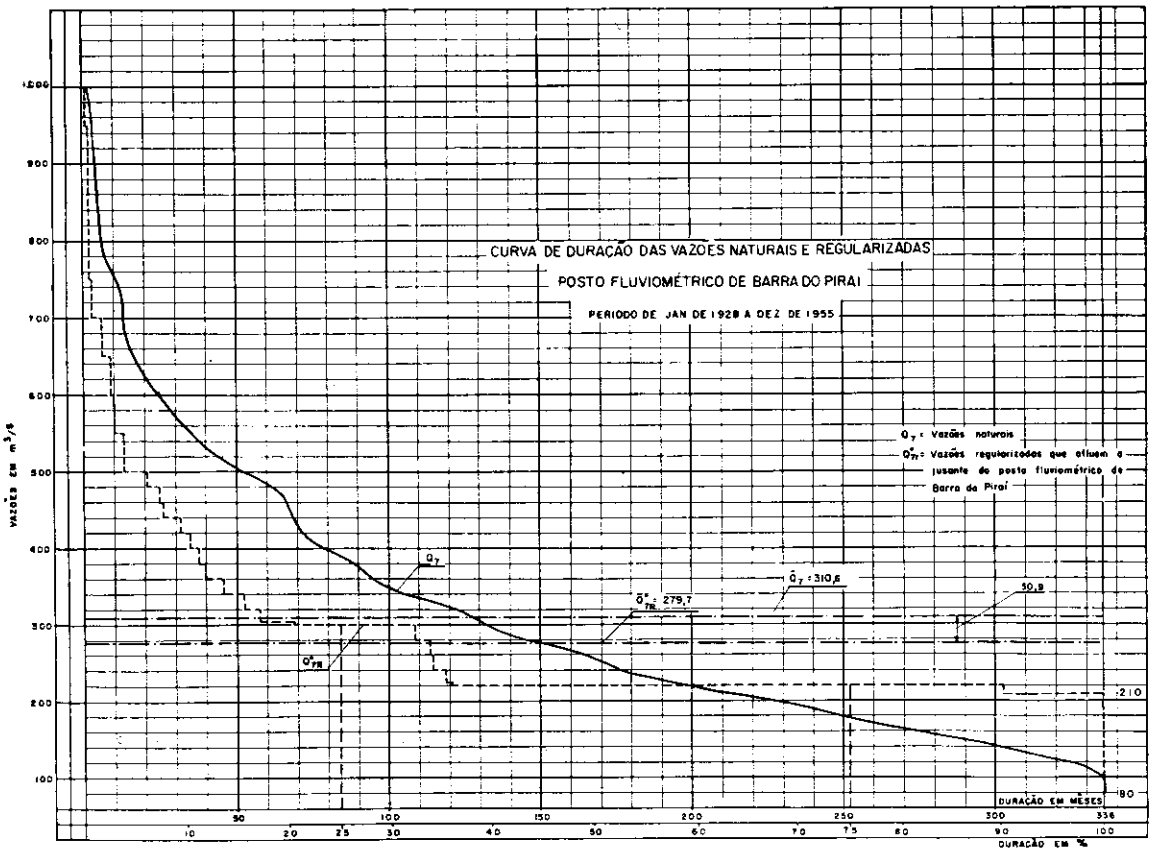


FIG. N.º 8

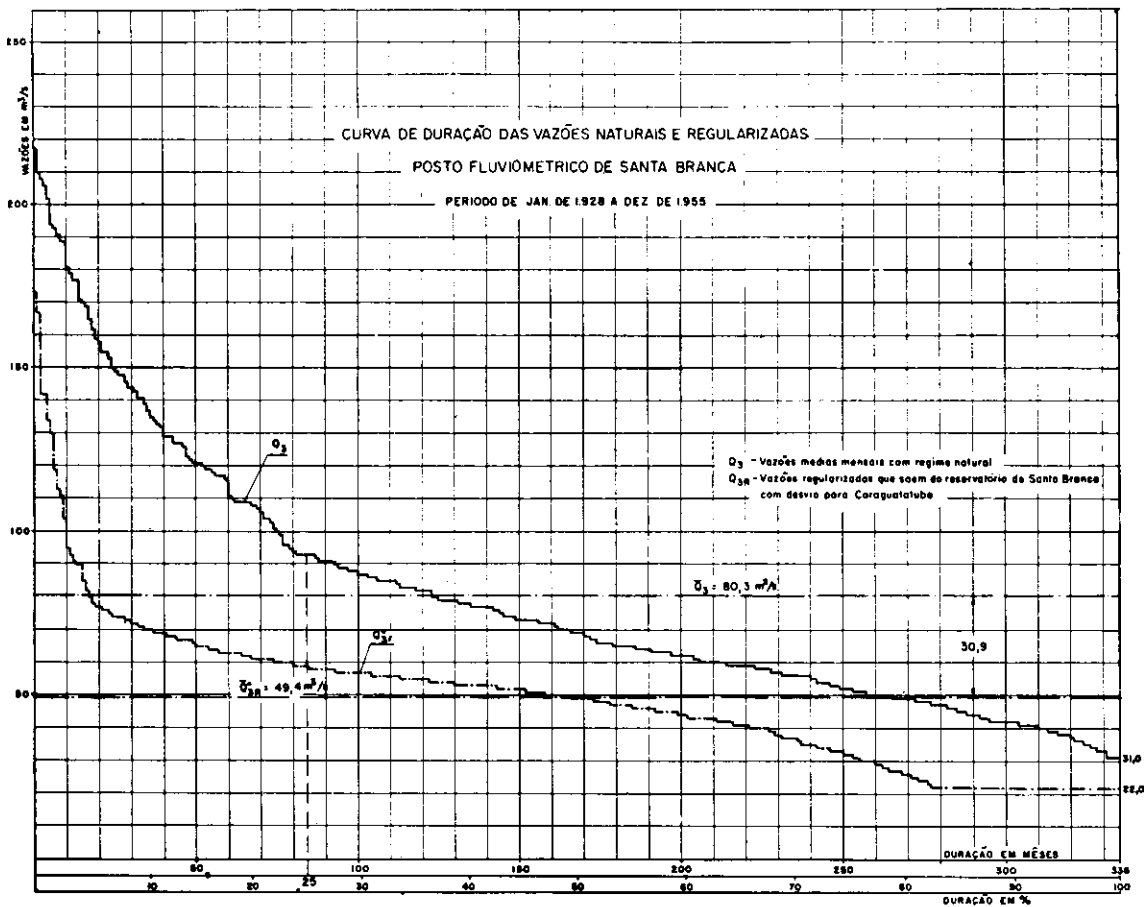


FIG. N.º 10

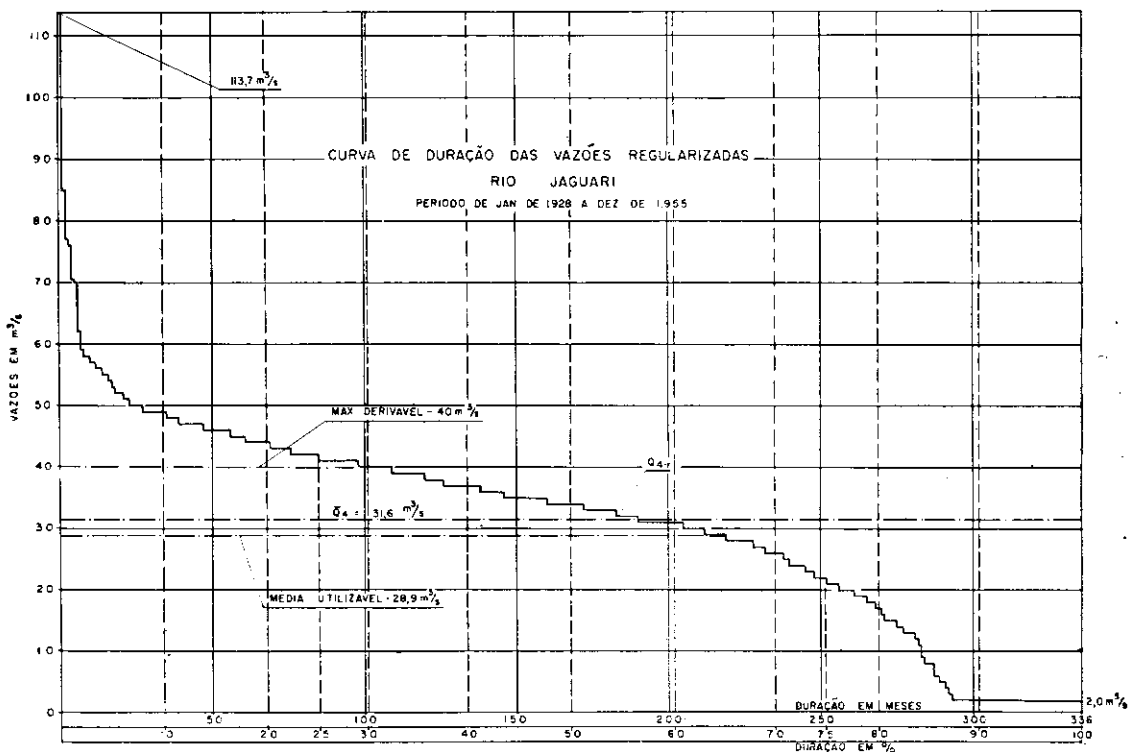


FIG. N.º 11

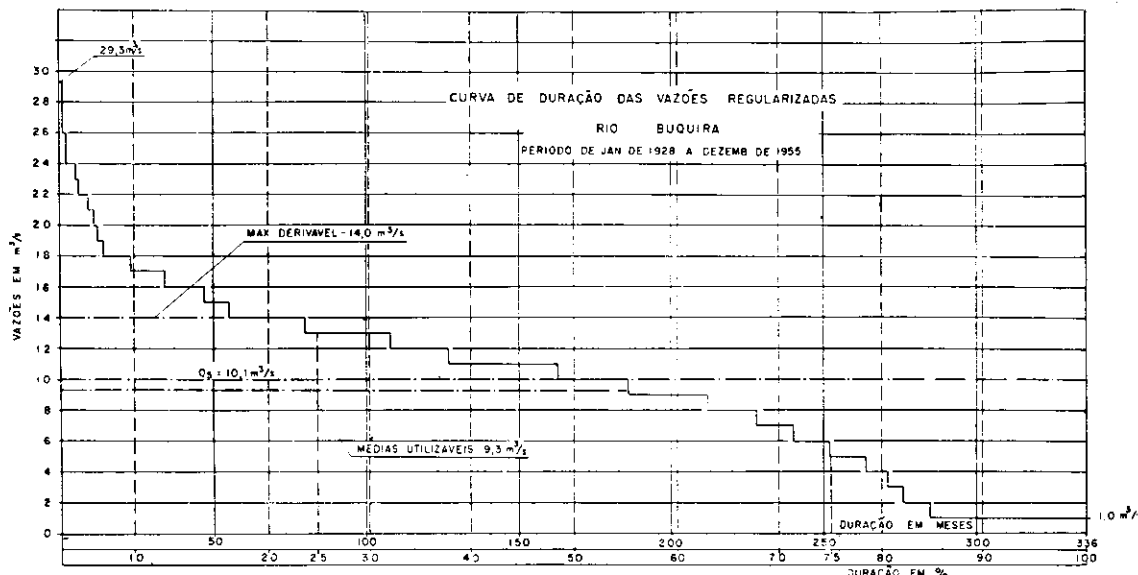


FIG. N.º 12

a redução, de 11,8 para 6,8 $m^3/s.$, da contribuição que o Res. de PARAIBUNA deriva para S. BRANCA, durante 71% (29 meses) da duração da *estiagem crítica absoluta*;

a redução de 5 $m^3/s.$ dos excessos (cauculadas desta vez em relação a 40 $m^3/s.$) das vazões regularizadas do PARAIBUNA desviadas para S. BRANCA, durante 9% do ciclo hidrológico T;

a contribuição de 5 $m^3/s.$ contínuos durante 82,5% do ciclo hidrológico T, do Res. de PARAITINGA, para o desvio oceânico (CARAGUATATUBA).

Em resumo, *durante 17,5% do ciclo, o rio PARAIBUNA regularizado continua contribuindo para melhorar as condições hidrológicas gerais do vale com vazões variáveis entre 6,8 e 42,8 $m^3/s.$, enquanto durante 82,5% recebe uma contribuição fixa de 5 $m^3/s.$, para aumentar a produção em CARAGUATATUBA.*

Se considerarmos que os módulos naturais em ESTRADA DE PARAIBUNA (secção que sustenta a bacia inteira do ALTO PARAÍBA) e em BARRA DO PIRAI, são, respectivamente, 76 $m^3/s.$ e 310,6 $m^3/s.$, constatamos que o módulo desviado para a vertente oceânica (35,9 $m^3/s.$), representa apenas: 47,3% e 11,5% dos referidos valores.

O desvio para CARAGUATATUBA, aliás, bem compensado pelo imponente conjunto dos Reservatórios, está bem longe da responsabilidade de dessecar o rio PARAÍBA, como, em épocas felizmente remotas, pessoas não bem informadas pretenderam divulgar.

ζ) Em S. BRANCA, a vazão mínima regularizada passa a ser 17 $m^3/s.$, com uma permanência de 16,4% do ciclo completo T e de apenas 2,7% de T considerando os meses da *estiagem crítica absoluta*.

γ) Ficam sem alterar os mínimos (2 e 1 $m^3/s.$) nas barragens de JAGUARI e BUQUIRA.

ξ) Tornam-se, respectivamente, 123,4 e 205 $m^3/s.$, os mínimos em FUNIL e S. CECÍLIA, com as permanências já referidas.

ε) As perdas por irrigação, como foi dito, serão compensadas pelo desvio do rio PRETO, pelo Reservatório do rio TURVO e pelos reservatórios auxiliares de PARATEÍ, PIRACUAMA, GRANDE, etc., já mencionados precedentemente.

ζ) Em conclusão, o regime regularizado, previsto pelo PLANO N.º 3, satisfaz com razoável fartura, às exigências mais rigorosas apontadas.

d) Ainda duas interessantes considerações:

O estudo das operações dos reservatórios foi organizado com critério razoavelmente cauteloso.

Nunca chegamos ao completo esgotamento das capacidades úteis: no fim da *estiagem crítica absoluta* temos ainda uma acumulação global de $90 \times 10^6 m^3$, aos quais corresponde, em 1 mês, à vazão contínua $34.5 m^3/s$, que deve ser somada às contribuições naturais da bacia.

Foram determinados, inicialmente, os diagramas integrais:

$$\varphi^*(t) = \int_0^t Q_r dt \quad (1)$$

das vazões regularizadas, obdecendo ao critério estatístico da *maior uniformidade*, compatível com tôdas as *equações de condições* do problema (vide nosso processo), equações pela squais consubstanciamos, seja as limitações de ordem hidrológica, seja o grau de cautela, acima referido.

Em seguida, temos procedido à *modificação dos diagramas $\varphi^*(t)$* , visando *fixar normas para as operações dos reservatórios aplicáveis futuramente*, quando do exercício do sistema, isto é, quando as vazões naturais médias mensais, deverão ser previstas, por critérios probabilísticos.

Chegamos, assim, a traçar novos diagramas $\varphi(t)$, os definitivos, mui próximos aos teóricos, em função de regras absolutamente simples, equacionadas na forma:

$$Q_r = \frac{d\varphi}{dt} = f(V_a) \quad (2)$$

sendo V_a o volume armazenado *no* ou *nos* reservatórios (vide PLANO ATUALIZADO — Vol. 1.º — pág. 39-41 e 44-45).

Essas regras *permitirão*, com grande facilidade, *organizar as futuras operações dos reservatórios, realizando as condições técnicas previstas no PLANO*. Naturalmente, considerando a complexidade do sistema, o serviço deverá ser confiado a um órgão autorizado, em que sejam concentradas as responsabilidades pelo conjunto dos seis reservatórios e que conte, para o desenvolvimento rotineiro do trabalho, com um técnico realmente capacitado e conhecedor do problema e com um setor de hidrografia e informações (procedentes dos diferentes aproveitamentos), razoavelmente organizado. Só isso.

e) BALANÇO ENERGÉTICO DEFINITIVO

As providências de 2.ª etapa comportam uma maior eficiência da Usina de CARAGUATATUBA passando a potência instalada de 349.000 kW para 418.800 kW, (inclusive 20% de reserva), e a produção média diária para 4.500.000 kWh, aproximadamente (1.642.500.000 kWh anuais).

Por outra parte, as Usinas de PARAIBUNA, S. BRANCA, FUNIL, e as outras à juzante de S. CECÍLIA (de SAPUCAIA a S. FIDELIS), sofrerão uma redução média anual de produção avaliada globalmente em 7.500 kW.

Sendo 25.590 kW o aumento de produção em CARAGUATATUBA, teremos um superavit de:

$$(25.590 - 7.500) = 18.090 \text{ kW}$$

aos quais correspondem: $\pm 159.000.000 \text{ kWh}$ anuais.

Sem alterar, as Usinas de JAGUARI e BUQUIRA.

O balanço energético definitivo do PLANO N.º 3 portanto, pode resumir-se nos algarismos seguintes:

Potência total instalada:	747.900 kW
Energia produzida: média diária:	7.012.800 kWh
média anual:	2.560.000.000 kWh

O QUADRO referido no mapa geográfico (FIGURA a) consubstancia as potências de todas as instalações hidroelétricas realizadas e futuras, na bacia do PARAÍBA.

Essas instalações foram reunidas em 4 grupos, totalizando globalmente 2.540.220 kW: um potencial energético vultuoso e de inestimável valor, distribuindo ao longo do eixo estratégico, que une as duas grandes Capitais, RIO DE JANEIRO e SÃO PAULO, percorrendo regiões já encaminhadas para o maior desenvolvimento agrícola, industrial e urbano.

Até hoje, foram construídas (pela Cia LIGHT) apenas as Usinas do 2.º Grupo e aquela de ILHA DOS POMBOS, por um total de 746.000 kW, que representa 29,4% do total.

A realização dos aproveitamentos hidroelétricos previstas no PLANO GERAL DE REGULARIZAÇÃO, dobra, praticamente, a potência atualmente instalada, introduzindo no sistema, energia excepcionalmente barata.

D) Uma última consideração pode ser feita no que diz respeito às enchentes e outros problemas hidrológicos e fluviais.

As grandes represas exercem, sem dúvida, uma ação moderadora sobre as enchentes. Nos períodos em que os reservatórios não estão cheios, as ondas de enchente serão absorvidas por completo e, a jusante da barragem, escoar-se-ão as vazões regularizadas indicadas nas TABELAS.

Quando as ondas afluírem ao reservatório completamente cheio, poderá obter-se, igualmente, uma redução ou laminação do pico natural, projetando-se, os vertedores de modo que o nível de inundação, durante os eventos críticos, supere o máximo nível útil, isto é, o nível máximo em relação à capacidade útil do reservatório. A laminação obtida é considerável, quando as áreas inundadas são extensas. Assim por exemplo, os descarregadores superficiais do reservatório de BARRA BONITA (rio TIETÊ) terão a capacidade de diminuir o pico da onda crítica, de 5038 m³/s. para 4058 m³/s. O decréscimo (980 m³/s.), representa 19,5% de 5038 m³/s.

Sobre o deflúvio das enchentes, é de se considerar, também, o efeito das obras de retificação do álveo do rio PARAÍBA, projetadas pelo Ilustre Prof. CAMILO DE MENEZES e já parcialmente executadas pelo D.N.O.S.

De todo modo, sobre o particular, ainda não podemos divulgar resultados quantitativos exatos e, portanto, preferimos adiar qualquer informação para outra oportunidade.

Podemos, entretanto, acrescentar, que importantes pesquisas hidro-turbinétricas estão sendo feitas pelo S.V.P. com a cooperação da CONSULTORIA TÉCNICA do D.A.E.E. (posto hidro-turbinométrico de S. JOSÉ DOS CAMPOS) e do LABORATÓRIO DE HIDRAULICA, para estudar os efeitos pelos quais serão responsáveis os reservatórios, em relação ao equilíbrio mecânico dos álveos.

Numerosos postos limimétricos foram, outrossim, instalados pela D.P.H. do D.A.E.E., sob a orientação do Eng.º STRELITZ.

8) O PLANO N.º 3 que satisfaz às necessidades e limitações mais exigentes impostas ao problema, visando, de um lado o reerguimento econômico do VALE DO PARAÍBA e de outro, a produção da energia elétrica, foi **aprovado** pelo MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, com despacho do Sr. Ministro, de 12-1-61, publicado no DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO de 30-5-61 (Fôlha 4920).

No 'Assunto', do referido Despacho, está dito textualmente:

“Atualização do Plano Geral de Regularização do Rio Paraíba, que pretende fixar, de modo definitivo, os elementos altimétricos, volumétricos e as operações dos reservatórios; o regime regularizado e as características dos aproveitamentos hidroelétricos em relação às condições de funcionamento definitivo como 1.ª Fase — “Aprovo o plano atualizado de regularização do Rio Paraíba, de acôrdo com o parecer do Sr. Diretor Geral”.

Poucos meses antes (outubro de 1960), o MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, teve por bem aprovar também o PLANO N.º 2. Assim, pois, obtiveram os três PLANOS DE REGULARIZAÇÃO a aprovação oficial de parte dos supremos órgãos federais, que endossaram o desenvolvimento e as lógicas seqüências dos nossos estudos.

Ao concluir esta 1.ª parte, é-me grato exprimir a nossa satisfação pelo autorizado apôio recebido do C.N.A.E.E. e da DIVISÃO DE ÁGUAS desde o começo dos nossos estudos e seja-me, permitida ainda, uma especial mençãe para o Ilustre Dr. WALDEMAR DE CARVALHO que, no desenpenho das suas importantes funções, prestou ao País, durante longos anos, serviços inestimáveis.

(continua no próximo número)

CONSTRUTORA ENGIN LTDA.
OBRAS DE ENGENHARIA EM GERAL

R. QUINTINO BOCAIUVA, 255 - 2.º - TEL.: 35-7391

Construtora Coccoaro Ltda.
Engenharia - Construções - Saneamento

RUA BENJAMIN CONSTANT, 170 - 1.º - Conj. 122

Fone: 33-7979

SÃO PAULO