

III SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
(SILUBESA)

TEMA 1
SISTEMA DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

APRESENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA REGIÃO
METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Jorge Luiz Paes Rios
Engenheiro do Departamento de Hidrotécnica da ENGEVIX
Professor Titular da Universidade Católica de Petrópolis

RESUMO

A área da Região Metropolitana do Rio de Janeiro compreende um total de 14 Municípios e é atendida atualmente por diversos sistemas totalizando uma vazão de $46 \text{ m}^3/\text{s}$. O município do Rio de Janeiro e os da Baixada Fluminense consomem $40 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo o Sistema Paraíba-Lajes-Guandu responsável por 92% deste atendimento.

O Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDA-RMRJ), efetuado pela ENGEVIX para a CEDAE, preconiza, para o ano 2010, a necessidade de se atender a uma população total de 16 000 000 de habitantes com uma vazão de $103,72 \text{ m}^3/\text{s}$, demandando uma ampliação da retirada de água do Sistema Paraíba-Lajes-Guandu para $80 \text{ m}^3/\text{s}$ (77%).

O presente trabalho faz uma apresentação geral do PDA-RMRJ e resume as diversas etapas de elaboração do mesmo, incluindo os estudos de demanda e de recursos hídricos e as principais soluções adotadas, sendo que nos dois SILUBESAS anteriores foram publicados, pelo mesmo autor, alguns aspectos particulares do Plano conforme indicado na Bibliografia.

III^o SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
(SILUBESA)

"APRESENTAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

<u>ITEM</u>	<u>Í N D I C E</u> <u>T Í T U L O</u>	<u>PÁGINA</u>
1.	INTRODUÇÃO	.1.
2.	HISTÓRICO	.1.
3.	ORGANIZAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DO PDA-RMRJ	.3.
4.	PESQUISAS E ESTUDOS DE DEMANDA DE ÁGUA	.6.
5.	ESTUDOS DOS RECURSOS HÍDRICOS	.13.
6.	SOLUÇÃO PARA O ABASTECIMENTO DO RIO DE JANEIRO, BAIXADA FLUMINENSE, ITAGUAÍ, PARACAMBI E MAGÉ	.17.
7.	SOLUÇÃO PARA O ABASTECIMENTO DE NITERÓI E SÃO GONÇALO	.19.
8.	SOLUÇÃO PARA O ABASTECIMENTO DOS DEMAIS MUNICÍPIOS	.22.
9.	MODELAGEM MATEMÁTICA	.22.
10.	BIBLIOGRAFIA	.23.

1 - INTRODUÇÃO

A área estudada no Plano Diretor (PDA-RMRJ), correspondente à Região Metropolitana do Rio de Janeiro, é constituída por 14 municípios: Duque de Caxias, Itaboraí, Itaguaí, Magé, Mangaratiba, Maricá, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Petrópolis, São Gonçalo, São João de Meriti e Rio de Janeiro. Os estudos foram ainda ampliados para abranger a sede municipal de Cachoeiras de Macacu, em razão dessa cidade ser atendida por um manancial que abastece algumas áreas da RMRJ (Ver Figura 1).

O PDA-RMRJ é constituído por 40 volumes de relatórios específicos pelos dois volumes do Relatório Final e por um volume que apresenta uma Sinopse do Plano. O presente trabalho apresenta os principais dados e conclusões do Plano de forma condensada e sucinta.

Os Sistemas Existentes que abastecem atualmente a Região Metropolitana do Rio de Janeiro possuem uma capacidade total de pouco mais de 46 m³/s assim distribuídos:

- Rio de Janeiro e Baixada Fluminense - 40 m³/s
- Niterói e São Gonçalo - 5 m³/s
- Demais Municípios - 1 m³/s

O abastecimento do Rio de Janeiro e dos Municípios da Baixada Fluminense (Nova Iguaçu, Caxias, Nilópolis e São João de Meriti) é efetuado através dos Sistemas Paraíba-Guandu (81%), Ribeirão das Lajes (12%), Acari (5%) e ainda através de pequenos mananciais locais (2%).

O Sistema de Niterói e São Gonçalo é atendido pelo Canal do Imunana através de tratamento na ETA do Laranjal (Sistema Imunana - Laranjal).

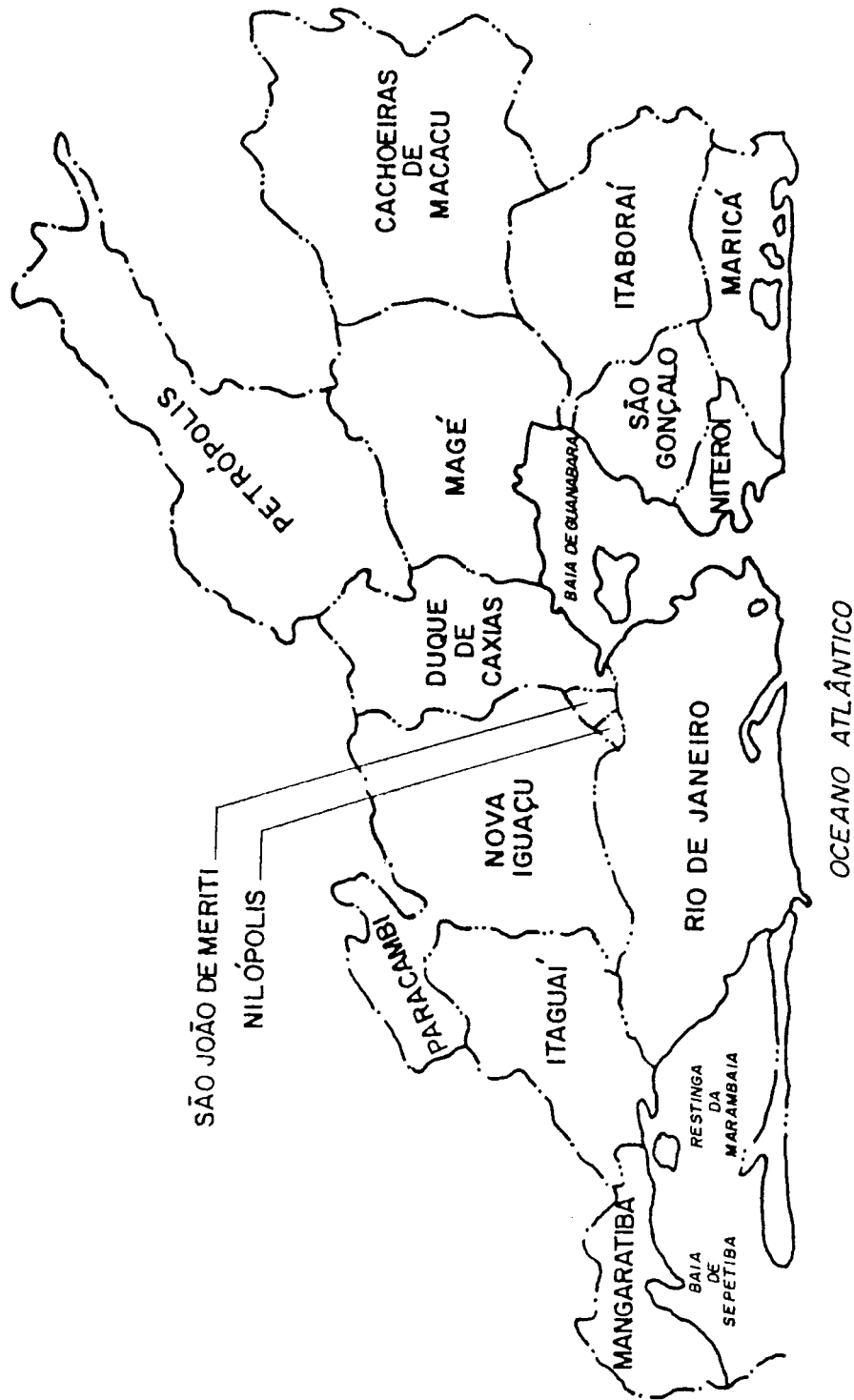
Os demais Municípios são atendidos por pequenos sistemas locais.

2 - HISTÓRICO

A cidade do Rio de Janeiro, desde a sua fundação, debate-se com o problema referente ao abastecimento de água potável de seus principais núcleos urbanos, ocorrendo, de forma geral, um "deficit" do fornecimento em relação ao consumo.

Até o ano 1850, a principal fonte de suprimento de água da cidade era o rio Carioca, utilizando-se, ainda, para melhoria do nível de atendimento, sistemas de poços artesianos. Nessa época, iniciou-se a exploração de novos mananciais locais de superfície, aos quais, a partir de 1877, juntaram-se as águas provenientes da região serrana, que deram origem ao chamado sistema Acari.

Em 1940, a cidade passou a contar com as águas da represa de Ribeirão das Lajes, que até o ano 1958 foi a principal fonte de abastecimento de todo o sistema, quando o crescimento da demanda tornou necessária a exploração do rio Guandu.



- — — LIMITE DA REGIÃO METROPOLITANA
- - - - - LIMITE DO MUNICÍPIO

OBS.: O MUNICÍPIO DE CACHOEIRAS DE MACACU NÃO PERTENCE A RMRJ, TENDO SIDO INCLUIDO NO PLANO DIRETOR, EM FUNÇÃO DE SUA SOLUÇÃO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA ESTAR INTEGRADA COM A DO MUNICÍPIO DE ITABORAÍ.

REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

FIGURA 1

Atualmente, o sistema Guandu responde por, aproximadamente, 81% do abastecimento da RMRJ, o que só foi possível, entretanto, após a execução das obras de transposição das águas da bacia do rio Paraíba do Sul, componentes do Sistema de geração de energia elétrica da LIGTH.

Em 1967, a empresa norte-americana ENGINEERING SCIENCE elaborou o "Plano Diretor de Abastecimento de Água para o Estado da Guanabara", indicando soluções para o abastecimento daquela cidade-estado com alcance até o ano 2000. Na época da fusão do Estado da Guanabara com o Estado do Rio de Janeiro, os Municípios da Baixada Fluminense e do Rio de Janeiro, apesar de serem áreas limítrofes, tinham seus abastecimentos de água em separado e em níveis de atendimento com diferenças bem marcantes. Enquanto o do Rio de Janeiro tinha 80% de sua população atendida, na Baixada este índice chegava a 15%.

Em 1982, com a situação do abastecimento de água bastante agravada pela falta de investimento no setor e com a necessidade de um enfoque global do problema, abrangendo toda a Região Metropolitana, a ENGEVIX, iniciou a elaboração de um novo Plano Diretor, cujo objetivo foi o de fornecer diretrizes básicas para a implantação de sistemas de abastecimento de água com capacidade para o atendimento da população que, no ano de 2010, horizonte do Plano, atingirá, segundo as projeções demográficas, a faixa dos 16 000 000 de habitantes.

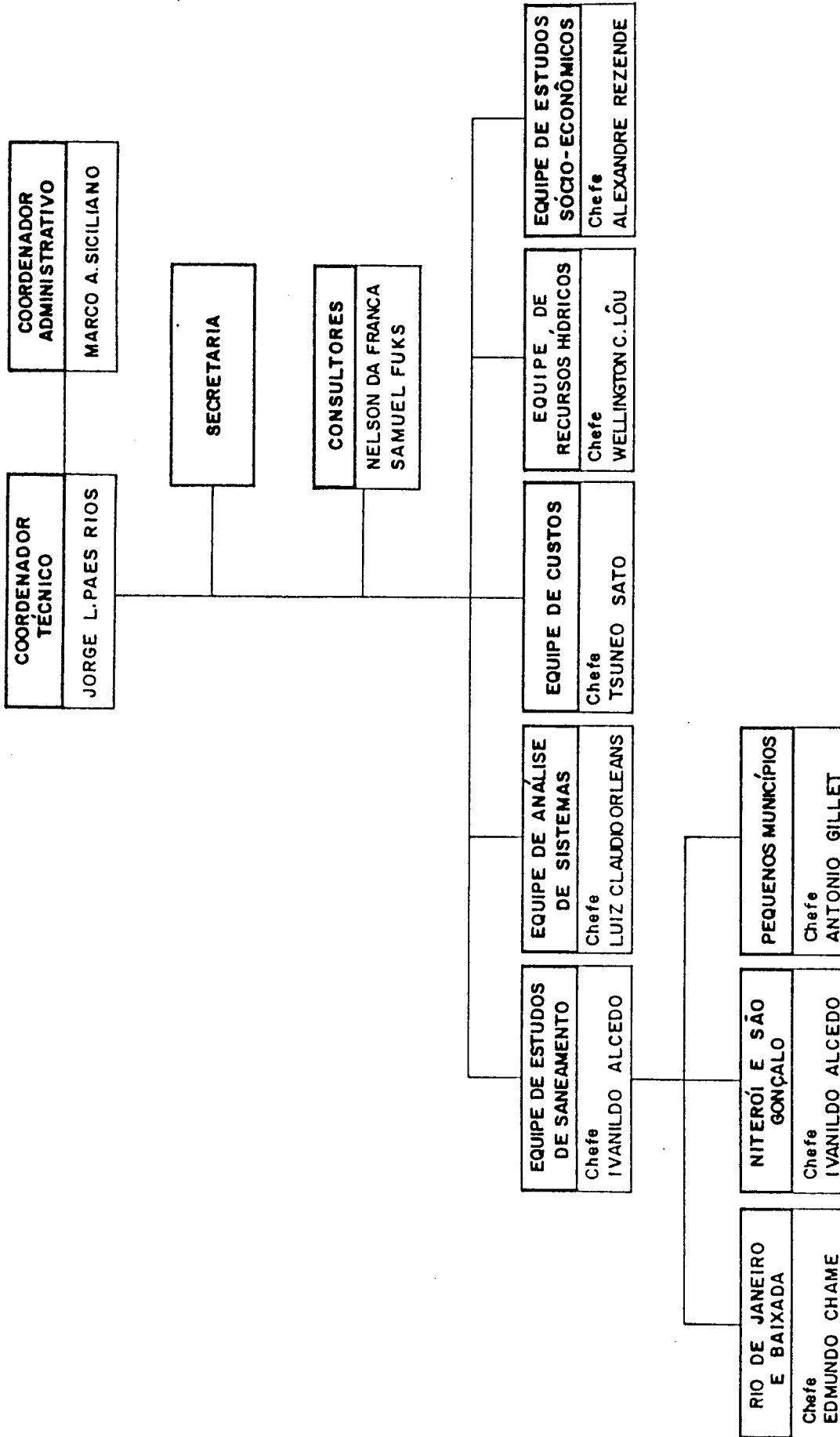
3 - ORGANIZAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DO PDA-RMRJ

A estrutura organizacional que se deu à equipe para a execução dos trabalhos foi a mais direta possível, sendo apresentada no organograma a seguir (Figura 2) o que permitiu grande flexibilidade no desenvolvimento dos serviços.

O trabalho a ser executado foi dividido pelas equipes, conforme mostra o organograma, procurando-se apenas isolar os principais assuntos a serem trabalhados, mantendo a simplicidade da estrutura. A CEDAE, por sua vez, montou uma estrutura semelhante para acompanhamento dos serviços permitindo assim uma intensa troca de informações entre a Consultora e a Fiscalização (Figura 3). Houve ainda a participação efetiva de todos os outros órgãos e entidades envolvidos como FUNDREM, FEEMA, SERLA, CAEMPE e CPRM.

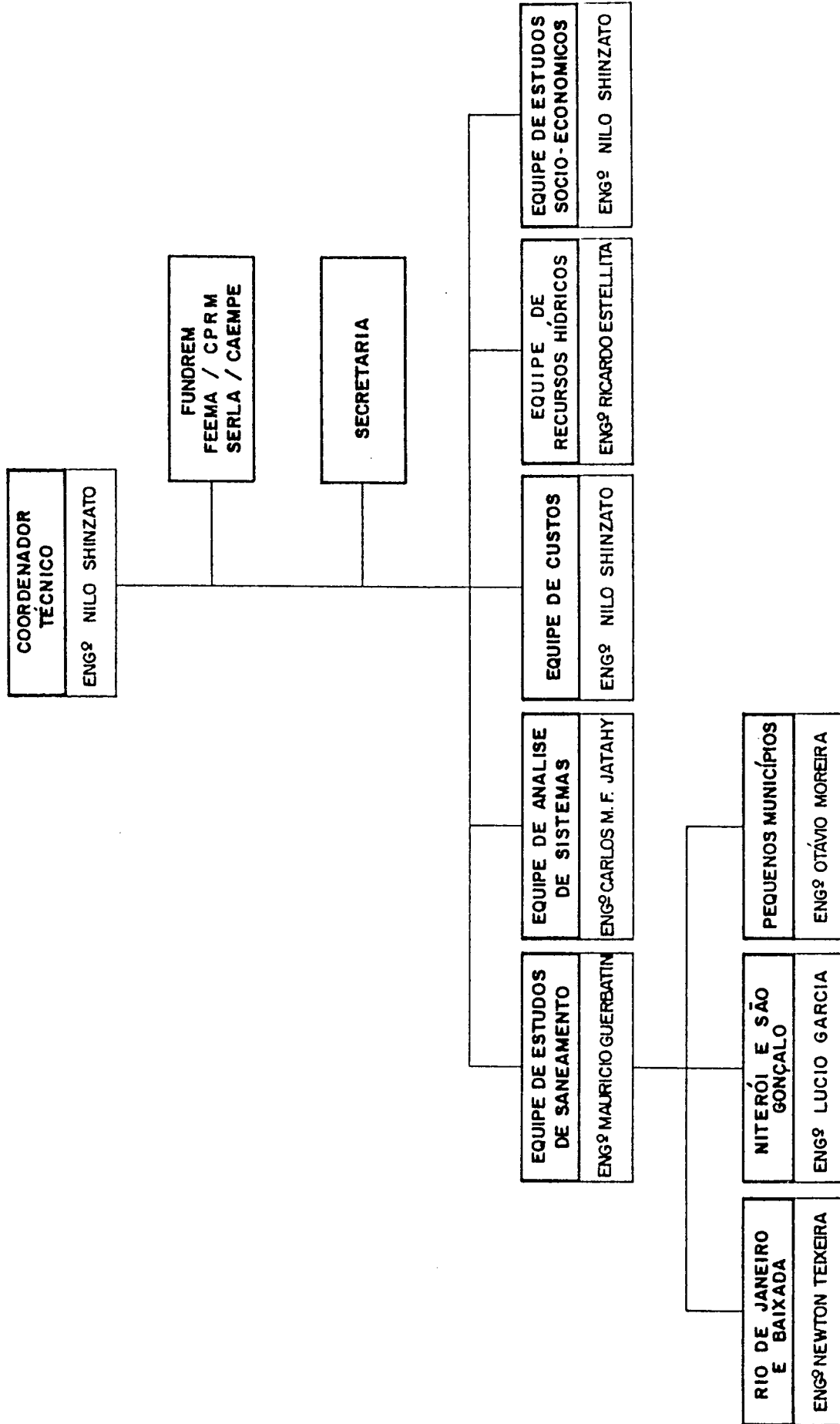
Durante a execução do Plano foram realizadas reuniões semanais de Coordenação e das Equipes Técnicas da ENGEVIX com as Equipes respectivas da CEDAE visando sempre uma integração total nas decisões.

Foram realizadas ainda diversas palestras, na CEDAE, no Clube de Engenharia, na FUNDREM e na ENGEVIX. Essas palestras eram abertas a toda a comunidade técnica e ao público em geral e visavam informar e colocar em discussão as soluções adotadas.



ORGANOGRAMA DA EQUIPE TÉCNICA DA ENGEVIX

FIGURA 2



ORGANOGRAMA DA FISCALIZAÇÃO DA CEDAE

FIGURA 3

4 - PESQUISAS E ESTUDOS DE DEMANDA DE ÁGUA

4.1 - ESTUDOS DE PROJEÇÃO DE POPULAÇÃO

Inicialmente foram efetuados estudos de ocupação do solo e de previsão populacional chegando-se aos valores apresentados no Quadro 4.1. Baseadas nesses valores foram realizadas pesquisas com o objetivo de se obter padrões de consumo que serviriam para a avaliação da demanda atual e futura (Ver Ref. 1).

4.2 - DEMANDA RESIDENCIAL

Dada a inexistência de dados representativos resultantes de macromedidas, e em face da impossibilidade de se proceder a sua coleta nos prazos disponíveis, decidiu-se concentrar os levantamentos principalmente na análise de consumos micromedidos. Tais dados, resultantes de leituras de hidrômetros, foram utilizados, sempre que possível, nas estimativas das taxas "per-capita-per-diem".

Para se compor o panorama da demanda residencial, foram definidas as categorias que seriam objeto da pesquisa. Foram, então, estabelecidas as categorias apresentadas no Quadro 4.2 juntamente com os resultados, em termos de coeficientes per-capita.

A análise dos estudos realizados levou à decisão de se adotar no PDA-RMRJ três padrões de consumo para a demanda residencial, a saber:

- População de Alta e Média Renda - 300 l/hab. dia
- População de Baixa Renda - 180 l/hab. dia
- População Favelada - 100 l/hab. dia

4.3 - DEMANDA COMERCIAL

Durante a pesquisa de demanda comercial, além do comércio de mercadorias e da prestação de serviços de toda e qualquer natureza, a nível privado e pessoal, decidiu-se investigar também o consumo dos prédios de empresas públicas, por entender que sua presença é bastante expressiva em algumas áreas do centro da cidade do Rio de Janeiro. O levantamento do consumo comercial foi feito através da atividade denominada "shopping-center", que oferece uma síntese concentrada e representativa do comércio praticado na cidade.

Os resultados mostram numa variação de 4 l/m²/dia (prédios de escritórios) a 34,40 l/m²/dia (prédios com lanchonetes e restaurantes). No PDA-RMRJ adotou-se o valor médio de 10 l/m²/dia.

Dentro do campo de abrangência da prestação de serviços, e registrando um contingente numeroso nos bairros da zona sul, decidiu-se ainda pesquisar o consumo de hotéis tendo sido finalmente adotados os seguintes parâmetros:

QUADRO 4.1

REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Projeção da População Urbana por Município

M U N I C Í P I O S	VALORES OBSERVADOS					VALORES PROJETADOS					(Número de Habitantes)
	1970	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010			
	1 - DUQUE DE CAXIAS	404 496	554 935	661 578	780 964	916 278	1071 728	1252 875	1487 033		
2 - ITABORAÍ	14 072	23 652	31 919	42 668	55 469	71 096	90 205	113 697			
3 - ITAGUAÍ	17 468	76 267	101 048	129 867	163 800	204 326	253 441	313 856			
4 - MAGÉ	83 841	163 906	198 471	235 894	277 069	323 382	376 692	439 389			
5 - MANGARATIBA	6 125	8 094	10 136	12 454	15 111	18 111	21 820	26 149			
6 - MARICÁ	6 500	19 602	22 677	26 188	30 226	34 902	40 349	46 734			
7 - NILÓPOLIS	128 011	151 700	160 434	169 031	177 585	186 193	194 942	203 913			
8 - NITERÓI	292 180	400 140	439 596	480 981	525 061	573 014	626 596	688 395			
9 - NOVA IGUAÇU	724 326	1091 702	1247 614	1410 116	1583 658	1773 705	1986 378	2228 600			
10 - PARACAMBI	22 149	27 434	32 347	37 686	43 484	49 787	56 660	64 190			
11 - PETRÓPOLIS	154 735	205 210	239 899	277 620	318 764	363 819	413 381	468 169			
12 - SÃO GONÇALO	430 271	614 688	733 791	871 361	1035 991	1239 963	1500 984	1844 983			
13 - SÃO JOÃO DE MERITI	302 394	398 686	436 234	474 149	513 025	553 550	596 414	642 305			
14 - RIO DE JANEIRO	4251 918	5093 232	5474 597	5858 289	6245 537	6638 213	7038 605	7449 231			
TOTAL DA RMRJ	6 838 486	8 829 248	9 790 341	10 807 268	11 901 058	13 101 869	14 449 342	15 996 644			

QUADRO 4.2

REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Sumulas dos Resultados de Pesquisa de Demanda Per-Capita

C A T E G O R I A	L O C A L	UNIDADES PESQUISADAS	POPULAÇÃO RESIDENTE	COEFICIENTE DE CONSUMO MÉDIO DIÁRIO PER CAPITA (1/hab.dia)			VALOR ADOTADO PDA-RMRJ
				MÉDIA ANUAL	MÉDIA NO PER.FRIO (MAI/NOV)	MÉDIA NO PER. QUENTE (NOV/MAR)	
1 - Casas de Alto Padrão na Zona Sul.	Jardim Botânico Gávea e São Conrado	17	105	508,117	473,900	517,054	-
2 - Prédios de Classe Média na Zona Sul	Copacabana	14	2696	525,785	527,716	521,517	-
	Leblon	15	3561	280,266	282,856	275,517	-
3 - Prédios de Classe Média na Zona Norte	Méier	11	2173	377,363	366,788	418,105	-
4 - Novos Condomínios na Barra da Tijuca	Barramares	04 (prédios)	2392	286,000	279,391	292,177	-
5 - Casas de Alto Padrão na Baix. Fluminense	Nova Iguaçu	03	33	-	-	-	265,079
6 - Prédios de Classe Média na Baix. Flum.	Nova Iguaçu	08	550	-	-	-	217,322
	Conj. Cidade Alta	2597 (Apts)	12466(1)	-	-	-	377,426(2)
7 - Conjuntos da CEHAB	Conj. Rob. Silveira	140 (Apts)	-	-	-	-	151,456
	Conj. Vila Lage	120 (Apts)	-	-	-	-	67,647
8 - Conjunto INOCOOP	Conj. Jumar-São Gonçalo	480 (Apts)	-	-	-	-	95,203
9 - Favela	Morro do Timbau	-	5685	-	-	-	66,84(2)
(1) População Estimada							180
(2) O consumo de água do conjunto Cidade Alta e Morro do Timbau foi medido pelo sistema de macromedição.							100

CLASSE "A" - Hotéis de três estrelas ou mais - 900 l /quatro/dia

CLASSE "B" - Hotéis de categoria inferior a
três estrelas - 500 l /quatro/dia

4.4 - DEMANDA INDUSTRIAL

Para fins de análise da demanda industrial de água, decidiu-se subdividir o universo dos consumidores em dois subconjuntos:

- . grandes consumidores - indústrias cujo consumo expressivo justifica uma análise individualizada; e,
- . pequenos e médios consumidores - as demais indústrias.

Como resultado desta análise, foram adotados os seguintes valores:

- . pequenos e médios consumidores industriais - 150 l/empregado;
- . grandes consumidores industriais - 550 l/empregado.

4.5 - DEMANDA ESCOLAR E HOSPITALAR

As pesquisas de demanda do universo composto pelas escolas de ensino pré-escolar, primeiro e segundo graus, seguiram a metodologia adotada para residências e comércio. Ao final da pesquisa, adotou-se um valor clássico médio de 50 l /aluno/dia.

Não foi possível uma estimativa precisa para a demanda hospitalar devido a diversos fatores. Adotou-se no PDA-RMRJ o valor médio de 150 l/leito/dia também considerado como clássico na literatura técnica existente.

4.6 - RESULTADOS FINAIS DAS PESQUISAS

O Quadro 4.3 apresenta as taxas "per-capita-per-diem" (exclusive perdas) estimada para 1980 (a partir dos trabalhos de pesquisas de demanda e estudos realizados) e os valores adotados no PDA-RMRJ nas projeções futuras.

No PDA-RMRJ foi considerada a existência de população flutuante com níveis significativos nos Municípios de Itaguaí, Magé, Maricá e Petrópolis e ainda na Ilha de Paquetá. Admitiu-se para essa população, depois da análise dos dados disponíveis, uma taxa de 220 l /hab/dia.

Considerou-se ainda, como apresentado no Quadro 4.4, os índices de atendimento por Município baseados nos dados existentes e nas metas estabelecidas pela CEDAE.

QUADRO 4.3

REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO

Evolução Prevista das Quotas de Demanda de Água Per-Capita, por Município

(Exclusive Perdas, Reforços e Grandes Consumidores Industriais)

(litros por habitante por dia)

M U N I C Í P I O S	1980				1985				1990				1995		2000		2005		2010	
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	D	D	D	D	D	D	D	
	1. Duque de Caxias	221	11	39	284	220	12	34	280	222	15	33	284	288	292	296	300			
2. Itaboraí	206	22	90	334	210	21	70	317	212	21	60	308	299	290	293	297				
3. Itaguaí	218	13	13	256	220	14	10	257	222	16	9	260	263	266	269	272				
4. Magé	212	11	33	269	210	12	29	264	212	15	28	268	272	276	280	285				
5. Mangaratiba	218	12	7	249	220	13	6	252	222	15	6	256	260	264	268	272				
6. Maricá	211	11	15	249	210	12	14	248	212	15	14	254	260	266	273	279				
7. Nilópolis	239	11	8	271	240	12	8	274	242	15	9	280	286	292	299	305				
8. Niterói	242	16	34	306	240	18	32	305	242	20	34	312	319	326	334	342				
9. Nova Iguaçu	221	10	14	258	220	12	13	258	222	15	13	263	268	273	279	284				
10. Paracambi	210	32	67	325	210	30	60	316	212	30	59	317	318	319	320	321				
11. Petrópolis	223	15	94	348	225	16	84	342	227	18	83	345	348	351	354	357				
12. São Gonçalo	230	11	21	275	230	12	18	274	232	15	17	278	282	286	290	295				
13. São João de Meriti	222	11	11	256	220	12	11	256	222	15	12	262	268	274	280	287				
14. Rio de Janeiro	238	18	54	326	240	19	53	328	242	21	57	337	342	347	352	358				

NOTAS: (A) - Residências

(B) - Escolas, Hotéis e Hospitais

(C) - Comércio, Serviços, Administração Pública e Indústrias (exclusive grandes consumidores industriais)

(D) - Total (inclusive o adicional de 5% para outras demandas)

QUADRO 4.4
 REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO
Projeção dos Índices de Atendimento por Município
1980-2010

(em percentagem)

M U N I C Í P I O S	1980	1982	1985	1990	1995	2000 2005 2010
1. Duque de Caxias	43	39	60	90	95	100
2. Itaboraí	86	75	80	90	95	100
3. Itaguaí	22	25	50	90	95	100
4. Magé	18	22	50	90	95	100
5. Mangaratiba	46	39	60	90	95	100
6. Maricá	6	7	40	90	95	100
7. Nilópolis	88	80	85	90	95	100
8. Niterói	87	81	90	100	100	100
9. Nova Iguaçu	32	34	55	90	95	100
10. Paracambi	44	43	60	90	95	100
11. Petrópolis	57	41	60	90	95	100
12. São Gonçalo	56	61	75	90	95	100
13. São João de Meriti	57	65	75	90	95	100
14. Rio de Janeiro	83	88	95	100	100	100
TOTAL RMRJ	68	71	82	96	98	100

Para o dimensionamento das diversas unidades de um sistema público de abastecimento de água, torna-se necessário estabelecer coeficientes que traduzam as variações diárias e horárias de vazões. Tais coeficientes são o coeficiente do dia de maior consumo (k_1) e o coeficiente da hora de maior consumo (k_2). O produto de k_1 por k_2 é também conhecido como coeficiente de reforço (k). No PDA-RMRJ foi adotado para (k_1) um valor médio igual a 1,25, e com referência ao coeficiente (k_2) o valor médio 1,50.

Por outro lado, na determinação das demandas deve-se considerar que uma parcela da água aduzida para a população não chega a atingir os pontos de consumo, devido à existência de perdas nos sistemas de abastecimento. A projeção temporal de perdas, adotada no Plano, pode ser vista no Quadro 4.5. Estabeleceu-se como meta que não seja ultrapassado o índice de perdas de 20% após o ano de 1990. Concluiu-se, como resultado dos estudos e análises desenvolvidas, haver necessidade de ser implantado, com urgência, um programa de controle de perdas, que poderá permitir, em 2010, uma economia no volume de água produzido equivalente à demanda atual, da RMRJ. Este programa de controle de perdas deverá incluir, dentre outras providências, a extensão da rede de micromedidas, a instalação de macromedidas, a realização de combates sistemáticos de vazamentos e a adoção de um sistema de telemedidas e telecomandos moderno.

QUADRO 4.5
REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO
Projeção dos Índices de Perdas, por Município
1980-2010

(em percentagem)

M U N I C Í P I O S	1980 a 1982	1985	1990 a 2010
1. Duque de Caxias	45	35	20
2. Itaboraí	65	50	20
3. Itaguaí	35	30	20
4. Magé	40	35	20
5. Mangaratiba	50	40	20
6. Maricá	30	25	20
7. Nilópolis	45	35	20
8. Niterói	35	30	20
9. Nova Iguaçu	45	35	20
10. Paracambi	40	35	20
11. Petrópolis	40	35	20
12. São Gonçalo	35	30	20
13. São João de Meriti	45	35	20
14. Rio de Janeiro	45	35	20
TOTAL RMRJ	44	35	20

Finalmente o Quadro 4.6 apresenta resumidamente os resultados das pesquisas e estudos efetuados durante a elaboração do PDA-RMRJ mostrando a evolução prevista da demanda de água até o horizonte do Plano.

5 - ESTUDO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Os estudos realizados tiveram como objetivo principal a análise dos trabalhos elaborados anteriormente sobre recursos hídricos da RMRJ, a revisão desses trabalhos, quando necessário, e a proposição de diretrizes para equacionamento dos problemas de abastecimento de água da região (Ver Refs. 2, 3 e 4) .

Inicialmente foram coletados todos os projetos e estudos anteriores existentes para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). Apenas como referência cita-se o fato de que a bibliografia específica coletada pela ENGEVIX e consultada durante a elaboração do Plano Diretor ultrapassou a 300 (trezentos) títulos.

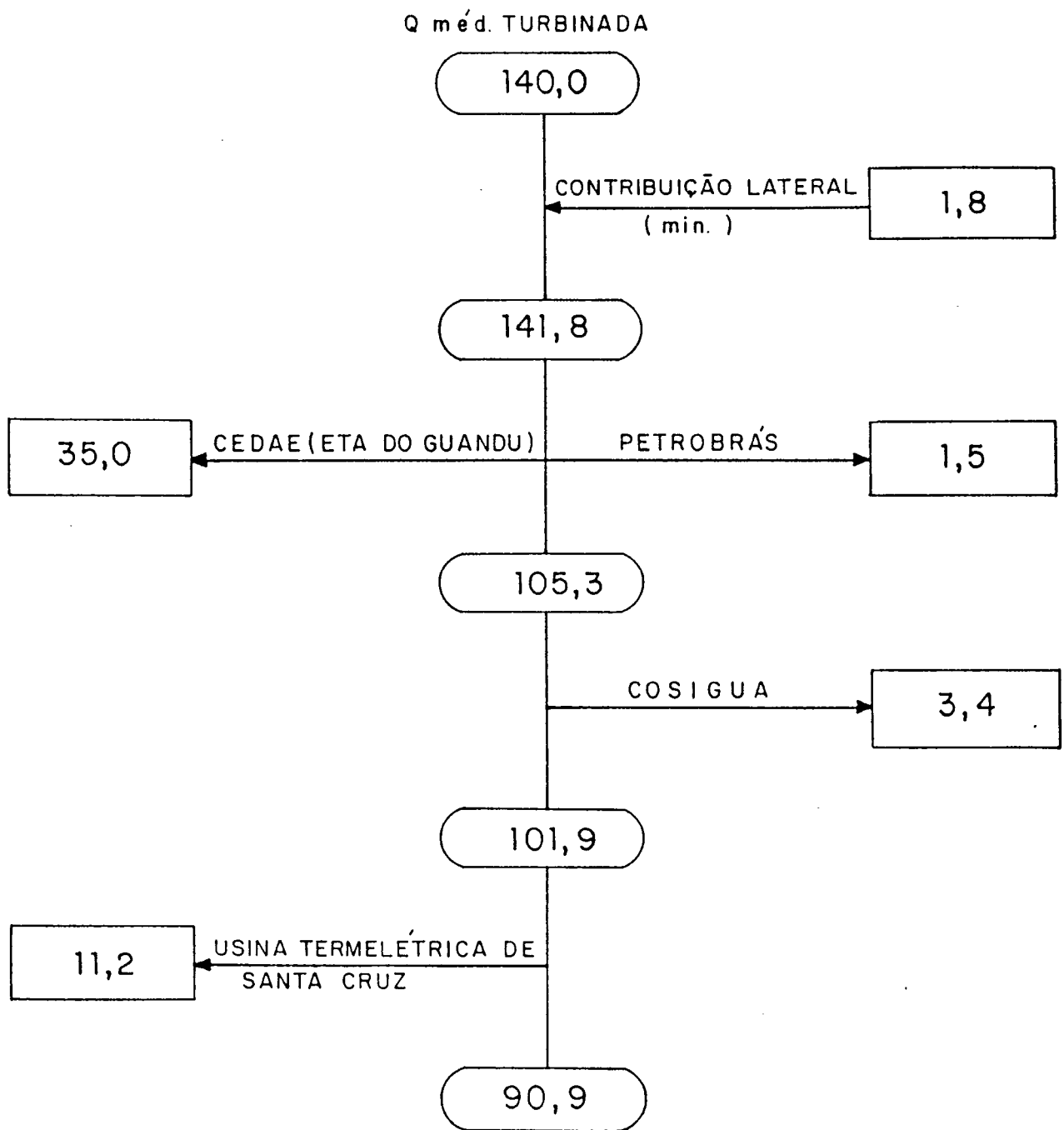
Foram analisados e revistos principalmente:

- a escolha dos locais de barramento e das áreas de inundação;
- a escolha de alguns mananciais locais sob o ponto de vista de quantidade e qualidade de água;
- as vazões médias de projeto;
- as vazões máximas de enchentes;
- as vazões remanescentes;
- a política da utilização da água considerando a irrigação e o fornecimento de energia elétrica, principalmente nas barragens de Jurnaíba do DNOS e de Ribeirão das Lajes da LIGHT;
- a operação de alguns reservatórios projetados (Sistema Macacu/Guapi-Açu para abastecer Niterói e São Gonçalo).

Foram efetuados levantamentos dos aspectos hidráulicos e hidrológicos, topo-batimétricos e geológicos para reconhecimento e definição dos novos locais de barramento. Em seguida procedeu-se à complementação dos estudos analíticos principalmente estudos de regularização e de vazões remanescentes (vazões mínimas a se manter a jusante).

O Sistema Paraíba - Guandu, de geração de energia hidrelétrica, compreende o aproveitamento das águas das bacias dos rios Paraíba, Lajes e Piraí. Face ao grande número de usuários das águas provenientes do sistema, houve a necessidade de se desenvolver um plano de atendimento em função dos consumos. Os diagramas apresentados nas figuras 4 e 5 mostram as condições atuais e futuras de funcionamento desse sistema.

Os estudos hidrogeológicos limitaram-se a uma análise do inventário de 857 poços profundos, perfurados no período de 1935 a 1981 pelas empresas T.JANER e GEOHIDRO.

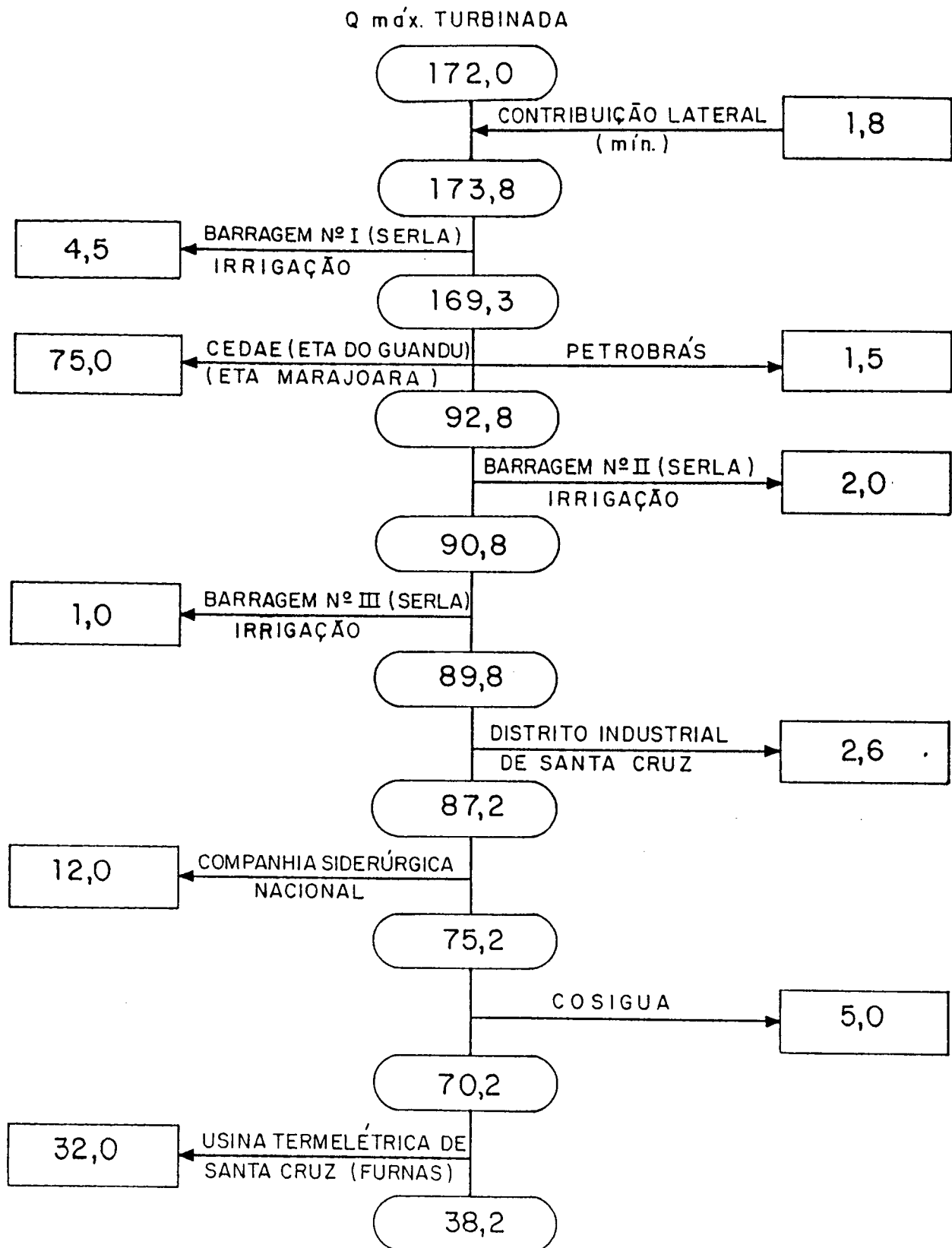


OBS: A VAZÃO TURBINADA EM PONTE COBERTA É FUNÇÃO DA DEMANDA DE ENERGIA ELÉTRICA JÁ TENDO OCORRIDO VALORES DA ORDEM DE $50 \text{ m}^3/\text{s}$

— VALORES EM m^3/s

VAZÕES DE PRODUÇÃO E DEMANDAS NO RIO GUANDU A JUSANTE DE PONTE COBERTA — SITUAÇÃO ATUAL

FIGURA 4



OBS: FOI CONSIDERADA A IMPLANTAÇÃO DE MAIS UMA BOMBA EM STA. CECÍLIA FOI CONSIDERADA A IMPLANTAÇÃO DE UM DISPOSITIVO DE CONTENÇÃO DA CUNHA SALINA
 — VALORES EM m³/s

VAZÕES DE PRODUÇÃO E DEMANDAS NO RIO GUANDU A JUSANTE DE PONTE COBERTA — SITUAÇÃO EM 2010

FIGURA 5

Da análise do inventário foram inferidas diversas conclusões, dentre as quais se destacam:

- a maior ocorrência de água subterrânea verifica-se, em geral até a profundidade de 60 m;
- as vazões obtidas são reduzidas e a qualidade da água não apresenta restrições ao consumo, na maior parte dos poços;
- em alguns poços que captam água de aluviões e de rochas decompostas e sãs, simultaneamente, não se observa aumento sensível de vazão; e,
- nas zonas costeiras a intrusão salina é acentuada, com exceções das Baixadas de Jacarepaguá e de Itaipuaçu.

O Plano Diretor preconizou, que se proceda a estudos de viabilidade visando a implementação de galerias de infiltração, poços radiais e/ou poços múltiplos para soluções localizadas apenas.

Durante os estudos ambientais e de qualidade da água foram abordados os aspectos qualitativos dos mananciais de superfície em uso, bem como daqueles passíveis futura como fontes de abastecimento. Foram ainda analisados as fontes de poluição e as eventuais alterações no ecossistema, devidas à construção de reservatórios de acumulação em alguns desses mananciais.

As fontes poluidoras, ou de possível poluição, mais significativas são, basicamente, os despejos domésticos e industriais. Os principais focos de poluição atualmente ativos ou de provável atividade futura estão localizados principalmente nas bacias dos seguintes rios:

- Rio Paraíba do Sul (Trecho Funil - Santa Cecília);
- Rio São João;
- Rio Itamarati;
- Rio Saracuruna;
- Rio Roncador;
- Rio Soberbo;
- Rio da Cidade;
- Rio dos Poços (afluente do rio Guandu).

A análise dos riscos de poluição através de acidentes consistiu na identificação das diversas atividades das indústrias situadas na região para verificação da periculosidade potencial das substâncias ali processadas, bem como seus efluentes. Foram ainda pesquisados e analisados os riscos de poluição nas bacias por transporte de substâncias tóxicas por vias rodoviária e ferroviária.

Em casos de acidente a minimização dos riscos de poluição depende do acionamento, em tempo hábil, de dispositivos e da tomada de providências no sentido de minorar os efeitos danosos, sendo recomendado:

- levantamento de cargas perigosas transportadas e estocadas;
- monitoramento das bacias em questão e ainda das ETA's localizadas no trecho do médio Paraíba e no rio Guandu;
- desvio do rio dos Poços para jusante da tomada d'água do sistema Guandu; e
- utilização do manancial de Ribeirão das Lajes para atender aos sistemas Guandu e Marajoara em casos de acidentes no rio Paraíba ou nas demais represas da LIGHT (Ver Ref. 5).

Foram ainda feitos estudos e recomendações relativas ao impacto ambiental causado pela implantação dos reservatórios. No sentido de se reduzir alguns efeitos no ecossistema local, foram sugeridas recomendações básicas referentes aos seguintes aspectos:

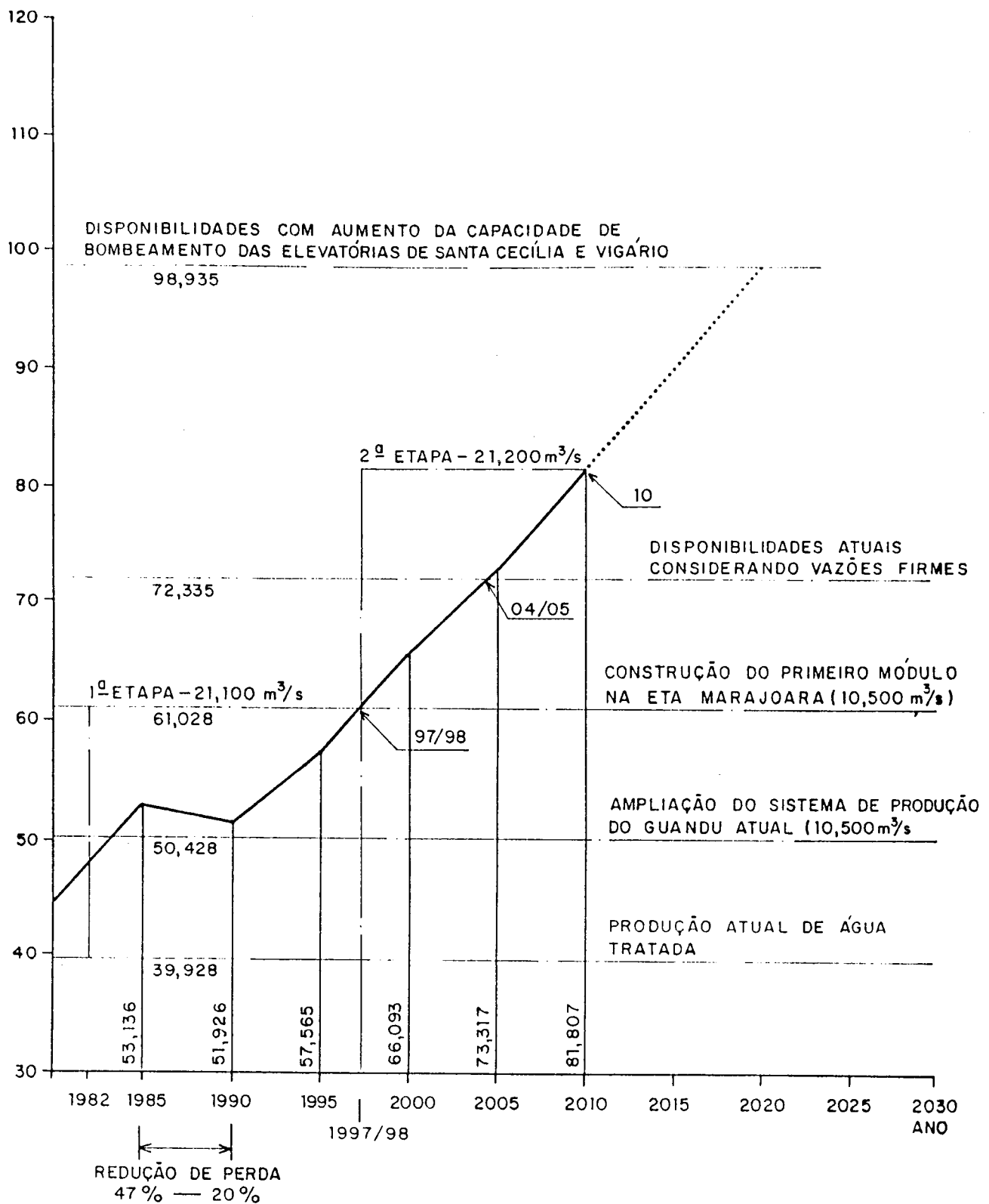
- proteção das margens do reservatório;
- limpeza da área inundada; e,
- providências para preservação da qualidade e quantidade de água.

6 - SOLUÇÃO PARA O ABASTECIMENTO DO RIO DE JANEIRO, BAIXADA FLUMINENSE, ITAGUAÍ, PARACAMBI E MAGÉ

A solução proposta no Plano Diretor para o abastecimento de água dos municípios do Rio de Janeiro e Baixada Fluminense e parte dos municípios de Itaguaí, Paracambi e Magé constitui-se em um sistema integrado destinado a atender a uma demanda total de aproximadamente, 82 m³/s no ano 2010, horizonte do Plano. A produção atual do sistema atinge cerca de 40 m³/s, registrando-se um déficit, no ano 1985, de 13 m³/s. A Figura 6 apresenta a evolução do consumo até o alcance dos estudos, as diversas fases de implantação do sistema proposto e as disponibilidades hídricas atuais e futuras. Como parte da solução para os problemas apresentados, foi proposto que:

- os sistemas de mananciais locais atendam às áreas urbanizadas em cotas elevadas, próximas às captações;
- as águas provenientes do sistema Acari fiquem restritas a setores de abastecimento situados ao norte dos municípios de Nova Iguaçu e Duque de Caxias;
- sejam feitas algumas modificações na distribuição das vazões no Sistema de Ribeirão das Lajes; e que,
- mediante a execução de algumas obras, se amplie a capacidade, de 30 m³/s para 46 m³/s, do Sistema Guandu.

VAZÃO DE ÁGUA TRATADA (m³/s)



RIO DE JANEIRO, BAIXADA FLUMINENSE, ITAGUAÍ, PARACAMBI E MAGÉ

EVOLUÇÃO DO CONSUMO NO TEMPO
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS E SUGESTÕES
DE ETAPAS DE OBRAS

FIGURA 6

Além dessas medidas, o Plano Diretor recomendou a implantação de um novo sistema, denominado Marajoara, com capacidade de produção de 31,5 m³/s, utilizando também como manancial, o rio Guandu.

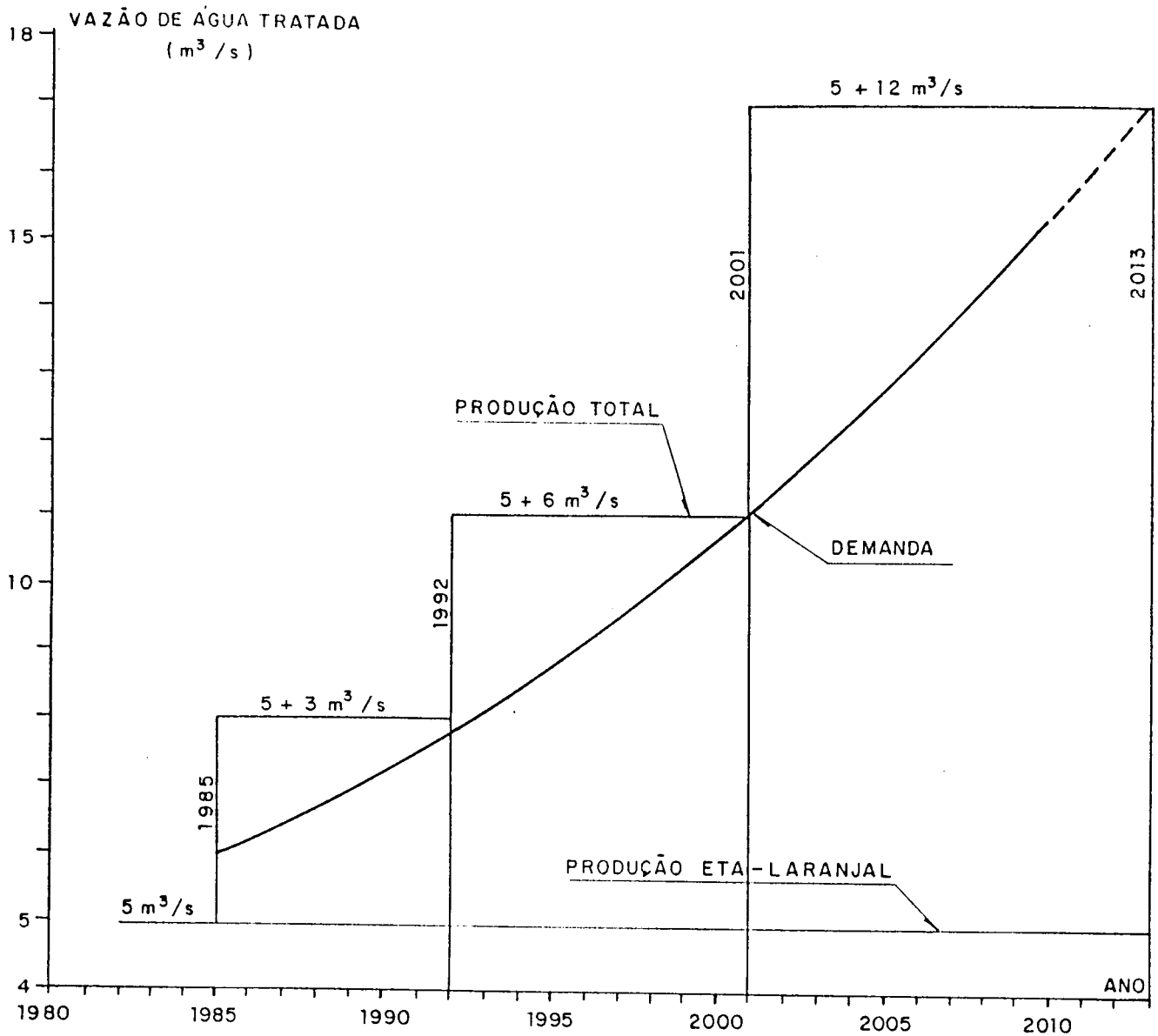
7 - SOLUÇÃO PARA O ABASTECIMENTO DE NITERÓI E SÃO GONÇALO

A solução proposta no Plano Diretor para o Sistema de Abastecimento de Água de Niterói e São Gonçalo constitui-se em um sistema integrado destinado a atender uma demanda total de cerca de 15,0 m³/s no ano 2010, horizonte do estudo. A Figura 7 apresenta a evolução, até o alcance dos estudos, das diversas fases de implantação do sistema proposto e as disponibilidades hídricas atuais e futuras.

Com relação ao sistema existente, a solução recomendada aproveita integralmente as unidades já implantadas, com apenas algumas exceções. Pressupõe-se, então, que o sistema existente é capaz de produzir sua vazão nominal de 5 m³/s, prevendo-se na solução que se adota, a complementação da produção necessária ao atendimento das demandas, bem como as ampliações de adução, reservação e distribuição. As soluções a serem adotadas são as seguintes:

- regularização da vazão do canal de Imunana através da construção de sete reservatórios de acumulação (barragens); e,
- construção de uma nova ETA tipo "Tratamento completo" para complementação da ETA do Laranjal. Esse novo sistema foi denominado sistema Itambi (Figura 8).

O Quadro 7.1 apresenta as principais características dos reservatórios de regularização de vazão.



NITERÓI-SÃO GONÇALO

EVOLUÇÃO DO CONSUMO NO TEMPO
DISPONIBILIDADES HÍDRICAS E SUGESTÕES
DE ETAPAS DE OBRAS

FIGURA 7

QUADRO 7.1

SISTEMA DE NITERÓI E SÃO GONÇALO - SOLUÇÃO PROPOSTA

Principais Características dos Reservatórios de Regularização de Vazão

ETAPAS DE IMPLANTAÇÃO	RESERVATÓRIOS	VAZÃO UTILIZÁVEL P/ABASTECIMENTO (m ³ /s)	COTA DE COROAMENTO DA BARRAGEM (m)	ALTURA DA BARRAGEM (m)	ÁREA INUNDADA (ha)
1ª	Guapi-Açu	2,030	43,50	23,50	310,00
	Soarinho	1,220	43,00	25,00	130,00
	Iconha	1,020	33,80	13,80	250,00
2ª	Caboclo-Anil	2,310	34,00	19,00	955,88
	Paraíso	0,850	38,50	25,50	264,70
	Rabelo	1,590	38,30	19,30	838,24
3ª	Macacu	3,300	35,00	18,00	823,53

8 - SOLUÇÃO PARA O ABASTECIMENTO DOS DEMAIS MUNICÍPIOS

Foram os seguintes os demais municípios estudados também no PDA-RMRJ que tiveram soluções locais individualizadas (integradas ou isoladas de outros sistemas maiores) por serem as mais econômicas: Cachoeiras de Macacu, Paracambi, Mangaratiba, Itaboraí, Itaguaí, Maricá, Petrópolis e Magé.

A filosofia básica que norteou os estudos de alternativas de abastecimento de água desses municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro foi a do aproveitamento, tanto quanto possível, do atual sistema em operação e mesmo de partes desativadas que ainda se encontram em condições de utilização. Esse enfoque favoreceu a minimização de obras dos sistemas propostos e, conseqüentemente, os custos de implantação nos seus primeiros anos de funcionamento. Em alguns casos, porém, foi necessário prever a construção de novas barragens de regularização e de linhas adutoras, bem como de estações de tratamento de água.

9 - MODELAGEM MATEMÁTICA

Historicamente o sistema adutor da RMRJ desenvolveu-se visando o atendimento imediato das necessidades das diversas localidades, com a

utilização dos mananciais até o limite de suas capacidades e, então, passando-se a outros. A resultante dessa evolução foi uma composição de subsistemas de épocas construtivas diferentes, que por uma necessidade de flexibilidade operacional, foram sendo interligados. Esses subsistemas interligados constituem, atualmente, um sistema adutor de grande porte e alta complexidade, permitindo múltiplas formas de operação e exigindo um sofisticado sistema de controle. Fazia-se necessária a aplicação de métodos apropriados à análise profunda do sistema, capazes, além de otimizar o sistema existente e compatibilizá-lo com futuras implementações, de fornecer subsídios à tomada de decisões rápidas em situações de emergência e, além disso, simulá-las e estudar o comportamento do sistema. Para tal, a ENGEVIX desenvolveu o modelo matemático ENGEHID, projetado visando permitir a simulação da operação hidráulica de sistemas de abastecimento com múltiplas fontes, registros graduados e elevatórias. A utilização do ENGEHID é rápida e conversacional, não necessitando de operadores versados em sistemas computacionais. As facilidades oferecidas pelo modelo ENGEHID devem ser mantidas através da constante atualização de seus dados, de medições sistemáticas em pontos chaves do sistema, telemedições, aferições das curvas características dos registros e demais grandezas (Ver Ref. 6).

10 - BIBLIOGRAFIA

- (1) - RIOS, Jorge Luiz Paes - "Critérios e Parâmetros Adotados no Plano Diretor de Abastecimento de Água da Região Metropolitana do Rio de Janeiro". In: IIº SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Salvador/1986.
- (2) - RIOS, Jorge Luiz Paes - "Estudos de Recursos Hídricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro". In: Iº SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Lisboa, Setembro/1984.
- (3) - RIOS, Jorge Luiz Paes - "Tendências em Projetos e nas Pesquisas mais Importantes no Brasil na Área de Abastecimento de Água Estado-de-Arte". In: Iº SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Lisboa, Setembro/1984.
- (4) - RIOS, Jorge Luiz Paes - LÔU, Wellington Coimbra, NETO, Francisco Diogo da Costa & SILVA, Luiz Edmundo Cascão. "Estudo de Avaliação dos Recursos Hídricos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro". In: Iº SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES METROPOLITANAS, São Paulo, Novembro/1985.
- (5) - RIOS, Jorge Luiz Paes & CARVALHO, Paulo Cesar de "Atendimento em Casos de Emergência no Sistema de Abastecimento de Água do Rio de Janeiro". In: IIº SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO SOBRE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS, Lisboa/1986.
- (6) - RIOS, Jorge Luiz Paes - "Modelação Matemática para Operação de Abastecimento de Água". In: Iº SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Lisboa, Setembro/1984.